

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«Белорусская государственная академия авиации»

**АВИАЦИЯ:
ИСТОРИЯ,
СОВРЕМЕННОСТЬ,
ПЕРСПЕКТИВЫ
РАЗВИТИЯ**

Сборник материалов
VI Международной научно-практической конференции
Учреждения образования
«Белорусская государственная академия авиации»

Минск, 25 ноября 2021 г.

Минск
2022

УДК 629.73(06) + 656.7(06) + 378.622.9

ББК 39.5я431 + 74.58

A20

Редакционный совет:

А. А. ЖУКОВА, к.т.н.,

О. М. БОРЗДОВА,

И. М. БЕРШОВА,

С. О. СТОЙКО

Под научной редакцией

А. А. ШЕГИДЕВИЧА,

кандидата технических наук

Авиация: история, современность, перспективы развития:
A20 сборник материалов VI Международной научно-практической конференции учреждения образования Белорусская государственная академия авиации», Минск, 25 ноября 2021 г. / [редсовет: А. А. Жукова и др. ; под науч. ред. А. А. Шегидевича]. – Минск : Национальная библиотека Беларуси, 2022. – 614 с.

ISBN 978-985-7293-16-2.

В сборнике представлены материалы исследований представителей академической, вузовской и отраслевой науки, посвященные анализу современных подходов к проблемам развития авиации, путям повышения эффективности авиационного образования, науки и производства. Сборник ориентирован на курсантов, магистрантов, аспирантов и преподавателей средних и высших учебных заведений, научных сотрудников и специалистов, занимающихся вопросами и проблемами авиационной отрасли.

УДК 629.73(06) + 656.7(06) + 378.622.9

ББК 39.5я431 + 74.58

ISBN 978-985-7293-16-2

© Учреждение образования

«Белорусская государственная академия авиации», 2022

© Оформление. Государственное учреждение «Национальная библиотека Беларуси», 2022



**1 СЕКЦИЯ.
АВИОНИКА, СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ И
КОНСТРУКЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**



УДК 629.7.054.07

А.А. Авершин, М.В. Муравлев, В.К. Дмитриев

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»***РАСЧЕТ ДОБРОТНОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОЛЬЦЕВОГО МОНОБЛОЧНОГО ГИРОСКОПА С ЛАЗЕРНЫМ ДИОДОМ**

В настоящее время при разработке кольцевых гироскопов большую роль уделяют потерям энергии в оптической схеме. Потери связаны с наличием активной среды в контуре, материалом изготовления конструкции. Часть энергии теряется при передаче к элементам связи и устройства гироскопа. Параметр, показывающий отношение средне накопленной энергии в оптической схеме кольцевого гироскопа к величине потерь за период световых колебаний, называется добротностью [1]. Общее выражение для нахождения добротности имеет вид:

$$Q = \frac{2\pi W}{\Delta W_T}, \quad (1)$$

где W – средне накопленная энергия, ΔW_T – потери энергии за период световых колебаний.

В работе в качестве примера рассматривались две оптические схемы: классическая базовая схема кольцевого моноблочного гироскопа с лазерным диодом (КМГ с ЛД) и рациональная оптическая схема КМГ с ЛД, представленные на рисунке 1 (а, б) [2].

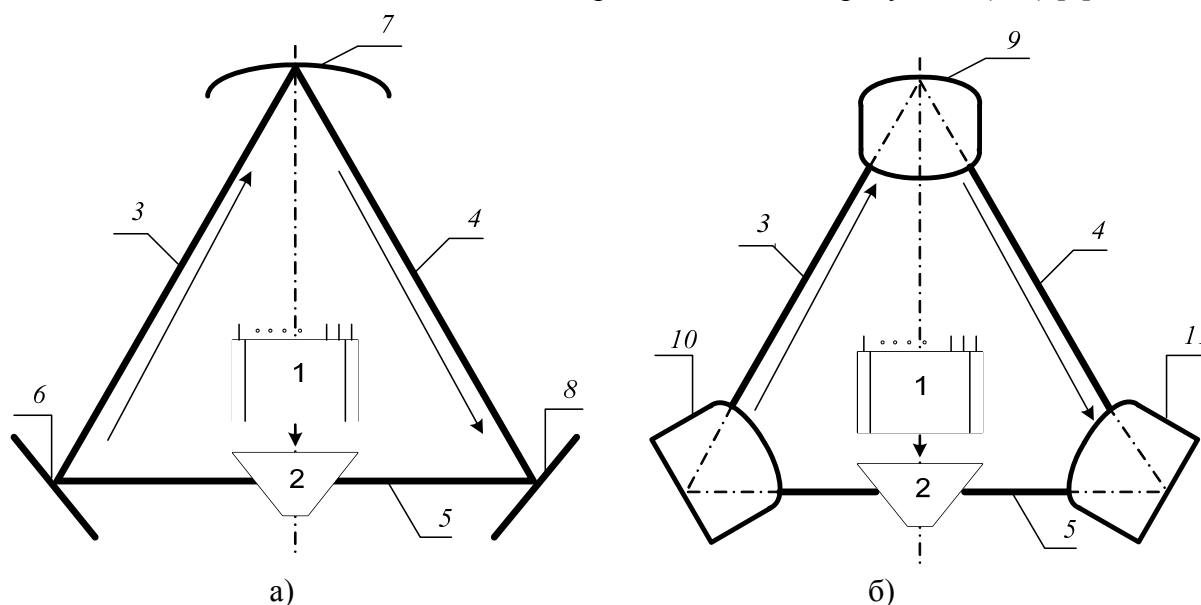


Рисунок 1 – Оптические схемы кольцевых лазерных гироскопов:

а) классическая базовая схема КМГ с ЛД, б) рациональная оптическая схема КМГ с ЛД,

1 – источник излучения, 2 – резонатор-расщепитель; 3, 4, 5 – оптические каналы; 6, 7, 8 – зеркала; 9, 10, 11 – дополнительные резонаторы

Применив известное выражение 1 для нахождения добротности рассматриваемых схем, получим выражения:

$$Q_1 = \frac{2\pi q}{4L\alpha + p_{\text{дифр}} + (1 - |\Gamma_1|^2) + (1 - |\Gamma_2|^2)}, \quad (2)$$

$$Q_2 = 2\pi \frac{2L}{\lambda} / 4L \frac{\sigma}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\xi}} + \frac{1}{L} \left(\frac{r^2 - \lambda L}{r^2 - 2\lambda L} \right) \left(1 - \frac{L}{R} \right) + (1 - |G_1|^2) + (1 - |G_2|^2), \quad (3)$$

где q – положительное целое число, L – длина оптического пути, α – коэффициент затухание оптической волны, $P_{диф}$ – относительные дифракционные потери мощности оптического излучения на краях зеркал, G_1, G_2 – коэффициент отражения излучения от зеркал по мощности, σ – удельная проводимость среды (металлическое покрытие в данном случае алюминий), μ – абсолютная магнитная проницаемость стенок среды (алюминий), ξ – диэлектрическая проницаемость стенок среды (алюминий), r – радиус зеркал высокодобротных резонаторов, R – радиус кривизны зеркал высокодобротных резонаторов, λ – длина волны лазерного излучения.

В таблице 1 приведены расчеты добротности для классической базовой схемы КМГ с ЛД выражение (2) и рациональной оптической схемы КМГ с ЛД выражение (3) [3].

Таблица 1 – Расчеты добротности классической и рациональной оптических схем КМГ с ЛД

Длина оптического канала, мм	50	100	150
Характеристики оптического контура			
Классическая базовая оптическая схема КМГ с ЛД			
Q ₁ – добротность оптического контура	9,16125E + 12	7,44E + 13	2,47985E + 14
Рациональная оптическая схема КМГ с ЛД			
Q ₂ – добротность оптического контура	4,23233E + 14	5,83318E + 14	5,82535E + 14

Расчет показал, что рациональная оптическая схема КМГ с ЛД с дополнительными резонаторами при длине канала 100 мм имеет максимальную добротность, то есть минимальные потери энергии. Учет значений добротности оптической схемы при проектировании кольцевых лазерных гироскопов позволит получать оптимальные конструктивно-технологические решения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пименов, В. Ю. Техническая электродинамика [Текст] : учебное издание / В. Ю. Пименов, В. И. Вольман, А. Д. Муравцов. – М. : Радио и Связь, 2000. – 536 с.
2. Способ обработки динамической интерференционной картины в лазерном гироскопе : пат. 2730046 Российская Федерация, МПК G01C 19/66 / Н. А. Ус [и др.]. – Оpubл. 13.12.2019.
3. Ус, Н. А. Математическая модель оптической схемы кольцевого моноблочного гироскопа / Н. А. Ус, А. А. Авершин // Труды МАИ. – 2018. – № 103. – С. 35–42.

УДК 623.74

Р.Н. Агаев, А.Г. Ганжин, А.В. Чариков

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА БЕСПИЛОТНОГО САМОЛЕТА-АМФИБИИ

Большая часть земной поверхности покрыта водой, в связи с чем имеется необходимость применения такого БПЛА, который бы мог выполнять боевые задачи в воздухе и при необходимости осуществлять посадку на водную поверхность.

Эксплуатационные требования к БПЛА:

- Высокая надежность и безотказность работы в любых условиях эксплуатации и базирования;
- Эксплуатационная и ремонтная технологичность и контролепригодность;
- Коррозионная стойкость;
- Долговечность – способность сохранять работоспособность на протяжении всего срока эксплуатации;
- Достаточная прочность и жесткость при минимальном весе конструкции;
- Стандартизация и унификация элементов конструкции;
- Боевая живучесть. Конструкция БПЛА должна обеспечить достаточную прочность и жесткость после воздействия поражающих средств.

На основе аналитического, а также математического моделирования была создана виртуальная модель в программной среде «Компас 3D» (рисунки 1–3).

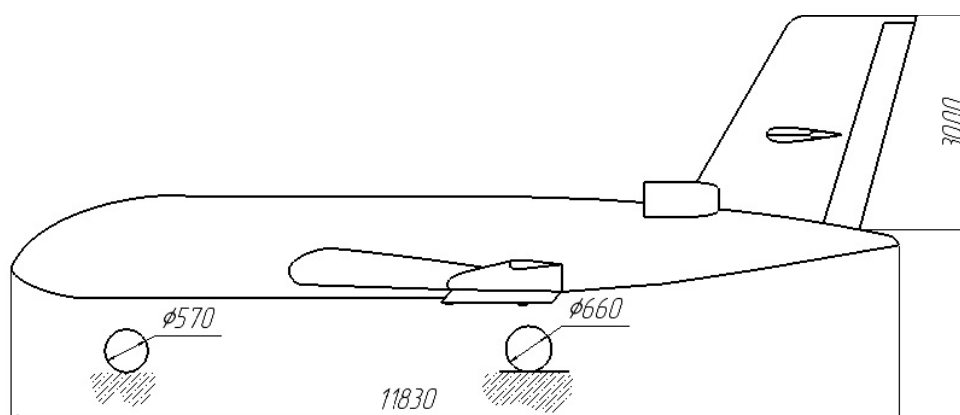


Рисунок 1 – Чертеж беспилотного самолета-амфибии. Вид сбоку

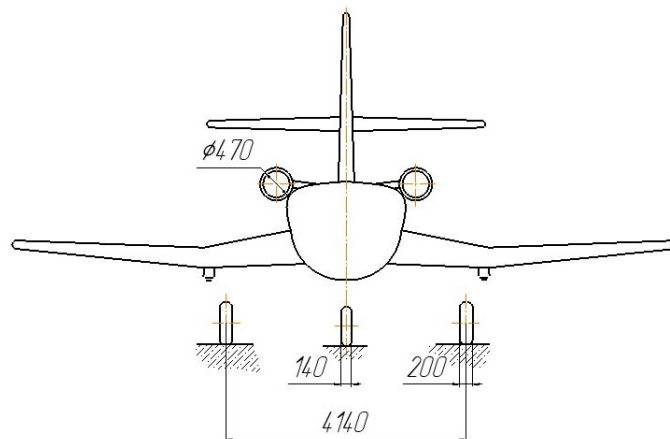


Рисунок 2 – Чертеж беспилотного самолета-амфибии. Вид спереди

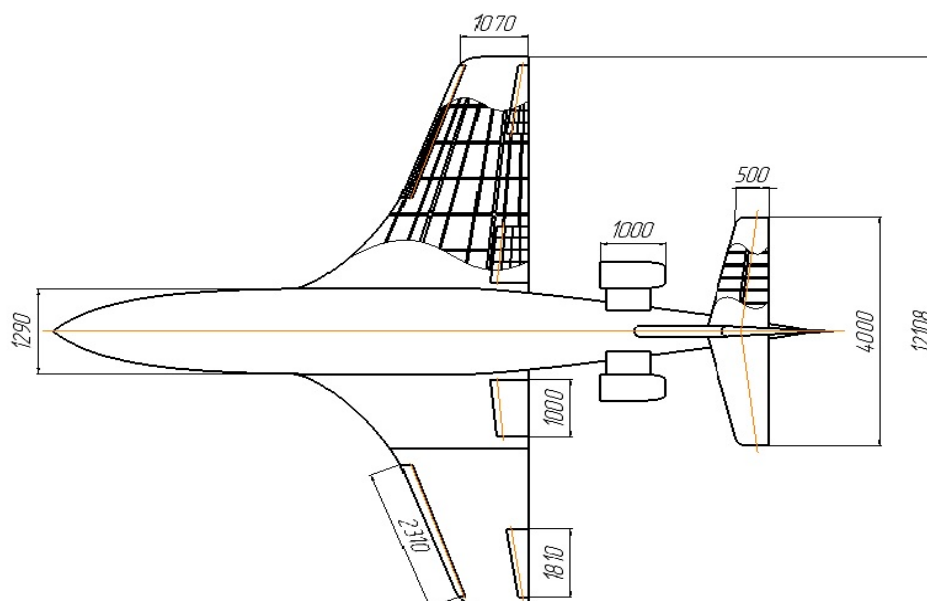


Рисунок 3 – Чертеж беспилотного самолета-амфибии Вид сверху

После выбора основных проектных параметров проектируемого беспилотного экраноплана, следует построение его 3D-модели в программном продукте для последующего моделирования (рисунок 4).

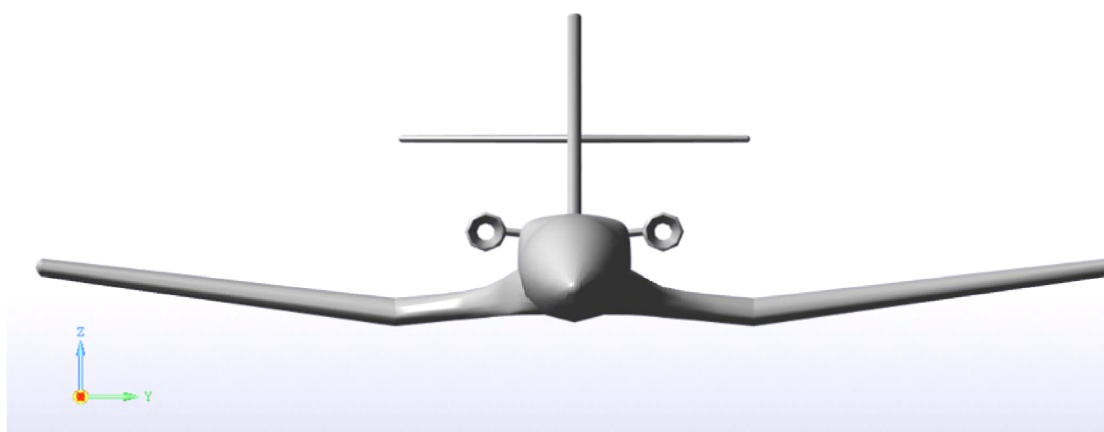
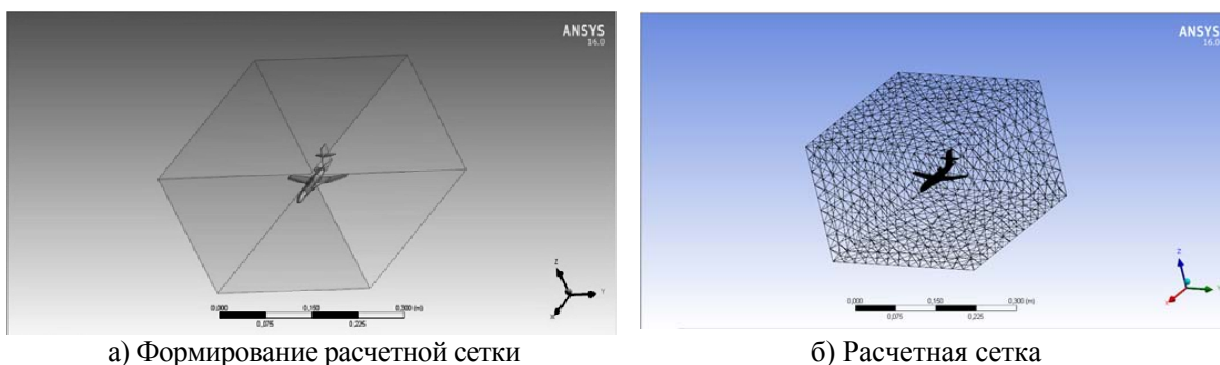


Рисунок 4 – 3D-модель проектируемого беспилотного самолета-амфибии

Разработанная модель беспилотного самолета-амфибии была помещена в рабочую среду программы ANSYS Fluent с целью определения влияния внешней среды в условиях полета, приближенных к реальным за счет метода конечных элементов.

Расчет аэродинамических параметров произведен за 37 итераций в рабочей среде программы ANSYS Fluent (рисунок 5).

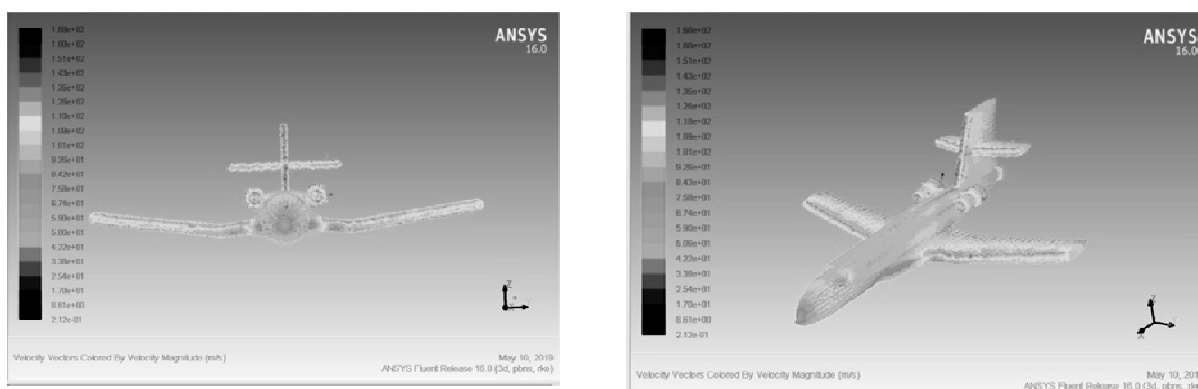


а) Формирование расчетной сетки

б) Расчетная сетка

Рисунок 5 – Положение беспилотного самолета-амфибии в расчетной области

Зон повышенного давления, выделенных красным цветом, небольшое количество, они расположены в основном на передней кромке крыла (рисунок 6).



а) Давление на всех участках планера БПЛА амфибии. Вид спереди

б) Давление на всех участках планера БПЛА амфибии. Вид общий

Рисунок 6 – Результаты аэродинамических параметров в программе ANSYS

Тактико-технические характеристики спроектированного беспилотного экраноплана представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Тактико-технические характеристики беспилотного самолета-амфибии

Тактико-технические характеристики беспилотного экраноплана		
Размах крыла – 12,1 м	Взлетная масса – 6072 кг	Максимальная дальность – 5650 км
Длина – 11,83 м	Тип двигателей – ТРДД-50М	Практический потолок – 7000 м
Целевая нагрузка – 600 кг	Количество двигателей – 2 шт	Крейсерская скорость – 720км/ч;

Спроектированный БПЛА может иметь полезную нагрузку в виде новейших образцов аппаратуры для ведения разведки и решения многих боевых и специальных задач. Так же, предлагаемый БПЛА может быть вооружен авиационными средствами поражения для выполнения ударных операций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петров, Г. Ф. Гидросамолеты и экранопланы России: 1910–1999 / Г. Ф. Петров. – М. : Русавиа, 2000. – 350 с.
2. Панченков, А. Н. Экспертиза экранопланов / А. Н. Панченков, П. Т. Драчев, В. И. Любимов. – Н. Новгород : Поволжье, 2006. – 656 с.
3. Рахмати, А. Аэродинамические характеристики замкнутого параболического крыла / А. Рахмати. – Киев, 2017. – 280 с.

УДК 629.7.022

Р.Н. Агаев, А.Г. Ганжин, П.В. Зубарев

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)***СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ САМОЛЕТА АН-26**

Согласно Руководству по летной эксплуатации для Ан-26 значение температуры масла в двигателе должно иметь значения, указанные в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Значение температуры масла в двигателе АИ-24ВТ

Этапы при работе двигателя	Температура
Минимально допустимая температура при запуске двигателя на земле, °С	15
Минимально допустимая температура перед выходом на рабочие режимы, °С	40
Минимально допустимая температура при запуске двигателя в полете, С	20
Максимальная температура на режимах от малого газа до 0,4 номинального в течение 15 мин непрерывной работы (при этой температуре разрешается выполнять взлет), °С	100

Для недопущения превышения максимальных значений допустимой температуры масла конструкцией турбовинтового двигателя АИ-24ВТ предусмотрен воздушно-масляный радиатор (ВМР) сотового типа, с терморегулятором [2].

С учетом возможности расположения и эксплуатации данного воздушного судна в регионах с повышенной температурой наружного воздуха (более 35°С) при длительном (более 8–15 минут) рулении по магистральным рулежным дорожкам (взлетно-посадочной полосе) или стоянке с запущенными двигателями – воздушного охлаждения не всегда может быть достаточно для обеспечения заданной температуры масла ниже предельного значения, а именно 100°С [1].

Руководством по летной эксплуатации для самолетов Ан-26 предусмотрены действия для летного экипажа по недопущению превышения допустимой температуры масла при работающем двигателе. Согласно РЛЭ, «при росте температуры масла выше 95°С и работе двигателя на режиме МАЛЫЙ ГАЗ увеличить режим работы двигателя (РРД) до 20–22° по указателю положения рукоятки топлива (УПРТ) не менее, чем на две минуты». Данное действие увеличит количество проходящего через радиатор воздуха, а значит, повысится и интенсивность теплообмена между маслом и воздухом в ВМР [3]. При этом повышение режима работы двигателя непременно приведет к увеличению расхода топлива.

Способом улучшения процесса охлаждения масла является использование для отвода тепла вещества с большим, чем у воздуха значением коэффициента теплоотдачи, которым и является топливо.

Изменение конструкции воздушно-масляного радиатора будет иметь следующий вид: внутренний объем воздушно-масляного радиатора условно разделяется вдоль на две равные по объему части. Внутренняя полость левой части радиатора останется такой же, а правая часть будет подвергнута следующим изменениям: соты, предназначенные для сквозного прохождения воздуха, будут полностью удалены, с целью увеличения объема находящегося в данной полости радиатора масла. Внутрь данной полости устанавливается топливный трубопровод из стали, который является сквозным для данной полости. Трубопровод будет выполнен в форме змеевика для увеличения площади охлаждающей поверхности. С одной стороны, данный трубопровод будет соединен с фильтрами топливной системы, что избавляет от необходимости добавлять в конструкцию радиатора дополнительные фильтрующие элементы, а с другой – с коловратным бензонасосом БНК-10. После данных преобразований будет иметь место гибридный агрегат – топливно-воздушно-масляный радиатор (ТВМР), схема которого представлена на рисунке 1.

Для оценки эффективности предложенного мероприятия был выполнен инженерно-штурманский расчет (ИШР) для одного учебного полета самолета Ан-26 на основе реальных данных, указанных в таблицах 2 и 3.

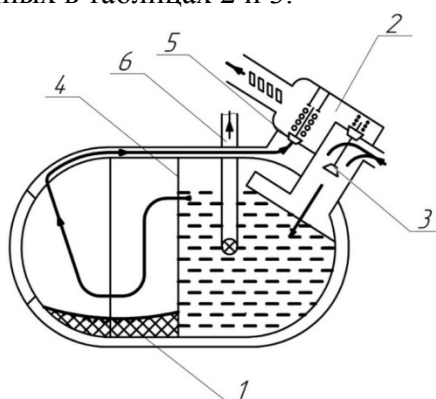


Рисунок 1 – Топливо-воздушно-масляный радиатор:

- 1) сотовая конструкция; 2) терморегулятор; 3) предохранительный клапан; 4) перегородка; 5) обратный клапан; 6) топливный трубопровод

После проведенных конструктивных изменений топливная система будет иметь схему, представленную на рисунке 2, где новым агрегатом будет топливно-воздушно-масляный радиатор (позиция № 21) [4].

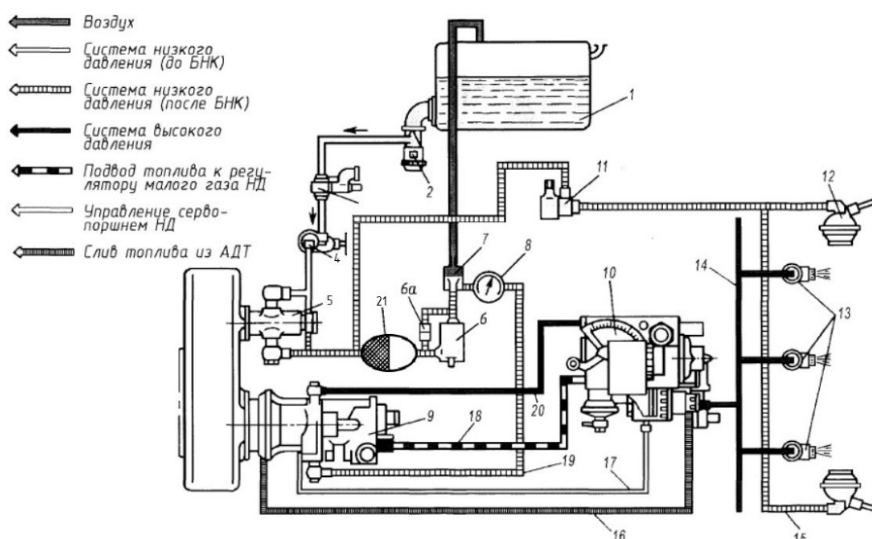


Рисунок 2 – Топливная система двигателя АИ-24ВТ с установленным ТВМР

Таблица 2 – Исходные данные для проведения ИШР

Исходные данные для проведения ИШР		
Общая протяженность маршрута $L_m = 52$ км;	Высота полета $H_{пол} = 500$ м;	Температура воздуха (при $H = 0$ м, $p_{атм} = 760$ мм рт. ст.) $t_{окр} = 33$ °С;
Суммарное расстояние, пройденное Ан-26 за летную смену (при 13 вылетах за летную смену) по воздуху будет 676 км;	Количество затраченного топлива, двумя двигателями АИ-24ВТ равно 299,34 кг;	Общая продолжительность одного вылета Ан-26 равняется 10,37 мин.;

Продолжение таблицы 2

Часовой расход топлива каждого двигателя на режиме работы 14° по УПРТ равен $q_{14^\circ} = 270$ кг/ч [3];	Суммарное время нахождения самолета на земле на РРД 22° по УПРТ за летную смену составляет $t_{\Sigma_{зем}} = 248$ мин	Часовой расход топлива каждого двигателя на режиме работы 22° по УПРТ равен $q_{22^\circ} = 360$ кг/ч;
Время выполнения упражнения, приведенное в плановой таблице $t_{упр} = 12$ мин;		

Разница в расходе топлива за летную смену ΔQ при использовании и отсутствии более интенсивного охлаждения маслосмеси определяется по формуле:

$$\Delta Q = 2 * t_{\Sigma_{зем}} * (q_{22^\circ} - q_{14^\circ}) = 2 * 4,13 * (360 - 270) = 743,4 \text{ кг} \quad (1)$$

Таблица 3 – Исходные данные для вычисления дальности $L_{\Delta Q}$ и продолжительности $t_{\Delta Q}$ полета

Исходные данные для вычисления значений дальности $L_{\Delta Q}$ и продолжительности $t_{\Delta Q}$ полета		
Высота полета $H_{пол} = 6000$ м;	Приборная скорость $V_{пр} = 310$ км/ч;	Взлетный вес $G_{взл} = 20000$ кг;
$q_1 = 1,77$ кг/км	$q_2 = 715$ кг/час	Средняя суточная температура воздуха принимает значение $t_{окр} = 29 - 34$ °С

Тогда $L_{\Delta Q}$ и $t_{\Delta Q}$ будут иметь значения:

$$L_{\Delta Q} = 0,5 * \Delta Q / q_1 = 0,5 * 743,4 / 1,77 = 210 \text{ км}, \quad (2)$$

$$t_{\Delta Q} = \Delta Q / q_2 = 0,5 * 60 * 743,4 / 715 = 31 \text{ мин}. \quad (3)$$

Типовые контрольные (тренировочные) полеты, проводятся один раз в неделю, то есть за один календарный год насчитывается около $n_{лсм} = 8$ описанных выше летных смен.

Далее вычисляется экономия топлива с учетом предложенных мероприятий одним воздушным судном за один календарный год в количественном $\Delta Q_{год}$ и денежном $C_{год}$ эквивалентах:

$$Q_{год} = \Delta Q * n_{лсм} = 743,4 * 8 = 5950,4 \text{ кг}, \quad (4)$$

$$C_{год} = (\Delta Q_{год} / \rho_{тс1}) * C_1 = (5950,4 / 0,8) * 47 = 223 735,04 \text{ руб}, \quad (5)$$

где $\rho_{тс1}$ – плотность топлива ТС-1, кг/м³; C_1 – стоимость одного литра топлива ТС-1, руб.

На рисунке 3 представлены профили полета прототипа самолета Ан-26 аналога и самолета Ан-26 с доработкой масляной системы двигателя.

В таблице 4 представлена сравнительная характеристика Ан-26 аналога и с доработкой.

Таблица 4 – Сравнительная характеристика Ан-26 аналога и с доработкой

Воздушное судно	Ан-26 (аналог)	Ан-26 (с доработкой)
Практическая дальность полета, км	2500	2710
Продолжительность полета, ч-мин	4-30	5-01

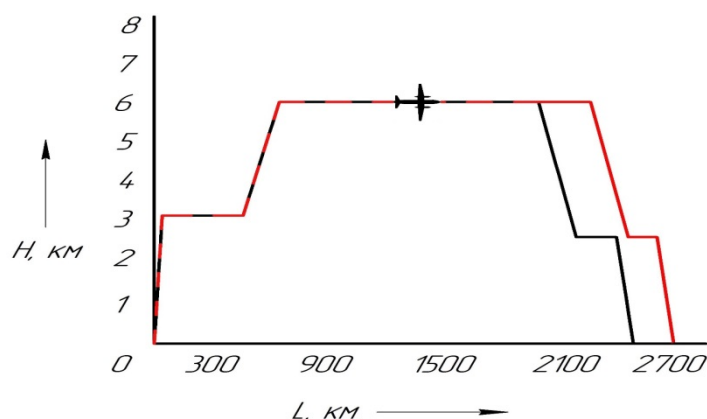


Рисунок 3 – Профили полета самолетов Ан-26 аналога и с доработкой

Преимуществами данной модернизации будут увеличение дальности и продолжительности полета, снижение вероятности кристаллизации топлива при эксплуатации самолета в условиях отрицательных температур окружающей среды и отсутствие ухудшения аэродинамических характеристик при открытии створки выходного туннеля маслорадиатора в полете.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Самолет Ан-26. Техническое описание. – М., 1978. – Книга 1 : Летно-технические характеристики. – 530 с.
2. Самолет Ан-26. Техническое описание. – М., 1978. – Книга 2 : Конструкция самолета. – 540 с.
3. Самолет Ан-26. Руководство по летной эксплуатации. – М., 1978. – 620 с.
4. Авиационный турбовинтовой двигатель АИ-24ВТ. Техническое описание. – Ростов н/Д : Технолог, 2006. – 620 с.

УДК 623.746.174

Н.З. Агаев, Д.А. Лекарев, З.Н. Агаев

ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ВЕРТОЛЕТОВ АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ

Армейская авиация (АА) является универсальным и наиболее маневренным средством огневой поддержки сухопутных войск, предназначенным для выполнения широкого круга задач, в различных условиях общевойскового боя, погоды и времени суток.

Предъявление высоких требований к вертолетам следующего поколения с точки зрения снижения стоимости эксплуатации, экономичности при сохранении высоких летно-технических характеристик вызывает необходимость создания новых, более совершенных систем бортового оборудования. Решение указанных проблем в рамках существующих в настоящее время на вертолете энергосистем представляется нерациональным и требует поиска принципиально новых подходов к построению энергетической системы вертолета.

Как известно, в настоящее время на современных вертолетах используются три вторичные энергетические системы:

- система электроснабжения;
- гидравлическая система;
- пневматическая система.

Дальнейшее развитие авиационной техники будет сопровождаться, по-видимому, значительным ростом энерговооруженности вертолетов и все более полной электрификацией систем бортового оборудования. Следует отметить, что в последние годы повышение уровня электрификации воздушных судов, рассматривается как один из путей повышения топливно-энергетической эффективности вертолетов.

Одним из наиболее перспективных направлений развития бортовой энергетики является создание вертолета с автономной (локальной) гидросистемой, которое обусловлено:

- развитием силовой электроники и разработкой на их базе мощных полупроводниковых преобразовательных устройств и бесконтактной твердотельной коммутационной и защитной аппаратуры;

- разработкой новых магнитных материалов и созданием на их основе мощных источников электрической энергии и двигателей электромеханических приводов систем управления полетом, не уступающим по своим основным характеристикам гидроприводам;

- значительными успехами в области микроэлектроники и микропроцессорной техники;

- единой централизованной системой вторичного энергоснабжения, использующей электрическую энергию для обеспечения функционирования всех бортовых систем;

В настоящее время отказ от централизованных гидросистем должен проводиться путем замены гидроприводов с дроссельным управлением на электрогидростатические привода с объемным регулированием, использующим для своего функционирования автономные (локальные) гидросистемы.

На вертолете Ми-8МТ используется две гидросистемы: основная и дублирующая. Каждая из гидросистем имеют свои агрегаты, по составу и принципу действия они аналогичны, и предназначены для питания рабочей жидкостью (маслом АМГ-10) комбинированные агрегаты управления КАУ-30Б (гидроприводы) поперечного управления, продольного управления, управления общим шагом и рулевого агрегата (РА-60Б) ножного управления; гидроцилиндров управления фрикционом ручки ШАГ-ГАЗ и упором в продольном управлении.

Данная модель гидропривода КАУ-30Б, имеет максимальную тягу $F = 2,5$ т, максимальную входную мощность (потребную мощность электропитания) $N_{вх} = 3,2$ кВт и весит $G = 16$ кг. Электропитание осуществляется от бортовой сети постоянного тока напряжением 27 В с частотой $f = 400$ Гц. Привод КАУ-30Б по сей день устанавливается на вертолеты семейства Ми-8 в различных модификациях. На вертолете Ми-8МТ установлено три привода КАУ-30Б; поперечного управления, продольного управления, управления общим шагом несущего винта, общий вес гидроприводов составляет $G = 48$ кг. Масса двух гидросистем (трубопроводы, агрегаты и исполнительные механизмы) составляет примерно $G = 135$ кг, без учета рабочей жидкости (масло АМГ-10).

Модернизация гидросистемы вертолета Ми-8МТ позволит исключить гидросистему полностью, уменьшить вес вертолета приблизительно на 80 кг. В системе управления вертолетом используются электрогидростатические рулевые привода (ElectroHydrostatic Actuator – ЕНА) mod.1113В фирмы «Liebherr-Aerospace» (рисунок 1), использующие для своего функционирования автономные (локальные) гидросистемы, в каналах поперечного управления, продольного управления, управления общим шагом несущего винта, вместо гидроприводов КАУ-30Б.

Электрогидростатический привод фирмы «Liebherr-Aerospace» построен на базе реверсивного вентильного электродвигателя с регулируемой скоростью вращения, управляемого блоком силовой электроники. Однако для преобразования быстрого вращения электродвигателя в относительно медленное поступательное движение штока используется плунжерный насос с постоянным наклоном шайбы и гидроцилиндр с

поршнем и штоком. Используется безбашмачный аксиально-плунжерный насос с жестким валом и плавающей опорной шайбой. Данная модель привода имеет максимальную тягу $F = 4,7$ т, максимальную входную мощность (потребную мощность электропитания) $N_{вх} = 2,8$ кВт и весит $G = 11,5$ кг. Электропитание осуществляется от бортовой сети трехфазного переменного тока напряжением 115 В с нестабильной частотой $f = 380-800$ Гц. Рулевой агрегат (РА-60Б) будет заменен на вентильный двигатель постоянного тока (ВДПТ) с постоянными магнитами на базе интерметаллических соединений редкоземельных элементов с кобальтом (РЗМ-магнитов). Применение РЗМ-магнитов уже на сегодняшний день позволяет создавать электрические машины, которые в 5–7 раз превосходят по удельным характеристикам аналогичные машины недавнего прошлого.

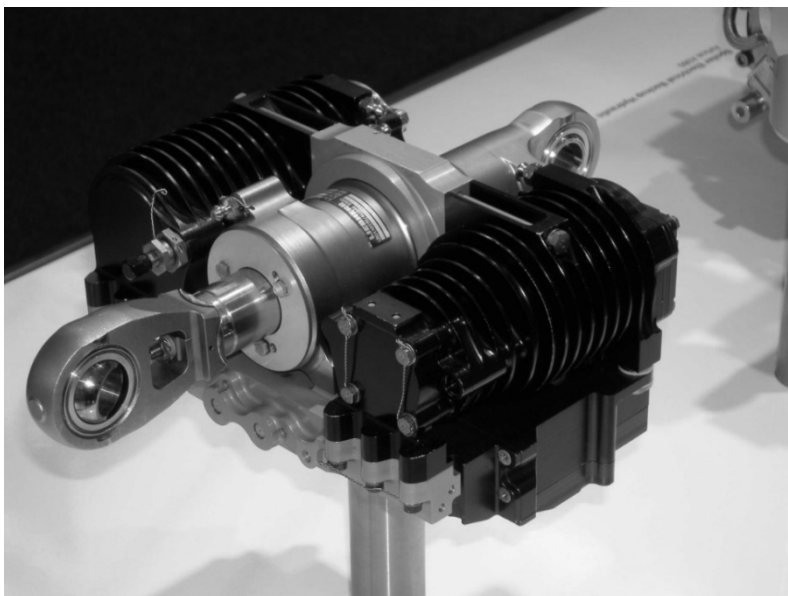


Рисунок 1 – Электрогидростатический привод фирмы «Liebherr-Aerospace»

В целом, эффективность предлагаемой энергосистемы вертолета обеспечивается:

- снижением номенклатуры комплектующих агрегатов гидросистемы за счет полной ликвидации гидравлических агрегатов и магистралей (трубопроводов);
- улучшением использования энергии на борту за счет более высокого коэффициента полезного действия электрооборудования по сравнению с гидроборудованием;
- снижением вероятности отказов за счет исключения малонадежных гидромагистралей и перехода на автономные (локальные) гидросистемы.

К основным преимуществам автономных (локальных) гидросистем относятся:

- 1) при разработке и производстве вертолета:
 - уменьшение затрат на разработку и изготовление;
 - снижение объема летных испытаний;
 - ликвидируются гидравлические агрегаты и магистрали.
- 2) уменьшение стоимости бортовых систем вертолета в целом и в эксплуатации;
 - существенное повышение надежности вертолета;
 - упрощение структуры и снижение стоимости эксплуатации;
 - уменьшение затрат энергии при наземной подготовке;
 - значительно уменьшается трудоемкость технического обслуживания системы управления и количество необходимого для этого оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кривцов, В. С. Проектирование вертолетов : учебник / В. С. Кривцов, Я. С. Карпов, Л. И. Лосев. – Харьков : Нац. аэрокосм, ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 344 с.

2. Курочкин, Ф. П. Конструирование винтов, силовых установок и приводов вертолета : учеб. пособие / Ф. П. Курочкин. – М. : МАИ, 1980. – 139 с.

3. Вертолет Ми-8МТ. Руководство по технической эксплуатации. Вертолетные системы. – М., 1979. – 208 с.

4. Володин, В. В. Анализ реализации концепции «полностью электрический самолет» на истребителе пятого поколения / В. В. Володин, Ю. М. Томилов, Д. А. Глухов. – Полет. – 2007. – № 11. – С. 34–42.

УДК 629.084

А.В. Банников, Д.Г. Якуш, А.С. Фимушин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ И МАТЕРИАЛАМИ АВИАЦИОННОЙ ЧАСТИ

Функционирование автоматизированной системы управления восстановлением боеготовности ВС (далее АСУ ВБГ ВС) невозможно без соответствующих образом организованных информационных моделей. Эти модели предназначены для сбора, передачи, хранения, обработки и отображения данных, которые представляются в форме стандартных сообщений, содержащих набор букв, цифр, графических и специальных символов [1].

Для организации обработки, данные объединяются в базы данных, совокупность которых образует информационный фонд.

Под базой данных понимается совокупность взаимосвязанных и хранящихся вместе данных при наличии такой минимальной избыточности, которая допускает их оптимальное использование для одного или нескольких программных средств, в определенной предметной области человеческой деятельности. Данные заполняются так, чтобы они были независимы от программных средств, которые их используют, чтобы обеспечивались общий способ поиска, коррекции и возможность дальнейшего наращивания информации [1].

Базы данных имеют ряд достоинств, предопределяющих их широкое использование: высокую оперативность доступа к данным – скорость; возможность одновременного доступа к данным многих пользователей – доступность; широкие возможности поиска необходимых данных по различным правилам; возможность быстрого обновления и непрерывного поддержания данных в актуальном состоянии в соответствии с меняющейся обстановкой – адаптивность; уменьшения дублирования данных, упрощение изменений баз данных, упорядочение обновления, приводящее к согласованности данных – целостность; избавление от серьезных трудностей при многократном выполнении операции обновления, создание новых или уничтожение старых элементов данных; изменение данных не приводит к изменению использующих их дорогостоящих программ и наоборот – независимость [2].

Основное достоинство, получаемое за счет баз данных, заключается в том, что введенные один раз данные, могут многократно использоваться при решении различных расчетных и информационных задач.

Структура базы данных должна стандартизироваться для обеспечения управляемой модификации и развития конфигураций версий программных средств и в ней должна накапливаться и храниться исходная, промежуточная и результирующая информация в процессе их функционирования.

Иерархическое построение баз данных АСУ ВБГ ВС должно предполагать распределение информационных модулей и пакетов данных по уровням иерархии управления для возможности решения информационно-расчетных задач программными средствами каждого из этих уровней.

С помощью СУБД реализуется главная функция информационного обеспечения – централизованное накопление и коллективное использование данных в процессе функционирования АСУ ВБГ ВС.

СУБД обеспечивает:

организацию данных (ввод, контроль и размещение данных в ПЭВМ); ведение баз данных (обновление, изменение, расширение);

обработку запросов к базам данных и обработку данных (поиск, выборку и выдачу результатов в соответствии с запросом);

защиту данных от несанкционированного доступа и разрушения;

независимость прикладных программ (программного специального обеспечения) от процессов организации и ведения баз данных и дают возможность пользователям осуществлять непосредственно управление данными, а программистам быстро разрабатывать более совершенные средства их обработки.

Таким образом, на рисунке 1 можно рассмотреть предлагаемую модель взаимодействия инженерно-авиационной службы с авиационно-технической службой основанную на внедрении объединенной электронной базы данных для обеспечения запасными частями и материалами авиационной части в направлении поддержания ее заданного уровня боевой готовности.

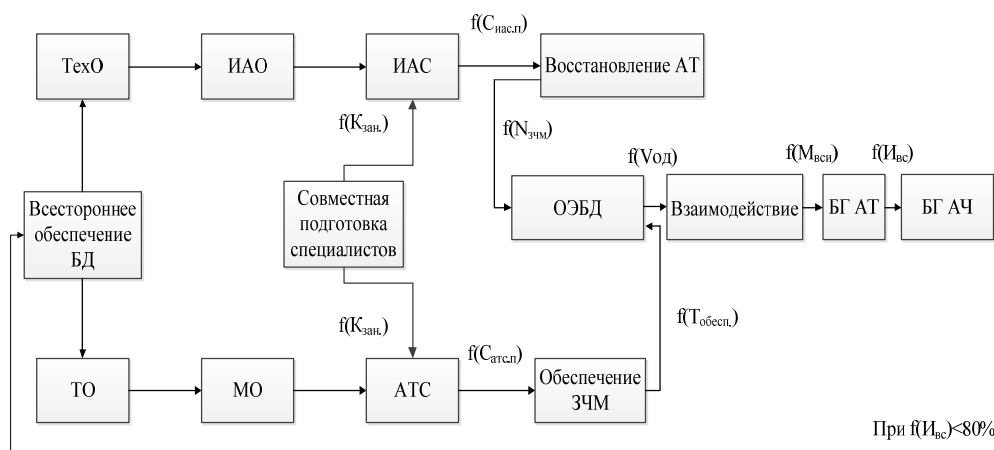


Рисунок 1 – Модель взаимодействия инженерно авиационной службы с авиационно-технической службой с использованием объединенной электронной базы данных

Анализируя данную модель взаимодействия, можно сделать вывод, что эффективность обеспечения запасными частями и материалами авиационной части и как следует ее боевая готовность будут зависеть от качества проводимых комплексных занятий с личным составом взаимодействующих служб и времени быстрого действия АСУ ВБГ ВС (ОЭБД).

Предлагаемая модель взаимодействия инженерно-авиационной службы с авиационно-технической службой позволит сократить время на обеспечение запасными частями и материалами простаивающей в неисправном состоянии АТ.

В существующих руководящих документах, регламентирующих взаимодействие инженерно-авиационной службы с авиационно-технической службой авиационной части, отсутствует алгоритм, по которому возможно оценить эффективность взаимодействия.

На рисунке 2 представлен алгоритм оценки эффективности обеспечения запасными частями и материалами авиационной части основанный на взаимодействии инженерно-авиационной службы с авиационно-технической службой.

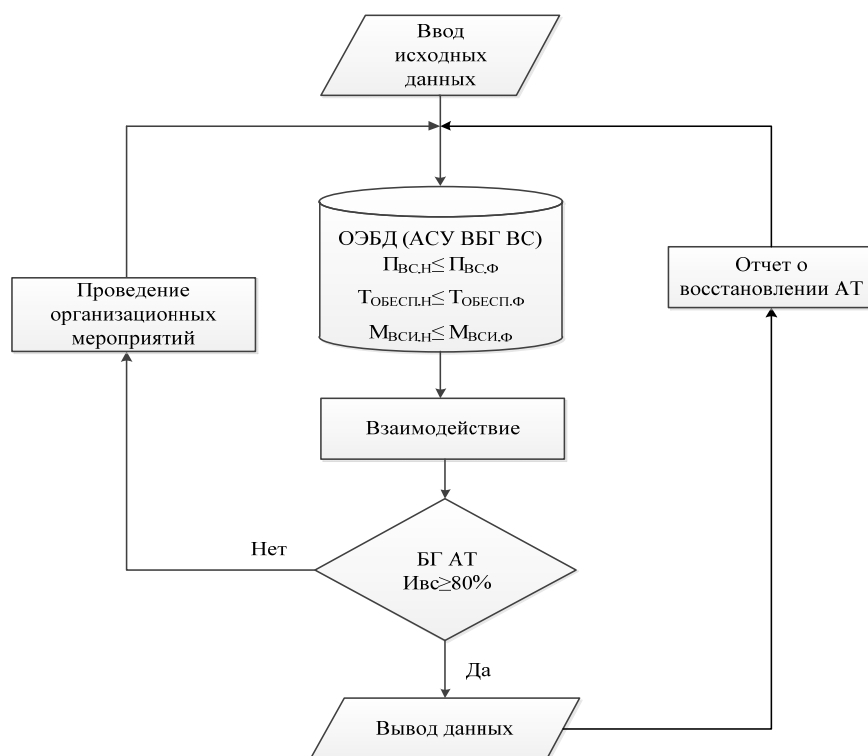


Рисунок 2 – Алгоритм оценки эффективности обеспечения запасными частями и материалами авиационной части, основанный на взаимодействии инженерно-авиационной службы с авиационно-технической службой

Итогом работы алгоритма является формирование заключения о боеготовности авиационной части (вывод данных).

В заключении хотелось бы отметить, что при использовании предложенной модели обеспечения запасными частями и материалами авиационной части, основанной на взаимодействии инженерно-авиационной службы с авиационно-технической службой с использованием объединенной электронной базой данных позволит снизить время обеспечения на 5 %.

Применение в работе имеющихся средств автоматизации процесса восстановления боеготовности воздушных судов и использование передовых технологий в процессе организации обеспечения запасными частями и материалами позволят специалистам инженерно-авиационной службы и авиационно-технической службы оперативно получать информацию о неисправностях авиационной техники и наличии запасных частей и материалов для ее восстановления, что увеличит возможность оперативно и достоверно спрогнозировать их потребность (сформировать ремонтные комплекты и технические аптечки).

Также внедрение автоматизированных средств управления в систему обеспечения запасными частями и материалами позволит повысить интенсивность обмена информацией между взаимодействующими органами управления о состоянии исправности авиационной техники, для организации быстрого и своевременного планирования обеспечения авиационно-техническим имуществом авиационных частей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванчура, В. И. Пути повышения эффективности инженерно-авиационного обеспечения боевых действий за счет использования средств автоматизации и специального программного обеспечения / В. И. Иванчура // Журнал вестник ВВА. – 2015. – № 1 (22). – С. 224.
2. Бусленко, Н. П. Моделирование сложных систем / Н. П. Бусленко. – М. : Наука, 1978. – 325 с.

УДК 62-932.4

Е.В. Барбарич, С.Д. Юхневич, М.И. Тихонович

Белорусская государственная академия авиации, Минский аэроклуб имени дважды Героя Советского Союза С.И. Грицевца, Минский завод гражданской авиации № 407

К ВОПРОСУ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ РЕМОТОРИЗАЦИИ ПАРКА ЛЕГКИХ МНОГОЦЕЛЕВЫХ САМОЛЕТОВ АН-2: ОПЫТ МИНСКОГО АЭРОКЛУБА ДОСААФ

Ан-2 – легкий многоцелевой самолет. Используется как сельскохозяйственный, транспортный, учебный, пассажирский самолет и состоит на вооружении Военно-воздушных сил 23 стран мира. Участвовал в 46 вооруженных конфликтах. Самолет предназначен для решения широкого спектра задач, в том числе специфических: осуществление социально значимых грузовых и пассажирских перевозок в отдаленных регионах с низкой транспортной доступностью (взлет и посадка на неподготовленных полосах, работа в сельском хозяйстве, освоение Крайнего Севера, доставка пассажиров и грузов на территории Сибири, Дальнего Востока и др.). Большие размеры территории Российской Федерации обуславливают значительную потребность в таких перевозках, не имеющую тенденции к уменьшению. Ан-2 производился в СССР, Польше и продолжает выпускаться в КНР. Всего построено более 18 тыс. самолетов Ан-2. Экспортировался в 26 стран мира. Занесен в Книгу рекордов Гиннеса как единственный в мире самолет, который выпускается уже более 70 лет. В настоящее время в мире эксплуатируется около 6000 самолетов Ан-2. Многие самолеты летают более 40 лет, и налет некоторых из них достигает 20 тыс. часов. Модельный ряд этого типа насчитывает 37 модификаций. Надежность планера, возможность выполнения полетов с грунтовых площадок длиной 200 м, доступность для пилотов любой классификации. Уникальные летные характеристики, конструктивные и эксплуатационные особенности самолета, а также неприхотливость к условиям эксплуатации делают Ан-2 безальтернативным самолетом среди существующих отечественных и зарубежных воздушных судов, незаменимым в современных условиях [1, 2]. Вышеизложенное говорит о большом потенциале, заложенном в конструкцию самолета и не исчерпанном до сих пор.

В качестве силовой установки самолета Ан-2 используется звездообразный девятицилиндровый авиационный двигатель АШ-62ИР с металлическим четырехлопастным воздушным винтом АВ-2 с автоматической регулировкой шага. Особенности эксплуатации самолетов с этим двигателем, разработанным в 1938 году, обусловлены рядом недостатков, негативно влияющих на его экономическую эффективность и эксплуатационную технологичность: большие масса и габаритные размеры, высокий расход масла, небольшой межремонтный ресурс, высокая трудоемкость технического обслуживания – по сравнению с современными (и особенно с газотурбинными) авиационными двигателями [1, 6].

Таким образом, представляется целесообразным совмещение потенциала планера самолета Ан-2 и современной эффективной силовой установки. Концепция повышения экономической эффективности самолета Ан-2 путем ремоторизации: замены поршневого двигателя (далее – ПД) АШ-62ИР турбовинтовым двигателем (далее – ТВД) Garrett AiResearch ТРЕ331-12 с сохранением конструкции планера была реализована в Сибирском научно-исследовательском институте авиации имени С.А. Чаплыгина (далее – СибНИА). Проектные работы начаты в 2011 г., первый полет состоялся 5 сентября 2011 г. [1, 2].

В таблице 1 представлен сравнительный анализ некоторых эксплуатационных характеристик самолетов: Ан-2 с ПД АШ-62ИР и ТВС-2МС с ТВД Garrett AiResearch ТРЕ331-12UAN [4, 9].

Таблица 1 – Некоторые эксплуатационные характеристики самолетов: Ан-2 с двигателем АИШ-62ИР и ТВС-2МС с двигателем Garrett AiResearch TPE331-12

Параметр / Самолет (двигатель)	Ан-2(АИШ-62ИР)	ТВС-2МС (Garrett AiResearch TPE331-12)
Сухая масса, кг	567	175
Габаритные размеры (длина × ширина × высота), мм	1 130×1 380×1 380	1 088×533×676
Мощность максимальная (на взлетном режиме), л.с.	1 000	1 100
Мощность номинальная, л.с.	820	1 050
Часовой расход топлива на режиме номинальной мощности (кг/час)	199	255,15
Удельный расход топлива, кг/(л.с.×час)	0,243	0,243
Расход масла, л/час	4,2	0,038
Объем маслобака, л	125	6
Эксплуатационная заправка маслобака, л	50–85	5,5–5,7
Срок работы масла, час	100	800
Межремонтный ресурс двигателя, час	800	7 000

Несмотря на то, что из-за большей мощности двигателя при полете на одних и тех же режимах часовой расход топлива у самолета ТВС-2МС больше, чем у Ан-2, практический опыт летной эксплуатации ТВС-2МС в Минском аэроклубе ДОСААФ показал, что для выполнения полетных заданий (выброска парашютистов, аэрофотосъемка, обзорные полеты) требуется меньшая, чем у Ан-2 мощности работы двигателя (в процентах от максимальной). Таким образом, часовой расход топлива у самолетов Ан-2 и ТВС-2МС примерно одинаков (при дальнейшем сравнении себестоимости полетов прием его значение равным 200 кг/ч, что соответствует номинальному режиму работы двигателя АИШ-62ИР).

Следовательно, путем ремоторизации самолета Ан-2 можно достичь большей его тяговооруженности, а также снизить расходы на летную эксплуатацию благодаря снижению потребных количеств горюче-смазочных материалов (далее – ГСМ), таблица 2.

Таблица 2 – Стоимость горюче-смазочных материалов, затрачиваемых на выполнение полетов самолетов: Ан-2 с ПД АИШ-62ИР и ТВС-2МС с ТВД Garrett AiResearch TPE331-12UAN-701E (из опыта эксплуатации в Минском аэроклубе ДОСААФ)

Характеристика / Самолет (двигатель)	Ан-2(АИШ-62ИР)	ТВС-2МС (Garrett AiResearch TPE331-12UAN-701E)
Вид применяемого топлива	Бензин АИ-95	Керосин РТ
Стоимость топлива, BYN/кг	2,10	1,80
Часовой расход топлива, кг/час	200	200
Вид применяемого масла (в двигателе)	МС-20	Mobil jet oil II
Стоимость масла, BYN/кг	6,10	48,50
Часовой расход масла, л/час	4,2	0,038
Потребные количества и стоимость ГСМ для выполнения 1000 ч наработки		
Топливо, кг	200000	200000
Стоимость топлива, BYN	420000	360000
Масло (с учетом замен), кг	4546	43,5
Стоимость масла, BYN	27730,60	2109,75
Суммарная стоимость ГСМ, BYN	447730,60	362109,75

Таким образом, экономичность турбовинтового двигателя Garrett AiResearch TPE331-12UAN-701E на 19,12 % выше, чем поршневого двигателя АШ-62ИР, что позволяет экономить на ГСМ 85620,85 ВУН на 1000 ч наработки.

Также следует учесть, что межремонтный ресурс двигателя Garrett AiResearch TPE331-12 в 8,75 раз выше, чем у АШ-62ИР, что обеспечивает самолету ТВС-2МС лучшие, чем у Ан-2, показатели эксплуатационной технологичности.

В таблице 3 представлено сравнение летно-технических характеристик (далее – ЛТХ) самолетов Ан-2 и ТВС-2МС [4, 9].

Таблица 3 – Некоторые ЛТХ самолетов: Ан-2 с ПД АШ-62ИР и ТВС-2МС с ТВД Garrett AiResearch TPE331-12

Параметр / Самолет (двигатель)	Ан-2(АШ-62ИР)	ТВС-2МС(Garrett AiResearch TPE331-12)	
Масса пустого самолета, кг	3 400	3 057	
Масса топлива при полной заправке, кг	900	900	
Масса коммерческой нагрузки, кг	1 500	1 500	
Максимальная взлетная и посадочная масса, кг	При $T_{нв}$ до +15 °С: 5 500 При $T_{нв}$ более +15°С: 5 250	5 500	
Масса топлива при полной загрузке, кг	При $T_{нв}$ до +15 °С: 600 При $T_{нв}$ более + 15°С: 350	900	
Минимальная скорость отрыва при взлетной массе 5500 кг, км/ч	80	70	
Минимальная длина разбега при взлетной массе 5500 кг, м	180	243	
Минимальная посадочная скорость при посадочной массе 5500 кг, км/ч	85	86	
Минимальная длина пробега при посадочной массе 5500 кг, м	225	150	
Центровка пустого самолета, % САХ	19,2	19,21	
Предельно передняя центровка, % САХ	17,2	19	
Предельно задняя центровка, % САХ	33	29,5	
Скороподъемность при наборе высоты, м на номинальном режиме, в условиях МСА при взлетной массе 5000 кг, м/с	1 000	3,175	4,44
	1 500	3,275	4,24
	2 000	2,575	4,04
	2 500	2,075	3,84
	3 000	1,475	3,64
Время набора высоты, м на номинальном режиме, в условиях МСА при взлетной массе 5000 кг, мин	1 000	6,00	1,84
	1 500	9,00	3,76
	2 000	12,50	5,77
	2 500	17,00	7,89
	3 000	23,00	10,12

Ниже дано подробное описание некоторых различий в ЛТХ самолетов Ан-2 с ПД АШ-62ИР и ТВС-2МС с ТВД Garrett AiResearch ТРЕ331-12.

Сухая масса самолета ТВС-2МС на 10,09 % меньше, чем самолета Ан-2. Это способствует возможности летать с большей (на 33,33–61,11 %) заправкой топливом при максимальной загрузке (1500 кг), что позволяет увеличить для самолета ТВС-2МС дальность и продолжительность полета при выполнении авиационных работ. Согласно данным СибНИА, силовая установка самолета ТВС-2МС позволяет увеличить дальность полета при полной загрузке, в сравнении с самолетом Ан-2, в два раза [2].

Из-за невысокости ПД АШ-62ИР скороподъемность самолета Ан-2 с ростом высоты полета существенно снижается (при подъеме от 1000 м до 3000 м – в 2,15 раза). ТВД Garrett AiResearch ТРЕ331-12 позволяет самолету ТВС-2МС сохранять вертикальную скорость в наборе высоты примерно постоянной (при подъеме от 1000 м до 3000 м снижение скороподъемности – 18,02 %). Полетное время ТВС-2МС при подъеме на высоту 3000 м почти на треть (32,47 %) меньше, чем у Ан-2. Однако конструктивные особенности ТВД Garrett AiResearch ТРЕ331-12 обуславливают снижение самолета ТВС-2МС на режиме выше полетного малого газа, с ограниченной вертикальной скоростью, меньшей, чем у Ан-2. Однако опыт Минского аэроклуба ДОСААФ показал, что полет для выброски парашютистов на самолете Ан-2 занимает от 45 до 60 мин (в зависимости от температуры наружного воздуха) при максимальной высоте полета 2500 м, а на самолете ТВС-2МС – около 30 мин – при максимальной высоте полета 3050 м. Следовательно, эксплуатация самолета ТВС-2МС позволяет совершать большее количество полетов на выброску парашютистов в пределах летной смены, что подтверждается опытом Минского аэроклуба ДОСААФ. Также важно отметить, что при наборе высоты более 3000 м скороподъемность самолета Ан-2 принимает малые значения (около 1 м/с и ниже), что делает дальнейший подъем нецелесообразным. Самолет ТВС-2МС имеет следующие показатели скороподъемности при взлетной массе 5000 кг: 3500 м – 3,44 м/с; 4000 м – 3,24 м/с [7, с. 109]. Эта характеристика позволяет расширить эксплуатационный диапазон высот при полетах самолетов аэроклуба на выброску парашютистов и при выполнении авиационных работ (например, аэрофотосъемки).

Главная особенность летной эксплуатации самолета ТВС-2МС заключается в его диапазоне центровок (19–29,5 % САХ) – более узком, чем у Ан-2 (17,2–33 % САХ). Это накладывает существенные ограничения на порядок загрузки самолета ТВС-2МС и соблюдение центровки в полете. Пренебрежение этими ограничениями может привести к серьезному авиационному происшествию. 19 декабря 2017 года в аэропорту Нарьян-Мар (Российская Федерация) произошла авиакатастрофа самолета ТВС-2МС, в которой погибли четыре пассажира, семь пассажиров и оба члена экипажа получили серьезные телесные повреждения. Причиной происшествия стало превышение предельно задней центровки самолета (32,5 % САХ при ограничении в 29,5 % САХ), что вызвало в процессе первоначального набора высоты энергичное увеличение угла тангажа на кабрирование, сопровождаемое потерей скорости, с последующим креном самолета вправо. Далее произошло снижение самолета с разворотом на -270° вправо относительно курса взлета и последующее его столкновение с заснеженной земной поверхностью [10].

Применение на самолете ТВС-2МС флюгерно-реверсивного воздушного винта НС-В5МР-5 позволяет на треть сократить длину пробега, в сравнении с самолетом Ан-2 (с воздушным винтом АВ-2): с 225 до 150 м.

Ремоторизация легких многоцелевых самолетов Ан-2 установкой ТВД семейства Garrett AiResearch ТРЕ331 обеспечивает ряд преимуществ перед самолетами Ан-2 с ПД АШ-62ИР: большие тяговооруженность, экономичность и эксплуатационную технологичность, а также позволяет увеличить интенсивность парашютных прыжков в аэроклубах ДОСААФ и продолжительность полетов при выполнении авиационных работ.

Таким образом, эксплуатация легких многоцелевых самолетов ТВС-2МС, оснащенных ТВД семейства Garrett AiResearch ТРЕ331, является целесообразной и перспективной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ан-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Ан-2>. – Дата доступа: 01.11.2021.
2. Модернизация Ан-2 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sibnia.ru/projects>. – Дата доступа: 16.11.2021.
3. Радченко, И. В. Самолет Ан-2 / И. В. Радченко, В. П. Крамчанинов, В. П. Дубринский. – М. : Транспорт, 1974. – 456 с.
4. Лабазин, П. С. Авиационный двигатель АШ-62ИР / П. С. Лабазин. – М. : Транспорт, 1972. – 383 с.
5. АШ-62 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/АШ-62>. – Дата доступа: 01.11.2021.
6. Руководство по летной эксплуатации самолета Ан-2. – М. : Воздушный транспорт, 1984. – 95 с.
7. Самолет ТВС-2МС. Руководство по летной эксплуатации. – М. : ФГУП «СибНИА им. С.А. Чаплыгина», 2015. – 318 с.
8. Самолет ТВС-2МС. Руководство по технической эксплуатации. – М. : ФГУП «СибНИА им. С.А. Чаплыгина», 2016. – 533 с.
9. ТРЕ311. Инструкция для пилота. – М. : Honeywell International Inc., 2009. – 117 с.
10. Причиной декабрьской авиакатастрофы в Нарьян-Маре стали конструктивные особенности ТВС-2МС [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://nao24.ru/proishestviya/7055-prichinoy-dekabrskoy-aviakatastrofy-v-naryan-mare-stali-konstruktivnye-osobennosti-tvs-2ms.html>. – Дата доступа: 14.11.2021.

УДК 629.7.03

Д.Е. Бельская, Д.В. Песоцкий, Н.И. Пучко

Белорусская государственная академия авиации

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГАЗОТУРБИНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ: ТУРБОВИНТОВОГО, ТУРБОВИНТОВЕНТИЛЯТОРНОГО И ДВУХКОНТУРНОГО В ПЛАНЕ ИХ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В статье сравниваются три типа двигателей: турбовинтовой (ТВД), турбовинтовентиляторный (ТВВД) и двухконтурный (ТРДД). В результате сравнительного анализа определяются области применения указанных двигателей. Выбор типов двигателей обусловлен тем, что ТВД и ТРДД являются наиболее распространенными, а ТВВД можно считать дальнейшим развитием ТВД.

Экономичность – один из главных критериев при выборе силовой установки. При этом важна и скорость полета. Экономичность ТВД значительно выше, но тяговая эффективность с ростом скорости падает и при числе M полета выше 0,7 просто обваливается. Причиной является воздушный винт, от работы которого зависит тяговый (полетный) КПД ТВД. Винт также теряет эффективность на больших окружных скоростях. С этим пытаются бороться путем увеличения количества лопастей винта. Такой способ позволяет реализовать ту же мощность при меньших скоростях вращения ротора винта, но это влечет за собой рост лобового сопротивления, усложнения балансировки и обслуживания винта, достаточно быстро наступают проявления волнового кризиса, выражающиеся в росте волнового сопротивления и потери эффективности винта. Скорости применения ТВД из соображений лучшей экономичности – это относительно небольшие дозвуковые – около 600–700 км/ч. Главная область применения – пассажирские и транспортные самолеты, как в коммерческой, так и в военной авиации.

Появление турбореактивного двухконтурного двигателя значительно сократило разрыв в параметрах между турбовинтовым и турбореактивным двигателями. ТРДД с большой степенью двухконтурности, иначе турбовентиляторные двигатели, обладая достаточно высокой тягой при значительно лучшей, чем у ТРД топливной эффективности, позволили совершать экономичные крейсерские полеты на больших дозвуковых скоростях.

Повышение степени двухконтурности способствует возрастанию тягового КПД двигателя за счет снижения потерь с выходной скоростью. Однако заметное улучшение экономичности ТРДД при увеличении степени двухконтурности может быть достигнуто только при оптимальном или близком к нему распределению работ между контурами. Внутренний КПД двухконтурного двигателя ниже, чем у одноконтурного (из-за потерь во втором контуре). Но увеличение параметров рабочего процесса, при условии сохранения высоких КПД элементов, приводит к некоторому росту внутреннего КПД двигателя. В итоге повышается полный КПД двигателя и снижается удельный расход топлива на дозвуковых скоростях.

С другой стороны, увеличение степени двухконтурности неизбежно приводит к уменьшению удельной тяги двигателя, а вследствие этого увеличивается и расход воздуха, требуемый для получения заданной тяги. Это вызывает увеличение габаритных размеров и, в первую очередь, миделя таких ТРДД. Уменьшение удельной тяги приводит к возрастанию удельного расхода топлива уже при скоростях полета, близких к скорости звука. По своему расходу топлива они все же не могли конкурировать с ТВД в области сравнительно низких дозвуковых скоростей.

ТВВД более экономичен в этом диапазоне скоростей по сравнению с ТРДД. Воздушный винт в соответствии со скоростным предназначением стал многолопастным с широкохордными лопастями особого профиля. Газогенератор получил более высокие параметры рабочего процесса. Винтовентилятор отличается от обычного винта ТВД тем, что эффективно работает с достаточно высоким КПД (не менее 0,8) до числа M полета не менее 0,8–0,85. Это достигается двумя путями. Во-первых, снижается окружная скорость, что благотворно влияет на обтекание законцовок лопастей. Во-вторых, меняются аэродинамические характеристики лопастей в целом в плане улучшения их обтекания при относительно высоких числах M полета (более приемлемая относительная скорость лопастей). Окружная скорость снижается с помощью увеличения количества лопастей. Их может быть 8–12 штук и даже более против 3–5 у обычного ТВД. Этот же способ позволяет значительно уменьшить диаметр винта и его массу до 40–50 %. При этом удельная мощность, снимаемая с 1 м^2 площади, ометаемой винтом, может быть увеличена в 2,5–3 раза по сравнению с одинарным винтом ТВД. Используются тонкие (относительная толщина около 0,02), сверхкритические или специально разработанные профили. Это позволяет затянуть волновой кризис на большие числа M потока. Сама лопасть выполняется саблевидной (по принципу ятагана), то есть с переменной по размаху стреловидностью. В результате такого рода мероприятий получается воздушный винт с КПД до 0,83–0,86 при скорости полета около 0,8 M . А по некоторым (рекламным) данным эта величина может достигать до 0,9 и даже выше.

Однако ТВВД более шумные, чем ТРДД и ТВД. Главный источник шума – лопасти.

Таким образом, области применения по числам M полета различных типов двигателей в соответствии с их экономичностью (с учетом внутреннего и тягового КПД) можно представить в виде графика, изображенного на рисунке 1, где экономичность ТРДД с $m = 6$ принята за единицу (m – степень двухконтурности).

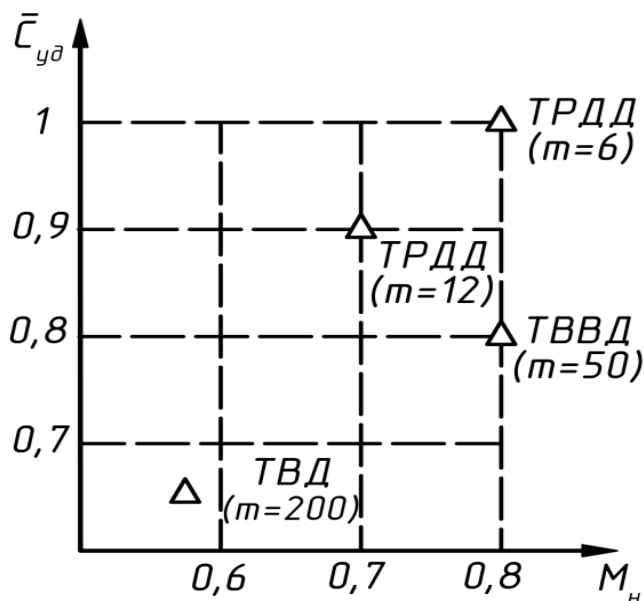


Рисунок 1 – Области применения двигателей

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иноземцев, А. А. Газотурбинные двигатели / А. А. Иноземцев, В. Л. Сандарский. – Пермь : Авиадвигатель, 2006. – 1204 с.
2. Теория авиационных двигателей : в 2 ч. / Ю. Н. Нечаев [и др.]. – М. : ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2006. – Ч. 1. – 366 с.
3. Теория реактивных двигателей (рабочий процесс и характеристики) / под ред. Б. С. Стечкина. – М. : Оборонгиз, 1958. – 533 с.
4. Теория двухконтурных турбореактивных двигателей / С. М. Шляхтенко [и др.]. – М. : Машиностроение, 1975. – 568 с.
5. Тихонов, Н. Т. Теория лопаточных машин авиационных газотурбинных двигателей : учебное пособие / Н. Т. Тихонов, Н. Ф. Мусаткин, В. Н. Матвеев. – Самара : СГАУ, 2001. – 155 с.
6. Голубев, В. А. Расчет высотно-скоростных характеристик двухконтурных двухвальных ТРД / В. А. Голубев. – М. : МАИ, 1976. – 87 с.
7. Теория авиационных двигателей. Термодинамический анализ рабочего процесса ГТД прямой реакции / сост. Н. И. Пучко. – Минск : БГАА, 2015. – 55 с.

УДК 629.048.3

В.К. Вершинин, Р.Ю. Уневский, А.С. Фимушин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА И ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

С развитием мировой авиации стали появляться новые требования к воздушным судам нового поколения, что поставило перед инженерами авиации ряд задач, которые требуют поиска новых подходов. Для решения проблем: экологичности, стоимости и топливной эффективности, ведущие конструкторские бюро разрабатывают новые схемы энергетической системы самолета.

В данный момент на самолетах нынешнего поколения используются три энергетические системы: система электроснабжения, гидравлическая система, пневматическая система. Данное построение бортовой системы энергоснабжения не подходит для самолетов нового поколения, из-за существенных затрат на эксплуатацию и сложности интеграции бортового оборудования.

Система кондиционирования воздуха является одной из наиболее энергоемких систем самолетного оборудования. Мощность, отбираемая от силовой установки на обеспечение функционирования системы, может достигать 500–600 и более кВт. Поэтому повышение эксплуатационной экономичности системы кондиционирования воздуха при сохранении необходимого уровня показателей надежности, безопасности и комфорта являются в настоящее время одной из актуальных задач.

Отметим, что в традиционных системах кондиционирования воздуха мощность, отбираемая от авиационного двигателя, заметно превышает мощность, необходимую для системы кондиционирования (параметры отбираемого от двигателей воздуха на нужды системы кондиционирования воздуха не являются оптимальными). Поэтому в традиционной системе кондиционирования воздуха предусмотрена специальная подсистема отбора воздуха, которая ограничивает чрезмерно высокие значения параметров воздуха и обеспечивает необходимые для системы кондиционирования воздуха уровни температуры и давления воздуха на выходе из подсистемы отбора воздуха [1].

С энергетической точки зрения указанная предварительная подготовка воздуха в подсистеме отбора воздуха приводит к значительным потерям мощности авиадвигателя, что качественно показано на рисунке 1.

Оценки, полученные при разработке систем самолета В-787, показали, что исключение отбора сжатого воздуха от компрессора двигателя позволяет снизить на 35 % мощность, отбираемую от двигателя, что обеспечит уменьшение расхода топлива на крейсерском режиме полета на 1–2 %.

Очевидно, что при использовании автономных компрессоров с соответствующими электроприводами, мощность электропривода на всех режимах соответствует значению, которое необходимо для обеспечения функционирования системы кондиционирования.

В этом случае, из состава СКВ исключается ПОВ, включающая в свой состав агрегаты из тяжелых жаропрочных конструкционных материалов (предварительный теплообменник, запорно-регулирующее устройство, регулятор избыточного давления, обратные клапаны), соответствующие датчики, сигнализаторы, арматуру, трубопроводы из титановых сплавов.

Достижимый положительный эффект от использования электрифицированных систем:

- система кондиционирования воздуха, компрессоры с приводом от электродвигателей обеспечивают наддув пассажирского салона. На вход электрического компрессора подается забортный воздух, при этом ликвидируется отбор горячего воздуха от авиационного двигателя.

- противообледенительная система крыла самолета, воздушные магистрали, подававшие горячий воздух от авиадвигателя, заменяются электрическими агрегатами. Предусматривается электрическая система контроля работоспособности системы.

Электрификация системы кондиционирования воздуха должна обеспечить:

- снижение потерь мощности до 30 %;
- сокращение массы трубопроводной системы и агрегатов на 20–30 %;
- сокращение расхода топлива на 1–2 %;
- повышение надежности СКВ;
- снижение затрат на техническое обслуживание;
- повышение уровня комфорта пассажиров.

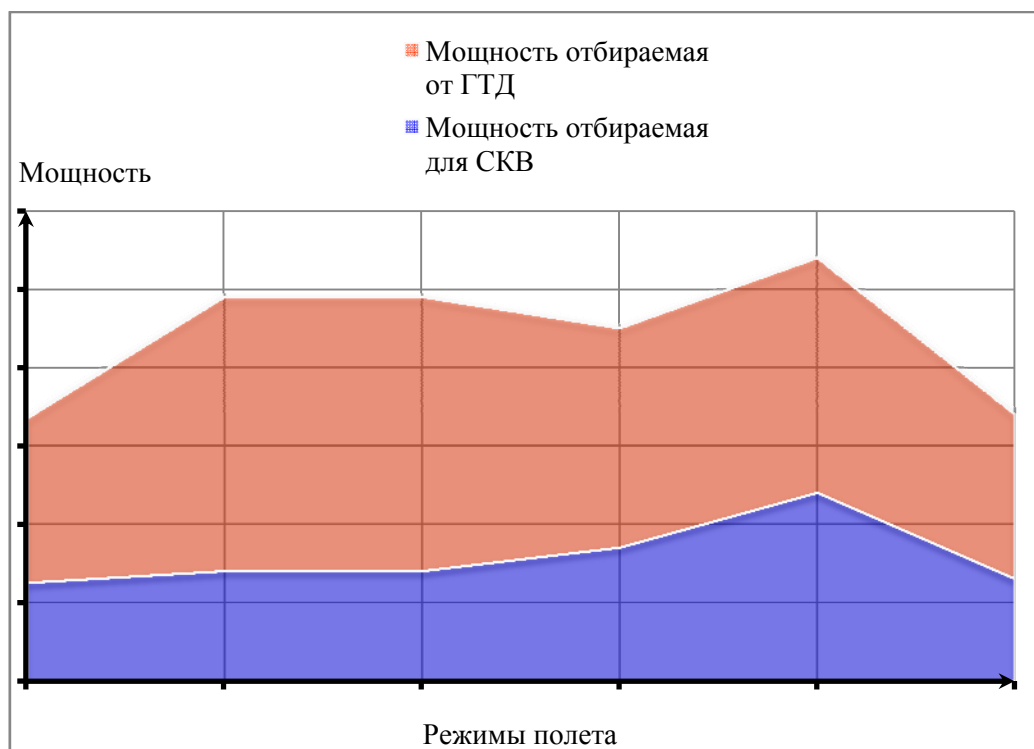


Рисунок 1 – Изменение мощности отбираемого сжатого воздуха и мощности, необходимой для СКВ, на различных режимах полета

В целом эффективность предлагаемых электрифицированных систем обеспечивается:

- снижением номенклатуры комплектующих системы за счет ее оптимизации;
- улучшением использования энергии на борту за счет более высокого коэффициента полезного действия электрооборудования по сравнению с пневмооборудованием, применения адаптивных к режимам полета электронных систем управления, исключения отбора воздуха от компрессора авиадвигателя, исключения привода постоянной частоты вращения;
- снижением вероятности отказов за счет исключения малонадежных пневмомагистралей и перехода на высоконадежные системы распределения электрической энергии.

К основным преимуществам данной системы кондиционирования воздуха относятся:

- при разработке и производстве самолета:
 - уменьшение затрат на разработку и изготовление;
 - снижение объема летных испытаний;
 - упрощение авиадвигателя и бортового оборудования;
 - уменьшение стоимости бортовых систем и самолета в целом.
- в эксплуатации:
 - существенное повышение надежности самолета;
 - упрощение структуры и снижение стоимости эксплуатации;
 - уменьшение затрат энергии при наземной подготовке;
 - снижения времени простоев, более высокая степень использования самолета.

Переход от различных видов энергии в ЛА к электрическим, в конечном итоге, обеспечит улучшенные аэродинамические характеристики самолета, увеличит дальность полета, снизит массу двигателя и техники, уменьшит массу топлива, улучшит режим работы силовой установки и т. д.

Реализация применения электрифицированных противообледенительной системы и системы кондиционирования воздуха приведет к:

- снижению потребления топлива (8–12 %);
- снижению полной взлетной массы (6–10 %);
- снижению прямых эксплуатационных расходов (5–10 %);
- снижению стоимости жизненного цикла (3–5 %);
- увеличению среднего налета на отказ (5–6 %);
- снижению времени технического обслуживания (4–4,5 %).

В заключение можно отметить, что применение электрифицированных системы кондиционирования воздуха и противообледенительной системы воздушного судна позволит уменьшить отбор мощности от двигателя на создание благоприятных условий в кабине экипажа или пассажирском салоне, а так же и на обогрев поверхностей планера самолета, что в свою очередь уменьшит расход топлива, тем самым повысив экономичность использования воздушного судна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воронович, С. А. Наука и технология / С. А. Воронович, В. С. Каргопольцев. – М. : Авиапанорама, 2009. – 57 с.

УДК 533.695.9

И.И. Вершинин, И.К. Макаров

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА САМОЛЕТА-НОСИТЕЛЯ, ПУТЕМ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ

Одним из способов увеличения дальности и продолжительности полета авиационного комплекса (АК) является увеличение его аэродинамического качества на всех эксплуатационных режимах за счет снижения силы лобового сопротивления или увеличения подъемной силы. Немалый вклад в изменение величины аэродинамического качества АК вносит изменение продольного положения авиационного средства поражения (АСП), расположенного под крылом или фюзеляжем самолета-носителя. Проведенные исследования в этой области [1, 2, 3] демонстрируют возможность увеличения аэродинамического качества АК на 12 % при оптимальном продольном расположении АСП. Причина такого влияния положения АСП на аэродинамическое качество АК заключается в их интерференционном взаимодействии, величина которого зависит от режима полета, их геометрических характеристик и взаимного расположения [4, 5]. На рисунке 1 представлена картина обтекания сверхзвуковым потоком самолета-носителя с крупногабаритной ракетой под фюзеляжем при ее переднем $b = 0,2$ и заднем $b = 0,6$ положениях.

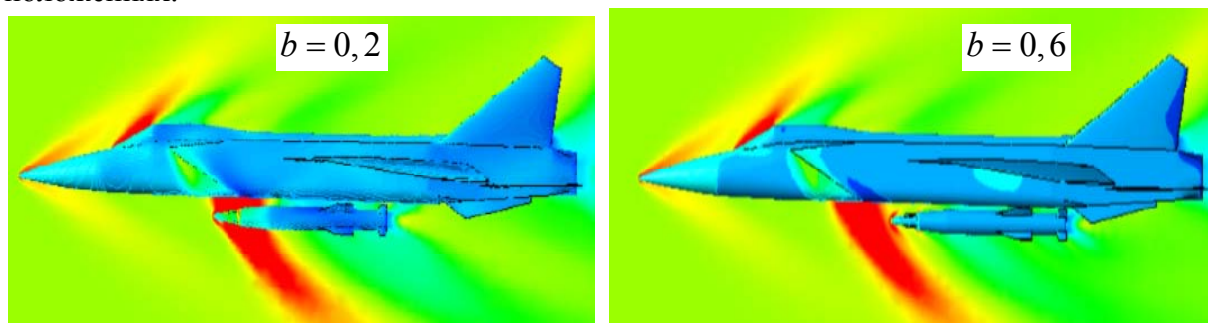


Рисунок 1 – Картина обтекания сверхзвуковым потоком самолета-носителя с крупногабаритной ракетой под фюзеляжем при ее переднем и заднем положениях

Для определения оптимального положения различных типов АСП с учетом вышеизложенных факторов, влияющих на величину интерференционных сил, необходимо проведение большого количества натурных испытаний в аэродинамических трубах и летных испытаний, требующих больших финансовых, временных и трудовых затрат, наличия испытательной материальной базы. В качестве альтернативы возможно применение математического моделирования, на основе которого выполняются расчеты аэродинамических характеристик АК с различными типами АСП и их продольными положениями, создается и корректируется система автоматического управления подвижными узлами крепления АСП, а также решаются вопросы объемно-массовой компоновки подвижных точек крепления АСП, исполнительных механизмов и управляющих устройств.

В рамках изложенного направления на кафедре авиационных комплексов и конструкции летательных аппаратов разрабатывается имитационная модель подвижного пилона для крепления авиационного вооружения. В качестве объекта исследования выбран авиационный комплекс «Кинжал», включающий самолет-носитель – МиГ-31 и гиперзвуковое крупногабаритное авиационное вооружение.

Разработанная имитационная модель подвижного пилона состоит из:

- натурной модели самолета-носителя с размещенными под фюзеляжем и консолью крыла подвижными узлами крепления АСП, как представлено на рисунке 2;
- системы управления подвижными площадками, разработанная в среде математического моделирования Matlab&Simulink, которая учитывает оптимальные с точки зрения аэродинамического качества АК положения подкрыльевого и подфюзеляжного АСП, как представлено на рисунке 3;
- микроконтроллера Arduino Nano, обеспечивающий перемещение в продольном направлении подвижных узлов крепления АСП от управляющих сигналов;
- кадра для многофункционального цифрового индикатора (МФЦИ), разработанного в программе Flash Professional и демонстрирующего текущие положения АСП, а также параметры полета самолета-носителя, как представлено на рисунке 4.

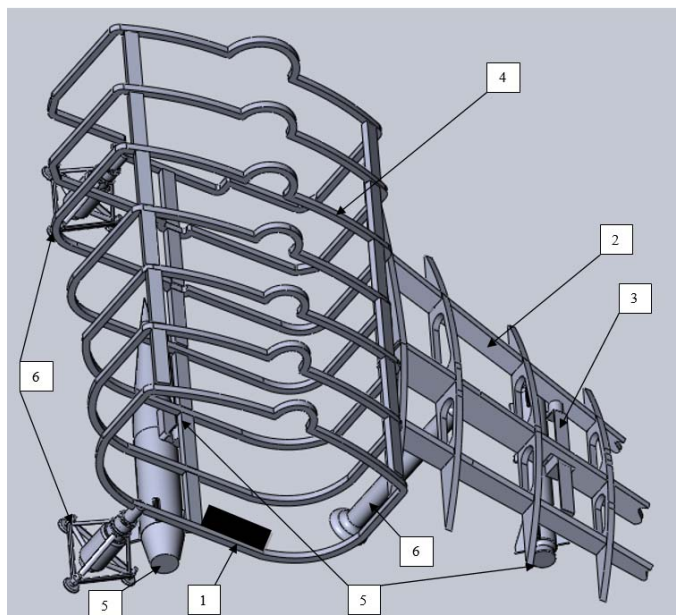


Рисунок 2 – Натурная модель самолета-носителя с размещенными под фюзеляжем и консолью крыла подвижными узлами крепления АСП: 1 – микроконтроллер Arduino Nano; 2 – консоль крыла самолета-носителя, состоящая из продольного и поперечного силового набора; 3 – подвижные узлы крепления АСП; 4 – фюзеляж самолета-носителя, состоящий из продольного и поперечного силового набора; 5 – авиационные средства поражения; 6 – опорные элементы каркаса, обеспечивающие его продольную и поперечную устойчивость

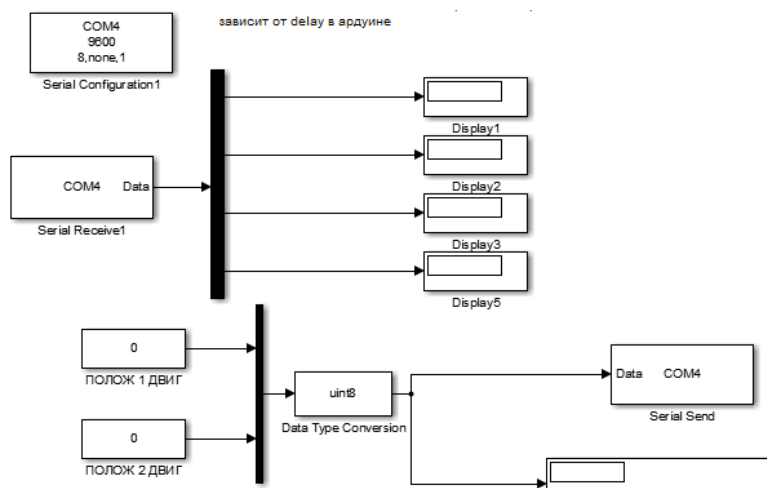


Рисунок 3 – Система управления подвижными площадками, разработанная в среде математического моделирования Matlab&Simulink

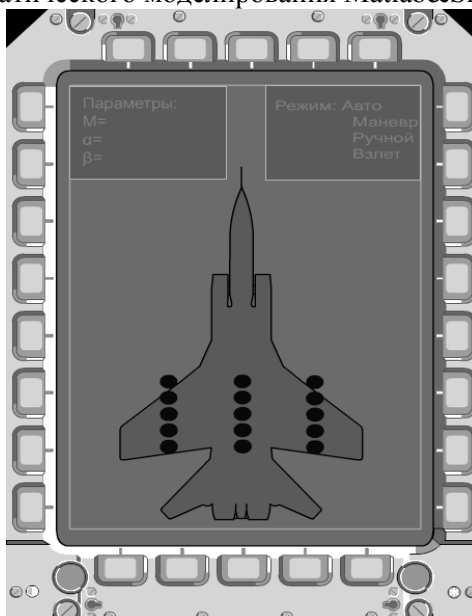


Рисунок 4 – Кадр для многофункционального цифрового индикатора

Разработка имитационной модели подвижного пилона для крепления авиационного вооружения позволит отработать систему автоматического продольного управления подвижными площадками для крепления АСП с учетом их оптимальных положений с точки зрения аэродинамического качества АК; оценить эргономику информационных элементов, расположенных в кадре МФИ, сформировать базу аэродинамических характеристик системы самолет-АСП для определения оптимальных с точки зрения аэродинамического качества продольных положений АСП с учетом различных эксплуатационных режимов полета самолета-носителя, а также различных типов вооружения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Верещиков, Д. В. Методика оценки оптимального с аэродинамической точки зрения положения внешней подвески и ее рулевых поверхностей в условиях аэродинамической интерференции с самолетом-носителем при сверхзвуковых скоростях полета / Д. В. Верещиков,

И. К. Макаров, В. И. Киселев // XIX Международная науч.-техн. конф. и школа молодых ученых, аспирантов и студентов (АКТ-2018) : сб. научно-методических материалов, г. Воронеж, 2018. – Воронеж, 2018. – С. 25–35.

2. Верещиков, Д. В. Актуальность оптимального размещения крупногабаритной ракеты на самолете-носителе при сверхзвуковых скоростях полета / Д. В. Верещиков, И. К. Макаров, В. И. Киселев // Молодежные чтения, посвященные памяти Ю. А. Гагарина : сб. научно-методических материалов V науч.-практич. конф., г. Воронеж, 17 мая 2018 г. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – С. 115–119.

3. Верещиков, Д. В. Расчет оптимального взаимного расположения сверхзвукового самолета и крупногабаритной ракеты / Д. В. Верещиков, И. К. Макаров, В. И. Киселев // Инновационные технологии в образовательном процессе : межвуз. сб. науч. трудов Всероссийской науч.-практич. конф., г. Краснодар, 2018. – Краснодар, 2018. – С. 25–30.

4. К вопросу оценки величины интерференционных сил между крылом самолета и авиационным средством поражения при числах $M > 1$ / Д. В. Верещиков [и др.]. – Таруса : Авиакосмические технологии, 2014. – 160 с.

5. Верещиков Д. В. Расчет суммарных аэродинамических характеристик авиационных средств поражения с помощью программного комплекса ANSYS / Д. В. Верещиков, С. Н. Салтыков, И. К. Макаров // Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации : 3-я междунар. науч.-техн. конф., г. Минск, 2018. – Минск, 2018. – С. 47–48.

УДК 629.7

А.С. Гулецкий, А.А. Григорьева, З.В. Машарский

Белорусская государственная академия авиации

АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИАГНОСТИКИ АВИАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ

Для определения технического состояния и возможности дальнейшей эксплуатации силового электрооборудования воздушных судов необходимо производить его техническую диагностику [1]. Применительно к авиационным электродвигателям наиболее подходящим является спектральный анализ потребляемых напряжений и токов [2, 3], который целесообразно выполнять без съема электродвигателя с воздушного судна, а в процессе его нормальной эксплуатации. При этом полный набор операций диагностирования имеет смысл разделить на два этапа: измерение и фиксация потребляемых токов и напряжений (первый этап) и анализ полученных данных (второй этап).

Для измерения токов трехфазных электродвигателей необходимы три трансформатора тока с отдельными магнитопроводами, а для измерения токов двигателей постоянного тока – шунт. Три фазных тока трехфазных электродвигателей для упрощения последующего анализа необходимо преобразовать в составляющие модуля вектора Парка [4]. Такая операция может быть выполнена программно, а при разделении на два этапа имеет смысл выполнить ее аппаратно в соответствии с уравнениями преобразования трехфазной системы токов в двухфазную. Затем уровни полученных токов и напряжений необходимо согласовать с допустимыми входными токами и напряжениями аналого-цифровых преобразователей, произвести с их помощью преобразование аналоговых сигналов токов и напряжений в цифровые коды и полученные результаты записать в оперативной памяти переносного компьютера и энергонезависимом устройстве хранения информации.

На втором этапе полученная информация в лабораторных условиях обрабатывается программно-аппаратным комплексом с разложением токов и напряжений в ряд Фурье и построением их спектрограмм, на которых при наличии определенных электрических, механических или иных неисправностей появляются характерные частоты спектра [2].

Таким образом, для диагностики авиационных электродвигателей в условиях эксплуатации целесообразно разработать переносной комплект, в котором предусмотреть: устройства для измерения постоянных и переменных напряжений и токов, преобразователь трехфазных токов и напряжений в двухфазную систему модулей векторов Парка, согласующие устройства, аналого-цифровой преобразователь, переносной компьютер, энергонезависимый хранитель информации. Для обработки и анализа полученных данных необходим лабораторный программно-аппаратный комплекс, обеспечивающий построение и анализ спектрограмм потребляемых токов и напряжений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Войцехович, Е. Методология и практика реализации модели синхронной модернизации / Е. Войцехович // Наука и инновации. – 2019. – № 9. – С. 35–42.
2. Контроль состояния и диагностика машин. Сигнатурный анализ электрических сигналов трехфазного асинхронного двигателя : ГОСТ ISO 20958. – М. : Стандартинформ, 2019. – 29 с.
3. Сафин, Н. Р. Совершенствование методики токовой диагностики асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором : автореф. дис. ... канд. техн. наук / Н. Р. Сафин. – Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2017. – 152 с.
4. Петухов, В. С. Диагностика электродвигателей. Спектральный анализ модулей векторов Парка напряжения и тока / В. С. Петухов. – Новости электроники. – 2008. – № 1 (48). – С. 19–24.

УДК 629.735.33

И.И. Завялик, Е.В. Фетисов, И.В. Ломакин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОТКАЗНОСТИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО СУДНА С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Безотказность топливной системы (ТС) является одной из главных составляющих надежности воздушного судна военного назначения (ВС ВН), потому что она обеспечивает правильную работу силовой установки (СУ). Анализ эксплуатации ВС ВН в различных условиях вскрыл особенности природно-климатического характера, оказывавшие негативное влияние на работоспособность авиационных двигателей (АД), топливо-регулирующей аппаратуры (ТРА) и агрегатов ТС. Особенно это характерно для регионов со следующими климатическими особенностями: резко континентальный климат с большим годовым и суточным перепадом температур; влага; пыль и песок; солнечная активность и инсоляция [1]. Перечисленные факторы усложняют работу личного состава при обслуживании авиационной техники (АТ) и вызывают повышенный износ трущихся пар агрегатов ТС. Предотвращение износа трущихся поверхностей – важная часть работы по обеспечению безотказности ТС ВС ВН.

Анализ применения на ВС ВН существующих методов и устройств обеспечения чистоты ТС при изменении условий эксплуатации показывает, что ни одно из них не может в полной мере обеспечить эффективную очистку во всем диапазоне эксплуатационных факторов, а значит и требуемый уровень безотказности ТС.

Таким образом, при эксплуатации АТ мало только констатировать факт наличия загрязнений в ТС и очищать от частиц загрязнений авиационное топливо, потому что в качестве конечной цели рассматривается заданный уровень безотказности и эффективности ВС ВН. Для достижения поставленной цели необходимо:

1. Разработать методики, позволяющие более полно и качественно оценивать показатели безотказности и учитывать условия эксплуатации, что позволит уже на начальных этапах жизненного цикла вносить корректировки в режимы технического обслуживания (ремонта) ВС ВН.

2. Разработать конструктивные мероприятия, направленные на повышение качества очистки авиационного топлива, применение альтернативных способов системы очистки ТС.

ТС ВС ВН представляет собой сложную и разнородную совокупность элементов, агрегатов и систем, включая различные по степени и характеру функциональные связи. Поэтому вопрос поддержания заданного уровня безотказности ТС следует рассматривать с точки зрения исследования сложных технических систем, имеющих иерархическую структуру с различными уровнями. Безотказность ТС ВС ВН зависит от качества и чистоты применяемого авиационного топлива, а это в свою очередь требует проведения дополнительных исследований влияния условий эксплуатации на изменение функционального состояния ТС. Анализ безотказности ТС как СТС имеет свои специфические особенности. Влияние изменения условий эксплуатации ВС ВН и снижение работоспособности агрегатов системы по-разному скажутся на уровне безотказности всей системы.

В настоящее время оценка безотказности ТС ВС ВН заключается в определении значений показателей надежности исходя из статистических данных, которые учитывают факт проявления отказа и его последствия, но не позволяют оценить влияние таких внешних факторов как условия эксплуатации и применения АТ, кондиционность применяемого авиационного топлива и др., на вероятность проявления параметрических отказов и неисправностей агрегатов топливной системы. Таким образом, существующие противоречия между высокими требованиями к надежности АТ, с одной стороны, и недостаточным уровнем методического аппарата по оценке эксплуатационных свойств ВС с другой, определяют необходимость в проведении научных исследований, направленных как на повышение качества системы очистки в сложных природно-климатических условиях, так и на разработку методического аппарата оценки безотказности ТС ВС ВН.

Предлагается производить оценку безотказности ТС ВС ВН с учетом влияния условий эксплуатации на безотказность работы каждого элемента системы. Для достижения этой цели необходимо на этапе формирования математической модели функционирования ТС с учетом требований надежности использовать агрегативный способ (А – схема) [2]. При этом ТС ВС разбивается на конечное число подсистем (ТС самолета, ТС двигателя и т. д.), сохраняя при этом связи, обеспечивающие их взаимодействие. В качестве элемента А-схемы выступают агрегаты ТС, каждый из которых имеет входные, выходные и собственные параметры. При этом моделирование ТС ВС осуществляется с учетом химмотологических основ функционирования систем.

Применение предлагаемого подхода к оценке безотказности ТС ВС позволит обеспечить проведение исследования безотказности ТС при эксплуатации ВС ВН в различных природно-климатических регионах, с последующим учетом взаимного влияния агрегатов ТС на надежность ВС в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шпилев, К. М. Самолет и природно-климатические условия / К. М. Шпилев, А. Б. Круглов. – М. : Воениздат, 1972. – 176 с.
2. Советов, Б. Я. Моделирование систем : учебник для вузов / Б. Я. Советов, С. А. Яковлев. – М. : Высшая школа, 2001. – 343 с.

УДК 629.7.036

В.А. Загорский, С.А. Маяцкий, М.В. Бледных

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

**РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ
ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ
АВИАЦИОННОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ**

Рабочий процесс, протекающий в газотурбинных двигателях упрощенно описывается при помощи термодинамического цикла Брайтона/Джоуля. Идеальный цикл авиационного газотурбинного двигателя (ГТД) состоит из процессов изэнтропического сжатия воздуха во входном устройстве и компрессоре, изобарического подогрева воздуха в камере сгорания за счет сжигания в ней топливовоздушной смеси, изэнтропического расширения продуктов сгорания в турбинах и выходном устройстве, а также изобарического процесса сжатия продуктов сгорания при их охлаждении и смешении с окружающей средой. Реальный термодинамический цикл авиационного ГТД значительно сложнее идеального цикла Брайтона/Джоуля, так как протекающие в нем сложные физико-химические процессы не являются изопроцессами.

Для инженерного моделирования процессов, происходящих в ГТД и их элементах, а также для анализа изменяющихся в процессе эксплуатации характеристик этих элементов широко используется метод малых отклонений. Суть данного метода заключается в том, что при незначительных изменениях режимов работы, условий окружающей среды и геометрии проточной части ГТД происходят незначительные изменения характеристик газотурбинного двигателя [1]. Метод малых отклонений позволяет произвести упрощение исходных уравнений рассматриваемого процесса.

В основе метода малых отклонений лежит допущение о том, что отклонения аргументов и функций достаточно малы [2].

Величина отклонения Δy может быть точно определена при помощи многочлена Тейлора:

$$\Delta y = f'(x)\Delta x + \frac{1}{2!}f''(x)\Delta x^2 + \frac{1}{3!}f'''(x)\Delta x^3 \dots + \frac{1}{n!}f^{(n)}(x)\Delta x^n. \quad (1)$$

Рассмотрим изменение работы сжатия многоступенчатого осевого компрессора ТРДД с характеристиками, близкими к ТРДД ПС-90А. В качестве начальных значений примем $T_{B_0}^* = 288 \text{ К}$; $\pi_{k_0}^* = 35$; $\eta_{k_0}^* = 0,92$. Расчеты выполним для двух случаев:

Случай 1. Температура воздуха на входе в компрессор возросла на 10 % относительно начального значения $T_{B_0}^*$. Система автоматического регулирования поддерживает приведенные обороты турбокомпрессора неизменными и выполняется условие $\pi_k^* = \pi_{k_0}^* = \text{const} = 35$, КПД процесса сжатия также при этом не изменяется $\eta_k^* = \eta_{k_0}^* = \text{const} = 0,92$.

Случай 2. Температура воздуха на входе в компрессор возросла на 10 % относительно начального значения $T_{B_0}^*$. Система автоматического регулирования не поддерживает постоянные приведенные обороты турбокомпрессора. Из-за износа лопаток или загрязнения проточной части КПД процесса сжатия η_k^* снизился на 5 % относительно начального значения. Произошло снижение π_k^* на 10 % относительно начального значения $\pi_{k_0}^*$.

Представим исследуемую характеристику элемента ГТД в виде функции $y = f(x)$ (рисунок 1). В этом случае точное изменение функции y при изменении аргумента x на величину Δx составит величину Δy .

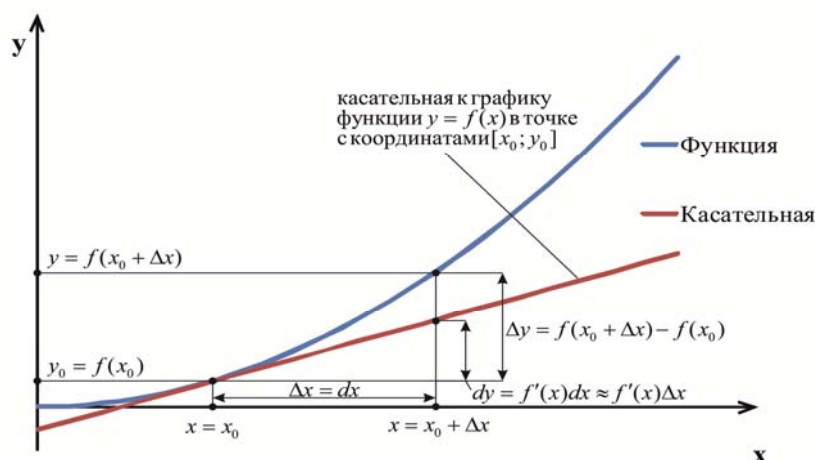


Рисунок 1 – Сравнительная оценка величин изменения функции $\Delta y = f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)$ и ее дифференциала $dy = f'(x)\Delta x$ при изменении аргумента x на величину $\Delta x = ax_0$

Таблица 1 – Определяемые величины процесса сжатия воздуха в компрессоре ГТД

Наименование величины	Соотношения для определения величин
Расчетное значение функции L_{k_0} при начальных значениях аргументов $T_B^* = T_{B_0}^*$; $\pi_k^* = \pi_{k_0}^*$; $\eta_k^* = \eta_{k_0}^*$	$L_{k_0} = 1004, 5T_{B_0}^* (\pi_{k_0}^{*0,286} - 1) / \eta_{k_0}^*$
Первая частная производная функции L_k в точке $[T_{B_0}^*; \pi_{k_0}^*; \eta_{k_0}^*]$	$\delta L_k / \delta T_{B_0}^* = 1004, 5(\pi_{k_0}^{*0,286} - 1) / \eta_{k_0}^*$; $\delta L_k / \delta \pi_{k_0}^* = 1004, 50, 286 T_{B_0}^* \pi_{k_0}^{*-0,714} / \eta_{k_0}^*$; $\delta L_k / \delta \eta_{k_0}^* = -1004, 5 T_{B_0}^* (\pi_{k_0}^{*0,286} - 1) / \eta_{k_0}^{*2}$
Дифференциал функции L_{k_0} в точке $[T_{B_0}^*; \pi_{k_0}^*; \eta_{k_0}^*]$	$dL_{k_0} = aT_{B_0}^* \delta L_k / \delta T_{B_0}^* + b\pi_{k_0}^* \delta L_k / \delta \pi_{k_0}^* + c\eta_{k_0}^* \delta L_k / \delta \eta_{k_0}^*$
Приращение аргументов	$\Delta T_B^* = aT_{B_0}^*$; $\Delta \pi_k^* = b\pi_{k_0}^*$; $\Delta \eta_k^* = c\eta_{k_0}^*$
Расчетное значение функции L_k после приращения аргументов в точке $[T_{B_0}^* + \Delta T_B^*; \pi_{k_0}^* + \Delta \pi_k^*; \eta_{k_0}^* + \Delta \eta_k^*]$	$L_k = 1004, 5T_{B_0}^* (1 + a) \frac{\pi_{k_0}^{*0,286} (1 + b)^{0,286} - 1}{\eta_{k_0}^* (1 - c)}$

Случай 1. Определим изменение удельной работы сжатия компрессора ТРДД при условиях, что:

– коэффициент изменения температуры воздуха на входе в компрессор составил: $a = 0,1$;

– коэффициент изменения степени повышения полного давления воздуха в компрессоре составил: $b = 0$;

– коэффициент изменения КПД процесса сжатия составил: $c = 0$.

Случай 2. Определим изменение работы сжатия компрессора ТРДД и погрешности метода малых отклонений при условиях, что:

– коэффициент изменения температуры воздуха на входе в компрессор составил $a = 0,1$;

– коэффициент изменения степени повышения полного давления воздуха в компрессоре составил $b = -0,1$:

– коэффициент изменения КПД процесса сжатия составил: $c = -0,05$.

Таблица 2 – Расчет характеристик компрессора ТРДД

Наименование величины	Результаты расчетов
Расчетное значение функции L_{k_0} при начальных значениях аргументов $T_B^* = T_{B_0}^*; \pi_k^* = \pi_{k_0}^*; \eta_k^* = \eta_{k_0}^*$.	$L_{k_0} = 1004,5 T_{B_0}^* (\pi_{k_0}^{*0,286} - 1) / \eta_{k_0}^* = 554824,57 \text{ Дж/кг}$
Первая частная производная функции L_k в точке $[T_{B_0}^*; \pi_{k_0}^*; \eta_{k_0}^*]$	$\delta L_k / \delta T_{B_0}^* = 1004,5 (\pi_{k_0}^{*0,286} - 1) / \eta_{k_0}^* = 1926,47 \text{ Дж/(кг} \cdot \text{К)}$ $\delta L_k / \delta \pi_{k_0}^* = 1004,5 \cdot 0,286 T_{B_0}^* \pi_{k_0}^{*-0,714} / \eta_{k_0}^* = 7103,23 \text{ Дж/кг}$ $\delta L_k / \delta \eta_{k_0}^* = -1004,5 T_{B_0}^* (\pi_{k_0}^{*0,286} - 1) / \eta_{k_0}^{*2} = -633070,19 \text{ Дж/кг}$
Приращение аргументов	$\Delta T_B^* = 0,1 T_{B_0}^* = 28,8 \text{ К}; \Delta \pi_k^* = 0,1 \pi_{k_0}^* = 3,5; \Delta \eta_k^* = 0,05 \eta_{k_0}^* = 0,046$
Дифференциал функции L_{k_0} в точке $[T_{B_0}^*; \pi_{k_0}^*; \eta_{k_0}^*]$	$dL_{k_0} = \delta L_k / \delta T_{B_0}^* \cdot 28,8 + \delta L_k / \delta \pi_{k_0}^* \cdot 3,5 + \delta L_k / \delta \eta_{k_0}^* \cdot 0,046 =$ $= 55482,46 + 24861,31 - 27741,23 = 52602,54 \text{ Дж/кг}$
Расчетное значение функции L_k после приращения аргументов в точке $[T_{B_0}^* + \Delta T_B^*; \pi_{k_0}^* + \Delta \pi_k^*; \eta_{k_0}^* + \Delta \eta_k^*]$	$L_k = 1004,5 + 1,1 T_{B_0}^* \frac{(\pi_{k_0}^{*0,286} 0,90^{0,286} - 1)}{0,95 \eta_{k_0}^*} = 612554,61 \text{ Дж/кг}$

Анализ погрешностей метода малых отклонений в случае изменения всех трех переменных показывает, что функция L_k линейно зависит от температуры на входе в компрессор и КПД процесса сжатия, следовательно, изменения этих величин не ведут к увеличению погрешностей метода малых отклонений [3].

Таким образом, по результатам анализа процесса сжатия воздуха в компрессоре ГТД методом малых отклонений удалось установить следующее:

1. При упрощенном инженерном анализе можно считать, что величина удельной работы сжатия воздуха в компрессоре зависит от трех переменных величин: от температуры воздуха на входе в компрессор, от степени повышения полного давления воздуха в компрессоре и от КПД процесса сжатия. Наибольшее влияние на работу сжатия оказывает температура воздуха на входе в компрессор. Для уменьшения ее влияния следует поддерживать приведенную частоту вращения роторов компрессора.

2. При уменьшении КПД процесса сжатия работа сжатия возрастает, а при уменьшении степени повышения полного давления воздуха в компрессоре работа сжатия уменьшается. Для учета разнонаправленного влияния этих факторов на эксплуатационные характеристики ГТД в процессе диагностики его технического состояния удобно применять метод малых отклонений, позволяющий определить влияние каждой переменной на изменение работы сжатия компрессора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антонова, А. М. Использование метода малых отклонений для анализа эффективности тринарных парогазовых установок / А. М. Антонова // Известия Томского политехнического университета. – 2013. – Т. 323, № 4. – С. 47–51.

2. Черкез, А. Я. Инженерные расчеты газотурбинных двигателей методом малых отклонений / А. Я. Черкез. – М. : Машиностроение, 1975. – 380 с.

3. Нечаев Ю. Н. Теория авиационных газотурбинных двигателей / Ю. Н. Нечаев, Р. М. Федоров. – М. : Машиностроение, 1977. – Ч. 1. – 312 с.

УДК 621.787:621.438

А.Я. Качан, С.А. Уланов, Д.В. Павленко

Национальный университет «Запорожская политехника» (г. Запорожье)

ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ ГТД ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ

Для повышения эксплуатационных характеристик деталей ГТД наибольшее распространение получили методы поверхностного пластического деформирования (ППД) [1, 2, 3, 4]. Важной задачей при проведении ППД деталей ГТД является обеспечение точности геометрических размеров и параметров поверхностного слоя их несущих поверхностей, поскольку они в условиях эксплуатации двигателя определяют его ресурс и надежность [2].

Валы ГТД упрочняют алмазным выглаживанием. В процессе алмазного выглаживания происходит холодное пластическое деформирование поверхностного слоя под действием усилия, которое прикладывается под действием наконечника.

Таблица 1 – Режимы выглаживания и пределы прочности пустотелых образцов

Материал	Диаметр образца, d , мм	Толщина стенки, $\delta_{ст}$, мм	Вид обработки	Радиус сферы алмаза, $R_{сф}$, мм	Количество	Усилия выглаживания $\frac{P_{1нар}/P_{2нар}}{P_{1вн}/P_{2вн}}$; Н	Предел прочности,	Увеличение σ_{-1} , %
Х12 НМБ-Ш	660,0	2,0	Ш	–	–	–	360	–
			АВ внутренней поверхности	3,0	1	$P_{нар} = 300$	330	-9,0 %
40ХНМ2 МА-Ш	552,0	3,5	Полирование	–	–	–	400	–
			АВ обеих поверхностей	3,0	1	$\frac{300}{250}$	480	+ 20 %
13Х11Н2В2 МФ-Ш	060,0	2,0	Ш	–	–	–	290	–
			АВ обеих поверхностей	3,0	1	$\frac{200}{200}$	320	+ 10 %
			АВ обеих поверхностей	3,0	2	$\frac{200/300}{200/250}$	360	+ 24 %
		4,0	Ш	–	–	–	275	–
			АВ обеих поверхностей	3,0	1	$\frac{200}{200}$	330	+ 20 %
			АВ обеих поверхностей	3,0	2	$\frac{200/300}{200/250}$	390	+ 42 %

Шероховатость поверхности после алмазного выглаживания находится в диапазоне от $R_a = 0,8$ до $R_a = 0,4$ мкм.

Максимальная микротвердость поверхности достигает – 370...380 МПа. В поверхностном слое детали формируются остаточные напряжения сжатия от $\sigma_{ост} = -320$ МПа до $\sigma_{ост} = -420$ МПа. Предел выносливости определяется технологическими режимами обработки и достигает 470 МПа.

Диски и сварные барабаны ротора осевого компрессора обрабатывают в псевдооживленном слое абразива (ПСА) (рисунок 1).

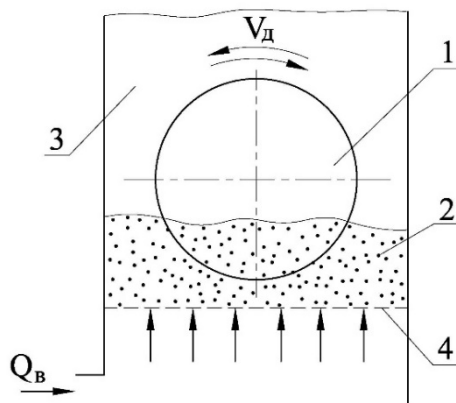


Рисунок 1 – Схема обработки дисков в псевдооживленном слое абразива

Шероховатость поверхностей после обработки ПСА достигает $R_a = 0,6 \dots 0,4$ мкм. В поверхностном слое формируются остаточные напряжения сжатия $\sigma_{ост} = 200 \dots 270$ МПа с глубиной распространения до $60 \dots 80$ мкм.

Упрочнение лопаток осевого компрессора ГТД производят на виброустановках с полторовыми контейнерами емкостью 60 л и в U-образных контейнерах емкостью до 250 л.

Виброупрочнение производят стальными шариками диаметром до 2 мм с применением антикоррозионной жидкости ГЖ – 1.



Рисунок 2 – Внешний вид виброустановок

Упрочнение лопаток шариками формирует в поверхностном слое остаточные сжимающие напряжения до 200 МПа, шероховатость поверхности до $R_a = 0,25$ мкм, глубину наклепа до 72 мкм, степень упрочнения до 12 %.

Ультразвуковое упрочнение лопаток (УЗУ) производят в специальных установках. Продолжительность обработки УЗУ зависит от геометрических размеров деталей и находится в диапазоне от 10 до 30 минут. В поверхностном слое после ультразвукового упрочнения наводятся остаточные напряжения сжатия до $380 \dots 410$ МПа, предел выносливости увеличивается на $23 \dots 40$ %.

Конструкция детали ротора осевого компрессора определяет наиболее эффективный метод упрочняющей обработки:

- для вала – алмазное выглаживание;
- для дисков – обработка в псевдооживленном абразиве;
- для лопаток – ультразвуковое упрочнение, виброупрочнение.

В поверхностном слое деталей ГТД после упрочнения формируются остаточные сжимающие напряжения, а предел их выносливости повышается в 1,57 раза.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД : монография / В. А. Богуслаев [и др.]. – Запорожье : АО «Мотор Сич», 2014. – Ч. IV : Валы ГТД. – 287 с.
2. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД : монография / В. А. Богуслаев [и др.]. – Запорожье : АО «Мотор Сич», 2011. – Ч. III : Диски компрессора и турбины. – 428 с.
3. Технологическое обеспечение эксплуатационных характеристик деталей ГТД : монография / А. Я. Качан [и др.]. – Запорожье : АО «Мотор Сич», 2017. – Ч. I : Лопатки компрессора и вентилятора. – 500 с.
4. Отделочно-упрочняющая обработка деталей ГТД : монография / В. А. Богуслаев [и др.]. – Запорожье : АО «Мотор Сич», 2005. – 559 с.

УДК 623.746.174

Д.А. Лекарев, А.В. Сенин, З.Н. Агаев

ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)

К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ВЕРТОЛЕТОВ АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ

Армейская авиация – составная часть авиации Воздушно-космических сил Российской Федерации, род авиации, предназначенный для непосредственной авиационной поддержки и обеспечения боевых действий сухопутных войск (СВ) и выполнения других специальных задач. Состоит из авиационных бригад и полков, оснащенных в основном вертолетами различного назначения.

Армейская авиация (АА) образовалась перед началом Первой мировой войны 1914–1918 гг. и получила название сухопутная авиация. Во время Гражданской войны многие авиаотряды действовали в составе общевойсковых армий. С началом Великой Отечественной войны рассредоточение авиации привело к уменьшению ее эффективности, поэтому в 1942 вся авиация была сведена в воздушные армии.

В 1948 году АА была вновь образована, когда была сформирована первая вертолетная эскадрилья Ми-1 в г. Серпухов. Первоначально вертолеты выполняли только специальные задачи – доставка почты, донесений, корректировка огня артиллерии, воздушная разведка. В дальнейшем при совершенствовании тактики, способов ведения боевых действий, вертолетов и авиационных средств поражения задачи армейской авиации расширились

В 1962 году преобразована в войсковую авиацию. Как самостоятельный род авиации в составе ВВС армейская авиация оформилась в 1972 году. В 1989 введена должность командира (начальника) Армейской авиации. В конце 1990 года Армейская авиация передана из ВВС в Сухопутные войска на правах рода войск и преобразована в Авиацию Сухопутных войск. В 1998 вновь переименована в Армейскую авиацию и подчинена начальнику Генерального штаба ВС РФ. С конца 2002 года находится в составе ВВС России.

Впервые широкомасштабный опыт боевого применения советская армейская авиация получила в Афганской войне. Там армейская авиация участвовала в 416 крупных боевых операциях, ее потери составили 333 вертолета. После распада СССР российская

армейская авиация участвовала в боевых действиях в многочисленных локальных конфликтах.

Армейская авиация помимо огневых, десантно-транспортных, разведывательных и специальных задач, решает задачи по ликвидации последствий стихийных бедствий природного и техногенного характера.

Вертолеты армейской авиации выполняют ряд задач.

Огневые задачи:

– поражение бронетанковой техники, артиллерии, живой силы противника; поражение воздушных (морских) десантов;

– обеспечение пролета десантно-транспортных вертолетов;

– авиационная поддержка войск и десанта.

Транспортно-десантные задачи:

– десантирование тактических воздушных десантов;

– обеспечение маневра и действий войск в ходе боя;

– высадка разведывательных групп;

– перевозка личного состава, эвакуация раненых.

Разведывательные задачи:

– ведение воздушной разведки, радиационной и химической разведки местности;

– воздушная разведка погоды;

– наблюдение за передним краем и полем боя.

Специальные задачи:

– корректирование огня артиллерии;

– минирование с воздуха и постановка дымовых (аэрозольных) завес;

– обеспечение управления войсками;

– поиск и спасение экипажей ЛА, терпящих бедствие.

Летный состав АА решает большой спектр задач. Экипажи ударных вертолетов типа Ми-24(35), Ми-28Н, Ка-52 выполняют воздушную поддержку наземных подразделений, выполняя задачи по авиаразведке, поддержке и нанесению огневого поражения противнику в любых метеоусловиях днем и ночью. Летчики транспортно-боевых Ми-8 обеспечивают высадку тактических групп на переднем крае и в тылу противника, оперативную переброску военной техники и вооружения на огневые позиции. Транспортировку военной техники выполняют экипажи вертолетов Ми-26.

Кроме того, большая номенклатура задач, решаемых АА, расширяется за счет участия в обеспечении запусков и посадок космических кораблей, а также в ликвидации последствий стихийных бедствий природного и техногенного характера, в том числе в труднодоступной местности.

Рассмотрим особенности выполнения специальных задач вертолетами АА в климатических условиях Арктической зоны.

Чем интересна Арктическая зона для России? Для России Арктика имеет огромное значение. В первую очередь это Северный морской путь (СМП) и крупнейшие в мире запасы углеводородов. Северный морской путь – ключевая часть инфраструктуры Крайнего Севера, связывающая восточную и западную части страны, соединяющая в единую сеть реки Сибири. Так же интересен он и для перевозки минерального сырья из арктических регионов: в прилегающих к нему районах содержится до 35 % мировых запасов нефти и газа. Северный морской путь может быть и альтернативой для перевозок между портами Европы, Дальнего Востока и Северной Америки.

Ключевыми особенностями данной климатической зоны являются:

– температура воздуха составляет в среднем минус 30 градусов по Цельсию;

– лето короткое, длится несколько дней в июле, температура воздуха от 0 до плюс 5 градусов по Цельсию;

– сильный ветер;

- трудность в тыловом обеспечении;
- сложность обустройства аэродромов базирования.

Исходя из вышеперечисленных факторов, влияющих на эксплуатацию вертолетов, можно сделать вывод, что применение штатных вертолетов, стоящих на вооружение ВКС РФ, без проведения модернизаций, направленных к адаптации к жестким климатическим условиям, невозможно. Для данной климатической зоны необходимо применять специализированные вертолеты.

Основной винтокрылой машиной в Заполярье на протяжении десятков лет остается семейство многоцелевых Ми-8 (Ми-14, Ми-17). Всего с 1961 г. построено более 17 тыс. единиц Ми-8. «Восьмерка» эксплуатируется в Сибири, на Дальнем Востоке и Крайнем Севере повсеместно: в АК «Газпромавиа», «Чукотавиа», «Ямал», «Восток», «Бурятиявиа», «СахаАвиа», «ЮТэйр», Нарьян-Марский и 2-й Архангельский ОАО, «Аэрогео», «Ангара», «Комиавиатранс», «КрасАвиа», «Турухан», а также в МЧС России и ВВС России, всего более 30 авиапредприятий. Ми-8 летают в самых суровых условиях. Так, кабина даже грузовых модификаций имеет систему отопления, позволяющую использовать вертолет для перевозки людей в сильные морозы.

Для доставки крупногабаритных грузов в настоящее время используется самый грузоподъемный вертолет в мире Ми-26. С 1977 г. было выпущено 310 таких машин. В апреле 2014 г. в восстанавливаемый на Новосибирских островах военный аэродром «Темп» с помощью этих вертолетов перебросили грейдеры, бульдозеры, машины повышенной проходимости. Ми-26Т числятся в авиапарках АК «ЮТэйр-Карго», «СКОЛ», 2-й Архангельский ОАО, «Алроса» и МЧС России. Однако самый большой парк Ми-26 стоит на вооружении ВВС России, и он продолжает постоянно пополняться. Так, вертолеты, полученные Минобороны РФ в декабре 2012 г., ни разу не подвели во время полета в суровых климатических условиях Крайнего Севера. В марте 2012 г. авиагруппа Ми-26 была передислоцирована на аэродром Тикси в Якутии.

Новейший российский вертолет Ми-38 проходит испытания для полетов в Арктике. Пилоты вертолета Ми-38 начали сертификационные испытания для расширения условий его эксплуатации, в том числе в Арктике, говорится в сообщении холдинга «Вертолеты России». Испытания проходят на Московском вертолетном заводе имени М.Л. Миля. В холдинге напомнили, что средний многоцелевой вертолет Ми-38 полностью собран из отечественных комплектующих, и отметили, что испытания помогут увеличить круг выполняемых задач Ми-38, а также позволят использовать этот вертолет в том числе и для перевозки пассажиров. Испытания предусматривают поэтапное увеличение ресурса, выполнение ряда дополнительных программ, увеличение взлетной массы и скорости полета. Разрешены также полеты в условиях обледенения и при экстремально низких и высоких температурах воздуха. В планах холдинга так же есть планы по разработке пассажирского и офшорного варианта Ми-38 и сертификация его по категории А, которая предусматривает реализацию самых жестких требований АП-29 в части перевозки пассажиров. В случае соблюдения данных условий вертолет сможет перевозить 29 пассажиров в сопровождении одного бортпроводника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Советская военная энциклопедия. – М. : Воениздат, 1976. – 620 с.
2. Черняев, А. Ю. Армейская авиация на вертолетах. 1948–2018 гг. / А. Ю. Черняев. – М. : Издательский дом Академии имени Н. Е. Жуковского, 2018. – 728 с.

УДК 658.562.3

А.А. Авершин, А.В. Лущик, С.П. Полуэктов

*ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)***МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ
ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ**

Эксплуатационная документация (ЭД) инженерно-авиационной службы (ИАС) является одним из важнейших элементов системы технического обслуживания и войскового ремонта. Государственный стандарт ГОСТ 18675–2012 устанавливает требования к комплектности, условиям поставки, построению, содержанию, изложению и оформлению эксплуатационной и ремонтной конструкторской документации на авиационную технику (АТ) и покупные изделия для нее [1]. При этом можно отметить, что эксплуатационные документы, содержащие необходимые сведения о конструкции авиационной техники, правилах и особенностях ее эксплуатации и ремонта, характерных отказах и неисправностях, в общем случае должны обладать всеми характеристиками информации, снимающими неопределенность об объекте эксплуатации. Информация обладает определенными свойствами. К основным свойствам информации можно отнести достоверность, объективность, полноту, актуальность, понятность и доступность. Однако для того, чтобы оценивать качество разработки эксплуатационной документации требуется количественно определить соответствующие качественные показатели (критерии) информации, представленной в ЭД. Адекватность информации, определяющая меру соответствия информации объекту в текущий момент времени, может выражаться в трех формах: семантической, синтаксической, прагматической [2].

Задача оценки качества ЭД и эффективности ее использования достаточно многогранная и неоднозначна при своем решении, так как связана с определением смысловой содержательности информации, с оценкой необходимости и достаточности объема содержащихся в ЭД знаний и выяснением адекватности ЭД процессам технической эксплуатации (ТЭ) АТ. Отсюда возникают трудности при разработке требований к качеству ЭД, особенно при формализации оценочных процессов и процедур. Следовательно, для количественной оценки качества ЭД требуется обоснованно ограничиться определенной номенклатурой показателей качества, которая определяется количественными характеристиками ее свойств, обеспечивающих возможность оценки уровня качества. Каждый показатель качества информации предлагается представить в виде дерева свойств [3], ограничиваясь пятью ветвями, несмотря на возможную потерю эффективности оценки качества ЭД, и количественно оценивать экспертной комиссией. Таким образом, для оценки показателей качества ЭД, с точки зрения качества информации [2], предлагается ввести следующие коэффициенты, учитывающие следующие характеристики:

- для оценки показателя репрезентативности:
 - P1 – соответствие содержания ЭД составу оборудования;
 - P2 – разнообразие форм представления информации;
 - P3 – наличие и полнота информации, обеспечивающей выполнение всех видов работ;
 - P4 – степень учета в ЭД способов и методов ТЭ АТ;
 - P5 – соответствие ЭД требованиям руководящих документов ИАС;
- для оценки показателя содержательности:
 - C1 – полнота информации об общих принципах работы изделия АТ
 - C2 – степень детализации информации, наличие и степень детализации схем изделия;
 - C3 – полнота информации о принципах взаимодействия изделия с другими изделиями;

C4 – полнота информации о правилах и порядке выполнения работ по техническому обслуживанию, ремонту, восстановлению;

C5 – полнота информации о характерных отказах и неисправностях изделия;
– для оценки показателя достаточности:

T1 – полнота информации, дополняющей теоретические знания специалистов ИАС;

T2 – полнота информации, дополняющей практические навыки;

T3 – полнота информации, дополняющей знания о принципах взаимодействия изделия с другими изделиями АТ (при необходимости);

T4 – полнота информации, дополняющей знания по техническому обслуживанию;

T5 – отсутствие «лишней» информации, не связанной с ТЭ изделия;

D1 – степень достаточности комплектов ЭД, поставляемых в авиационную часть;

D2 – степень детализации книг ЭД по специальностям ИАС, по группам обслуживания;

D3 – качество представления информации;

D4 – наличие и степень качества исполнения электронных версий ЭД. Качество исполнения электронного издания (ЭИ) ЭД оценивается по содержанию, дидактике и эргономике в соответствии с методическими рекомендациями, по экспертной оценке, качества электронных учебных изданий [4];

D5 – наличие и степень качества исполнения интерактивных учебных классов;
– для оценки показателей актуальности и своевременности:

A1 – соответствие информации современному уровню науки и техники;

A2 – соответствие информации, боевому опыту и повседневной деятельности войск;

A3 – соответствие информации оборудованию ЛА;

A4 – соответствие информации методам, способам и особенностям ТЭ АТ;

A5 – степень информационной поддержки ЭД в процессе ТЭ АТ.

Такие свойства информации, как точность, достоверность и устойчивость предлагается не оценивать отдельными показателями качества, так как данные свойства учитываются через показатели качества других выше представленных показателей ЭД.

Полученные показатели качества сводятся в матрицу, каждая ячейка которой соответствует конкретному оцениваемому показателю, как это представлено в таблице 1. Каждая частная оценка выставляется экспертом в десятибалльной системе по конкретному показателю от 1 до 10 баллов [4].

Таблица 1 – Матрица показателей качества эксплуатационной документации

Репрезентативность		Содержательность		Достаточность		Доступность		Актуальность	
коэфф.	оценка	коэфф.	оценка	коэфф.	оценка	коэфф.	оценка	коэфф.	оценка
P ₁		C ₁		T ₁		D ₁		A ₁	
P ₂		C ₂		T ₂		D ₂		A ₂	
P ₃		C ₃		T ₃		D ₃		A ₃	
P ₄		C ₄		T ₄		D ₄		A ₄	
P ₅		C ₅		T ₅		D ₅		A ₅	
$P = \frac{\sum_{i=1}^5 P_i}{5}$		$C = \frac{\sum_{i=1}^5 C_i}{5}$		$T = \frac{\sum_{i=1}^5 T_i}{5}$		$D = \frac{\sum_{i=1}^5 D_i}{5}$		$A = \frac{\sum_{i=1}^5 A_i}{5}$	
$\sum \mathcal{E} = P + C + T + D + A =$									

За каждую группу показателей (Р, С, Т, Д, А) каждым экспертом выводится средняя арифметическая оценка. Весовые коэффициенты для групп показателей предлагается не вводить, предполагая равновесное значение свойств ЭД. Суммарная оценка качества ЭД определяется как сумма баллов групп показателей $\Sigma = P + C + T + D + A$ (без округления) и оформляется актом экспертной оценки ЭД. Итоговый обобщенный показатель качества ЭД оценивается средним арифметическим частных оценок всех экспертов.

Таким образом, предложенная методика оценки качества ЭД ИАС, основанная на обобщенном показателе качества, позволяет определить степень соответствия разработанной ЭД требованиям руководящих документов, а также уровень достижения показателей качества информации, представленной в ЭД, что обеспечит повышение качества разрабатываемой ЭД.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Документация эксплуатационная и ремонтная на авиационную технику и покупные изделия для нее : ГОСТ 18675–2012. – Введ. 26.11.2012. – М., 2012. – 32 с.
2. Информатика. Базовый курс : учеб. пособие для вузов / под ред. С. В. Симоновича. – 2-е изд. – СПб. : Питер, 2006. – 640 с.
3. Чекмарев, А. Н. Квалиметрия : учеб. пособие / А. Н. Чекмарев. – Самара : Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2010. – 172 с.
4. Методические рекомендации по экспертной оценке качества электронных учебных изданий : утв. Статс-секретарем-заместителем МО РФ Н. Панковым 22 января 2019 г. – М., 2019. – 25 с.

УДК 621.373

В.В. Малеронок, В.Д. Твердый, С.Л. Соколов

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ИЗ МЕТАЛЛОВ

Магнитно-импульсная упрочняющая обработка металлов (МИО) – это способ поверхностной пластической деформации металлов и их сплавов, осуществляемый при прямом преобразовании электрической энергии в механическую непосредственно в самом обрабатываемом изделии. Деформация токопроводящих материалов происходит в результате взаимодействия импульсного магнитного поля, создаваемого внешним источником, с током, индуктируемым этим полем в обрабатываемой детали. Токи, индуцируемые магнитным полем в заготовке, не только создают в ней внутреннее магнитное поле, но и нагревают поверхность заготовки. Выделение теплоты происходит наиболее интенсивно в местах структурной неоднородности заготовки, а именно в местах, где есть дефекты кристаллической решетки, или сторонние включения (коррозия, естественное старение, деформация). Локализация тепловыделения, вызванная воздействием магнитных полей, приводит к локальной перестройке структуры, в результате которой дефекты исправляются или выталкиваются в область границ зерен, устраняются дефекты в кристаллической решетке, выравниваются внутренние напряжения и становится более однородной структура металла. В результате, значительно повышаются эксплуатационные свойства изделий [1, 2, 3].

В Физико-техническом институте НАН Беларуси сконструирован ряд установок с различным значением запасаемой энергией МИУ СФТ с максимальной запасаемой энергией 6,8кДж, МИУ-3 с максимальной запасаемой энергией 8 кДж и модернизированная МИУ-2 с максимальной запасаемой энергией 15 кДж (рисунок 1).



Рисунок 1 – Установки для МИО, разработанные в Физико-техническом институте НАН Беларуси

Рассмотрим применение МИО с целью изменения структуры поверхностного слоя и упрочнения поверхности деталей из алюминиевых сплавов [4].

Детали из алюминиевых сплавов широко применяются в авиационной технике. Прочность их уступает прочности стальных деталей и деталей из титановых сплавов. Детали из алюминиевых сплавов можно использовать и в качестве прессформ для изготовления резинотехнических изделий в авиаремонтном производстве, их реализация обходится значительно дешевле изготовления стальных прессформ. Но алюминиевые прессформы недолговечны. Увеличение их твердости поверхности дало бы возможность применения алюминиевых прессформ в мелкосерийном производстве.

На деталях из алюминиевых сплавов часто требуется чистота поверхности порядка Ra 0,8–0,6 [5]. Получить данные параметры возможно методом шлифования, однако при шлифовании деталей из алюминиевых сплавов происходит быстрое засаливание шлифовального круга.

Методика проведения эксперимента. Рассмотрим возможности МИО по получению необходимых свойств поверхностей деталей из алюминиевых сплавов: – упрочнение поверхности деталей из алюминиевых сплавов, – получения необходимой шероховатости поверхности.

Исследования микроструктуры проводились на образцах, подвергнутых магнитно-импульсной обработке поверхности: образец дюралюмина Д16 с маркировкой № 3 (5 имп., энергия импульса – 6,1 кВт);

Исследование микроструктуры проводили на световом микроскопе «MeF-3» фирмы «Reichert» (Австрия) при увеличении 100, 200, 500.

Измерение микротвердости проводилось на микротвердомере «Micromet-II» с нагрузкой 50 г. по ГОСТ 9450–76.

Съемку макроструктуры исследуемых образцов проводили с помощью цифрового фотоаппарата Canon (PowerShot SX200).

МИО деталей из алюминиевых сплавов.

Толщина измененного слоя у края поверхности на образце дюралюмина Д16 с маркировкой № 3 после магнитно-импульсной обработки составляет 0–20 мкм (рисунок 2).

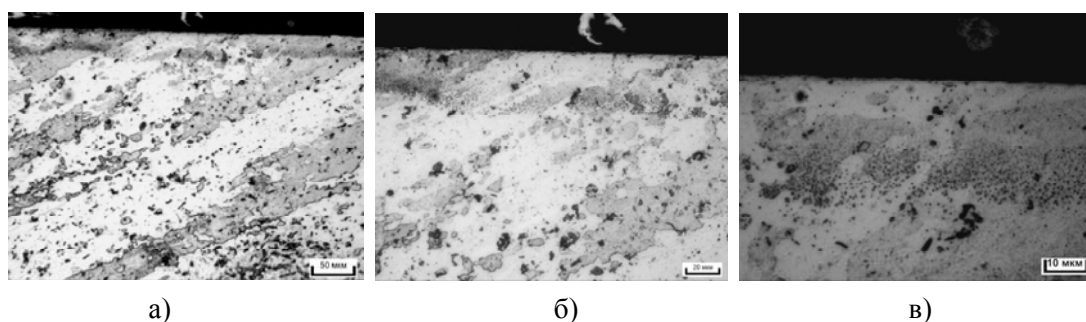


Рисунок 2 – Микроструктура образца дюралюмина Д16 с маркировкой № 3 после магнитно-импульсной обработки у края поверхности: а) x100; б) x200; в) x500

Видно, что по структуре на образце дюралюмина измененный слой у края поверхности имеет измельченную структуру. Микротвердость у края поверхности дюралюмина Д16 – 970–990 МПа, в сердцевине 900–950 МПа.

Микроструктура образца дюралюмина Д16 после магнитно-импульсной обработки в сечениях 1 и 2 (возле торца и посередине) представлена на рисунке 3.

На рисунке видно, что у края образца в двух сечениях присутствует уплотненный слой с деформированными зёрнами в виде волокон на глубину не более 20 мкм с микротвердостью, измеренной на поверхности образца, равной 700–800 МПа относительно сердцевины 500–600 МПа.

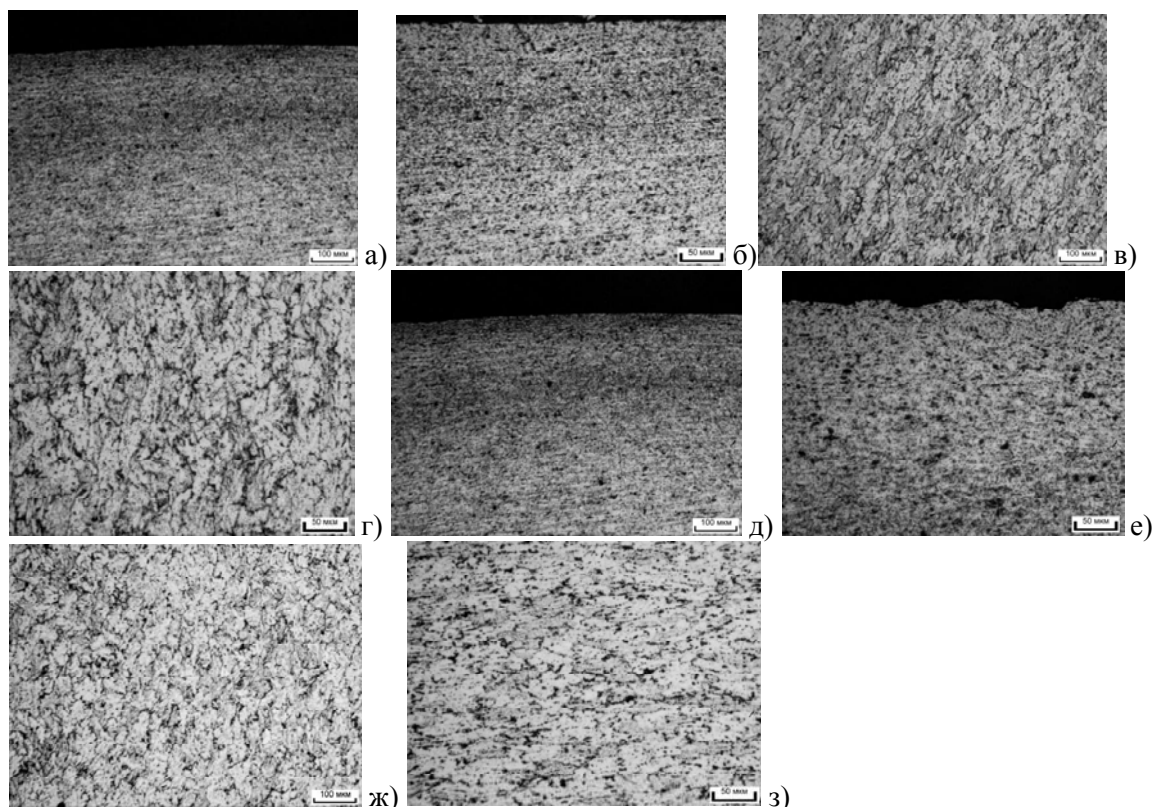


Рисунок 3 – Микроструктура образца дюралюмина Д16 после магнитно-импульсной обработки в двух сечениях:

а, б) край сечения 1 (возле торца), x50, x100; в, г) сердцевина сечения 1 (возле торца), x50, x100; д, е) край сечения 2 (посередине), x50, x100; ж, з) сердцевина сечения 2 (посередине), x50, x100

Анализ представленных данных показывает следующее:

По образцам из алюминиевых сплавов:

- наличие приповерхностного слоя с измельченной микроструктурой;
- увеличение микротвердости приповерхностного слоя;
- увеличение микротвердости приповерхностного слоя образца из сплава Д16 значительно выше, чем у образца из сплава Д16Т.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алифанов, А. В. Магнитно-импульсная упрочняющая обработка изделий из конструкционных и инструментальных сталей / А. В. Алифанов, А. В. Акулов, Ж. А. Попова. – Литье и металлургия. – 2012. – № 3. – С. 77–82.
2. Алифанов, А. В. Механизм упрочнения легированных сталей в импульсном магнитном поле / А. В. Алифанов, Ж. А. Попова, Н. М. Ционенко // Литье и металлургия. – 2012. – № 4. – С. 25–35.
3. Алифанов, А. В. Физика процесса магнитно-импульсного упрочнения стальных изделий, расчет индукторов и параметров процесса / А. В. Алифанов, Д. А. Ционенко, А. М. Милюкова // Перспективные материалы и технологии : монография : в 2 т. / под общ. ред. В. В. Рубаника. – Витебск, 2018. – Т. 2. – С. 31–53.
4. Применение магнитно-импульсной обработки для модификации поверхности и упрочнения деталей авиатехники из сплавов цветных металлов и улучшения их технологических, эксплуатационных и функциональных свойств / С. Н. Юркевич [и др.] // Актуальные проблемы прочности : монография : в 2 т. / под общ. ред. В. В. Рубаника. – Витебск, 2018. – Т. 1. – С. 406–419.
5. Шероховатость поверхности. Параметры и характеристики : ГОСТ 2789–73. – Введ. 01.01.75. – М. : Изд-во стандартов, 1975. – 15 с.

УДК 533.6.013

А.А. Мальченко, П.С. Костин

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ КОМАНДНО-ПИЛОТАЖНОГО ИНДИКАТОРА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ADOBE&FLASH

Описывается методика разработки цифровой модели командно-пилотажного прибора, созданного на основе комплексирования возможностей, представляемых программными продуктами Matlab&Simulink и Adobe&Flash с целью оценки их эффективности, на маневренных и неманевренных самолетах с помощью проведения полунатурного эксперимента на пилотажном стенде.

Современные достижения в науке и технике дают возможность (ею активно пользуются) устанавливать в кабине самолетов жидкокристаллические мониторы, на которые выводится вся необходимая экипажу для выполнения полета информация.

Возможности современного программного обеспечения позволяют на персональных ЭВМ разрабатывать информационное поле кабины, соответствующее информационному полю современных самолетов. Исходя из этого, было принято решение разработать имитационную модель командно-пилотажного прибора (КПП) для оценки эффективности индикации, применяемой на современных летательных аппаратах, путем полунатурного моделирования.

Для достижения цели исследования на основе анализа функционирования КПП необходимо:

1. Разработать цифровую модель КПП с учетом особенностей функционирования подвижных элементов индикации.

2. Разработать алгоритмы управления всеми элементами индикации КПП, которые зависят от режима полета (тангажа, крена, числа Маха и др.).

По результатам анализа КПП следует отметить, что на информационное поле прибора выносятся информация о пространственном положении самолета (крен, тангаж), а также о том, какое положение самолета (по крену и тангажу) необходимо выдерживать, чтобы следовать по заданному маршруту.

В рамках создания цифровой модели КПП был использован программный продукт Adobe&Flash, в котором были выполнены основные операции по разработке цифровой модели (ЦМ) КПП сверхзвукового самолета с изменяемой стреловидностью крыла (рисунок 1).

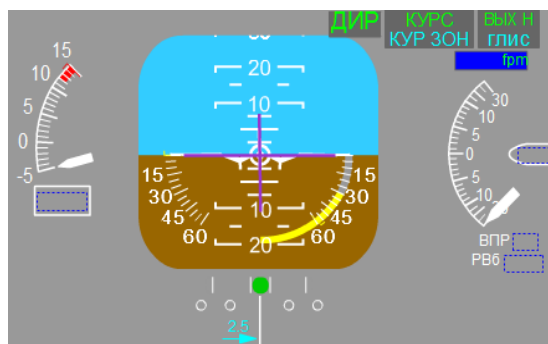
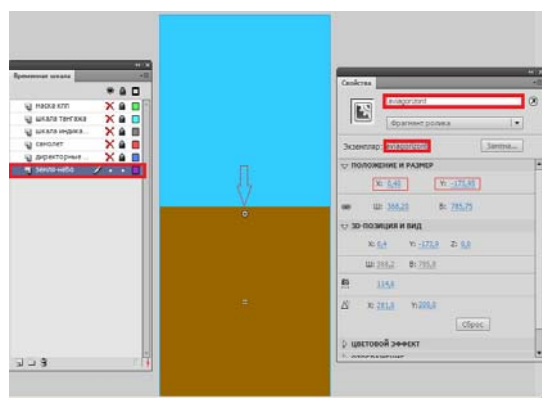


Рисунок 1 – Цифровая модель КПП самолета

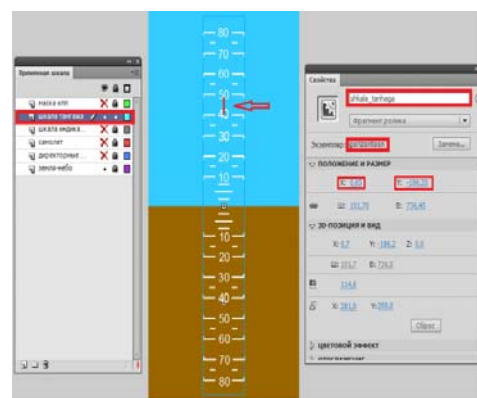
При разработке цифровой модели КПП были выполнены следующие этапы:

- создание слоя под индикатор и преобразование его в символ (далее все операции проводились непосредственно в данном слое в разных подслоях);
- создание фона «земля-небо» и преобразование его в отдельный символ;
- создание шкалы тангажа с добавлением на нее текстовой информации;
- создание шкалы крена с правильной градуировкой и соблюдением симметрии цифровых индексов, которые отображаются на шкале статично;
- создание директорных планок с выставлением центров, позволяющих им в последующем выполнять вращательное и поступательное движения;
- создание элемента «самолет» с соблюдением симметрии;
- правильное выставление центров созданных символов друг относительно друга для достижения правильной работы индикатора.

Этапы создания цифровой модели КПП представлены на рисунке 2.



а)



б)

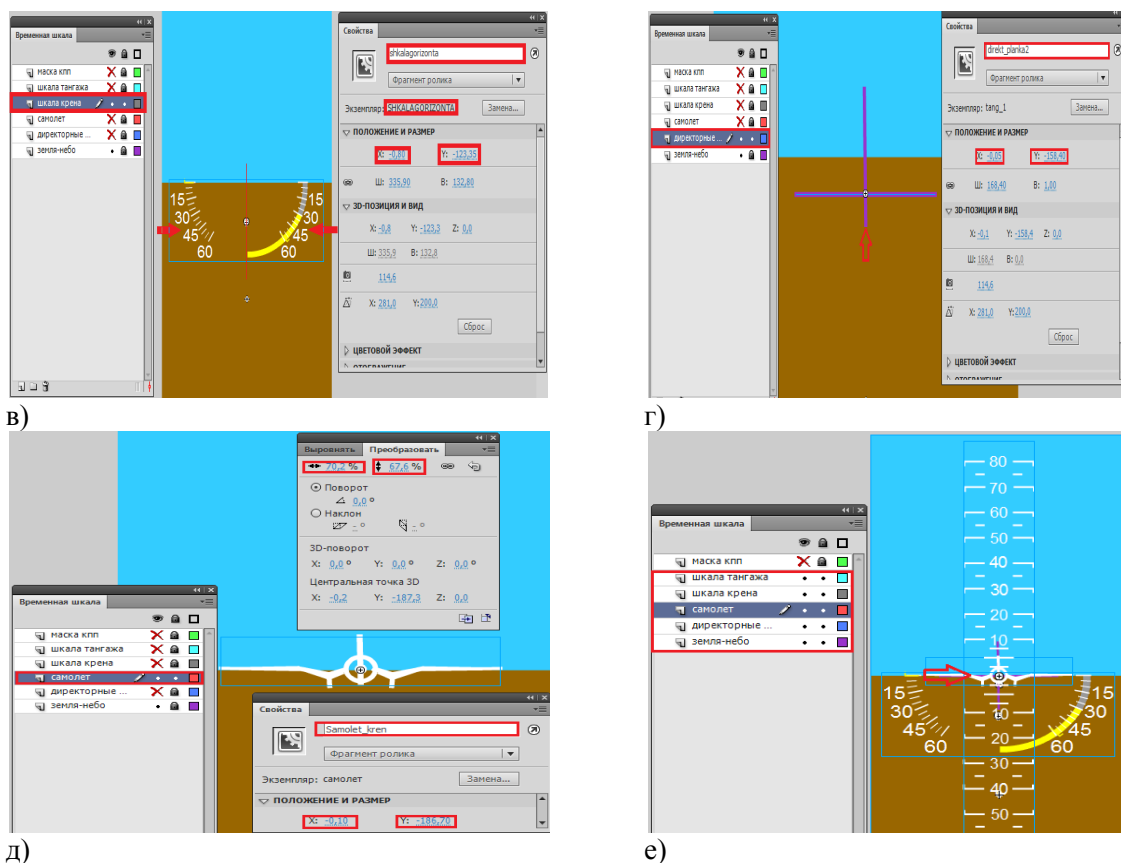


Рисунок 2 – Этапы создания цифрового индикатора КПП:
 а) создание фона «земля-небо»; б) создание шкалы тангажа; в) создание шкалы крена;
 г) создание директорных планок; д) создание модели самолета; е) объединение всех символов
 в единое целое

На завершающем этапе разработки модели КПП необходимо определить видимую область прибора, для чего в отдельном слое создается «Маска авиагоризонта», в которой прорисовывается необходимая область (рисунок 3).

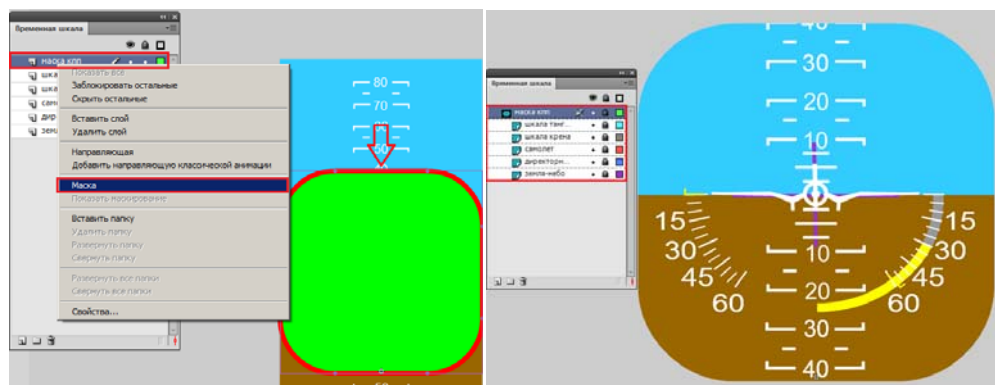


Рисунок 3 – Создание слоя «Маска авиагоризонта»

Окончательным этапом является разработка законов управления перемещением объектов на модели индикатора. Для описания движения используются два основных вида перемещения: поступательное и вращательное.

Для обеспечения движения символов ЦМ КПП был разработан программный код задающий движение индикаторной шкалы тангажа кпп, директорных планок и элемента «самолет», в котором выполняются как вращательное движение за счет команды

«rotation», так и поступательное за счет «название символа.y.название символа_sn+» (рисунок 4).

```

1 // Шкала тангажа
2 var shkala_tanhaga_sn:Number = -377.3;
3 if (f[17] >= -10 && f[17] <= 10)
4 {
5 PILOTAG_KADR.shkala_tanhaga.y = shkala_tanhaga_sn + (f[17]*5.8);
6 }
7
8 if (f[17] > 10 && f[17] <= 80)
9 {
10 PILOTAG_KADR.shkala_tanhaga.y = shkala_tanhaga_sn + (10*5.8+(4*(f[17]-10)));
11 }
12 if (f[17] < -10 && f[17] >= -80)
13 {
14 PILOTAG_KADR.shkala_tanhaga.y = shkala_tanhaga_sn + (-58+(4*(f[17]+10)));
15 }
16 // самолет
17 {
18 PILOTAG_KADR.samolet_kren.rotation = f[18]*0.8
19 }
20 // директорные планки
21 var tang_1_sn:Number = -158.4;
22 {
23 PILOTAG_KADR.direkt_planka2.y = tang_1_sn + (f[19]*1)
24 }
25 {
26 PILOTAG_KADR.direkt_planka1.rotation = (f[20]*1)
27 }

```

Рисунок 4 – Пример формирования законов перемещения элементов индикации, разработанных в ActionScript 3.0

Работа ЦМ КПП обеспечивается за счет ее интеграции с соответствующей математической моделью динамики пространственного движения самолета, разработанной в Matlab@Simulink. Связь осуществляется через UDP-протокол.

Необходимо отметить, что в настоящее время задача по созданию летчику максимально полной информационной модели полета самолета остается актуальной. Следовательно, исследования по формату и времени представления информации о режиме движения самолета будут продолжаться еще долгое время.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Верещиков, Д. В. Применение Matlab@Simulink для решения практических задач : учебное пособие по дисциплине «Прикладная информатика» / Д. В. Верещиков, Д. В. Разуваев, П. С. Костин. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 320 с.

УДК 623.74

Д.В. Морозов, М.С. Гнездилов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИЕМЛЕМОГО УРОВНЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВИАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА ПРИ СНИЖЕНИИ НАГРУЗКИ НА ОБСЛУЖИВАЮЩИЙ ПЕРСОНАЛ

Как известно, под эксплуатацией понимают стадию жизненного цикла изделия с момента принятия его эксплуатирующей организацией от завода-изготовителя или ремонтного предприятия до отправки в ремонт или списания, являющуюся совокупностью этапов ввода в эксплуатацию, приведения в установленную степень готовности к использованию по назначению, поддержания в установленной степени готовности к этому использованию, использования по назначению, хранения и транспортированию. Порядок проведения работ по технической эксплуатации и ремонту авиационных тренажеров для заданных условий с целью обеспечения показателей качества, предусмотренных нормативной документацией, определяются системой технической эксплуатации и ремонта (СТЭ и Р).

Для технических изделий, в соответствии с классификацией, определено три базовых типа СТЭ и Р: по наработке (по ресурсу), по состоянию с контролем параметров, по состоянию с контролем уровня надежности (по уровню надежности). Если перечень работ не включает профилактические работы, то имеет место система эксплуатации по состоянию с контролем уровня надежности. Остальные базовые типы СТЭ и Р предполагают проведение профилактических работ.

В настоящее время для авиационных тренажеров принята СТЭ и Р по наработке (по ресурсу). Такая система включает плановые и внеплановые работы. Плановые работы направлены на предупреждение возникновения неисправностей, а внеплановые на восстановление функциональной исправности тренажера в межрегламентный период.

Плановые работы делятся на оперативное техническое обслуживание и работы по периодическому техническому обслуживанию. Оперативное техническое обслуживание направлено на подготовку тренажера к работе и обеспечение его исправности в процессе его применения по назначению до очередного включения. Периодическое техническое обслуживание направлено на контроль технического состояния, устранение неисправностей на ранних этапах развития, предупреждение появления отказов в процессе функционирования.

Техническая эксплуатация и войсковой ремонт пилотажных и комплексных тренажеров обеспечивается техническим персоналом в составе специалистов по авиационному оборудованию, радиоэлектронному оборудованию и вычислительной технике.

Такая система обеспечивала высокую надежность функционирования авиационных тренажеров всех базовых конструкций и их модернизации. Те же авиационные тренажеры, что выработали свой ресурс, но эксплуатируются до сих пор, заводами-изготовителями рекомендовано перевести на СТЭ и Р по состоянию. При этом не оговаривается методика расчетов такой СТЭ и Р для авиационного тренажера.

Современные цифровые авиационные тренажеры имеют функциональные элементы, показатели безотказности которых выше соответствующих показателей тренажеров прежних модификаций и их модернизаций, а сами технические изделия не оказывают существенного влияния на безопасность полетов. Однако технической документацией на эти изделия по-прежнему определена СТЭ и Р по наработке (по ресурсу). И на взгляд авторов такой подход только уменьшает время непосредственного использования авиационного тренажера по назначению.

Система технической эксплуатации и ремонта по состоянию с контролем параметров также предполагает подход, при котором объем и периодичность начального контроля технического состояния устанавливается эксплуатационной документацией, а начало и объем последующего технического обслуживания определяются в зависимости от текущего технического состояния изделия.

На взгляд авторов, СТЭ и Р по состоянию с контролем уровня надежности, перечень работ которой не включает профилактические работы, позволит наиболее полно раскрыть возможности цифровых авиационных тренажеров – обеспечить необходимую эффективность их использования при снижении нагрузки на обслуживающий персонал.

Рассмотрим случай, когда о безотказности цифрового авиационного тренажера информации нет. Тогда основные параметры системы технической эксплуатации и ремонта по уровню надежности следует выбирать так, чтобы при любом распределении времени безотказной работы достигался минимум возможных потерь.

Выбирается или задается интервал времени $\tau = [0, T]$. Во время эксплуатации тренажер может отказать и при этом стоимость устранения каждого отказа, например, потери в единицу времени, составляют c_2 . Для поддержания готовности авиационного тренажера назначают проверки, потери каждой в единицу времени составляют c_1 . Совокупность проверок составляет план проверок $\{t_n\}$, под которым понимается

последовательность t_1, t_2, \dots, t_n , содержащую n моментов проверок, распределенных на τ , при этом $0 < t_1 < t_2 < \dots < t_n \leq T$. При проверке отказ можно обнаружить с вероятностью d – достоверность контроля используемых средств. Предполагается, что функция распределения времени безотказной работы авиационного тренажера $F(t)$ неизвестна. Пусть G – потери на τ . Эти потери зависят от плана проверок, что можно записать как $G(t_n)$. Тогда $M[G(t_n)]$ есть математическое ожидание потерь при $\{t_n\}$. Величина $M[G(t_n)]$ зависит от вида $F(t)$, то есть $M_F[G(t_n)]$. При неизвестной $F(t)$ наихудший случай для инженерно-авиационной службы будет тогда, когда $M_F[G(t_n)]$ является максимальным, то есть максимальная величина потерь $\mu = \max_F M_F[G(t_n)]$.

Необходимо выбрать $\{t_n\}$ так, чтобы величина потерь:

$$\mu^* = \min_{t_n} \mu = \min_{t_n} \{ \max_F M_F[G(t_n)] \}. \quad (1)$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Колодежный, Л. П. Надежность и техническая диагностика [Текст] : учебное пособие / Л. П. Колодежный, А. В. Черномаров. – М. : ВВА им. пр. Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина, 2009. – 280 с.
2. ИАО боевой подготовки и боевых действий авиации вооруженных сил и эксплуатация авиационных РЭК : учеб. пособие для ВВУЗов ВВС / под общей ред. М. С. Ярлыкова. – М. : ВВИА имени Н. Е. Жуковского, 1996. – 472 с.

УДК 621.3

А.В. Нагула, И.М. Филиппов, Д.С. Прохорычев

Белорусская государственная академия авиации

ПУТИ СИНХРОНИЗАЦИИ СВЯЗИ В АВИАСТРОЕНИИ

На воздушных судах всегда присутствует необходимость обеспечения дистанционного управления вращением синхронных валов, которые располагаются на расстоянии и не имеют механических связей. Для решения этой задачи потребуется сигнал, который будет пропорционален углу рассогласования валов. Простейшим случаем осуществления синхронной связи будет применение сельсинов. Машин переменного тока со свойствами самосинхронизации (способных на расстоянии плавно передать угол поворота вала). Передачи в сельсинах осуществляются, как и в обычных механических передачах, но крутящий момент создается между двумя валами не с помощью шестерен, а изменяемым магнитным потоком [1]. Отметим, что необходимость синхронного вращения осей несвязанных механически друг с другом, необходимо не только на воздушных судах, но и на средствах обеспечения полетов.

Устройство простейшего сельсина заключается в наличии в нем статора имеющего трехфазную обмотку с возможностью включения в цепь – звездой или треугольником и однофазную обмотку ротора. Электрически такие установки собираются между собой путем соединения одноименных выводов статора и ротора. При этом подача переменного напряжения на роторы электрических машин происходит от единого источника питания. Как следствие, при осуществлении движения ротора одного из сельсинов, происходит его синхронизация по движению с ротором второго сельсина (рисунок 1) [2].

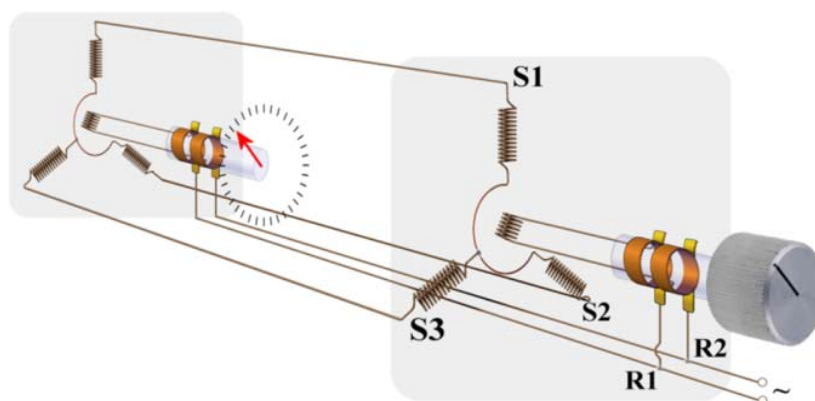


Рисунок 1 – Принцип передачи угла поворота вала сельсина-датчика на сельсин-приемник

Сельсины могут быть трехфазные силовые и однофазные, работа может осуществляться как в индикаторном, так и в трансформаторном режимах. По своему конструктивному исполнению сельсины можно разделить на контактные, обмотка ротора которых соединяется контактными кольцами и щетками и бесконтактные.

Устройство контактных сельсинов схоже с асинхронными двигателями с фазным ротором малой мощности. Обмотки у сельсина – распределенные, так как статор и ротор будут являться неявнополюсными. Источник энергии подводится к обмотке возбуждения, которая находится на роторе, с помощью двух контактных колец. Однако заметим, что контактные кольца являются одним из главных недостатков сельсинов.

Обмотки бесконтактных сельсинов находятся на статоре. Ротор состоит из ферромагнитного материала, который с помощью немагнитной алюминиевой прослойки разделен на два полюса. На торцах сельсина находятся тороидальные сердечники. Стержни внешнего магнитопровода присоединяются к внешней поверхности сердечников. ЭДС, производимая фазами обмотки синхронизации, зависит от угла поворота ротора. Однако при существовании на валу сельсина-приемника механического момента, проявляется его главнейший недостаток – низкая точность синхронизации. Для исправления этого недостатка используют вспомогательный электродвигатель, который вращает приемный вал.

Современной заменой сельсинам могут являться энкодеры. Энкодер (датчик угла поворота) – электрический аппарат, назначение которого преобразование углов поворота объекта, находящегося во вращении, в электрические сигналы на выходе, с помощью которых и происходит определение угла поворота.

Данные электрические аппараты могут подразделяться:

- по способности выдачи исходных данных – инкрементные и абсолютные;
- по принципу работы – оптические, резистивные, магнитные;
- по возможности угла поворота вала.

Преимущество магнитных энкодеров заключается в его малых габаритах, а основным недостатком является его подверженность к воздействию магнитных полей, вследствие которых возможна некорректная работа аппарата. Решить проблему устойчивости к электромагнитным полям могут оптические энкодеры, состоящие из прозрачного диска с нанесенными непрозрачными участками и узла считывания. Считывающая матрица фотодиодов находится за непрозрачной маской с прорезями, с другой стороны расположена матрица излучающих светодиодов.

Резюмируя вышесказанное, отметим, что одним из вариантов решения проблемы габаритов и массы приборов, а также повышения точности передачи углов поворота и вращения, возможно благодаря использованию энкодеров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Брускин, Д. Э. Электрические машины и микромашины : учебник для вузов / Д. Э. Брускин, А. Е. Зорохович, В. С. Хвостов. – М. : Высшая школа, 1981. – 432 с.
2. Панасюк, Г. И. Авиационные электрические машины / Г. И. Панасюк, И. А. Попов, Г. В. Привалов. – Воронеж : Издание ВВИА им проф. Н. Е. Жуковского, 1985. – 499 с.

УДК 004.94

Д.А. Нехорошев, П.С. Костин, В.С. Мельников

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕХВАТА ИСТРЕБИТЕЛЕМ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ

На боевую эффективность современного маневренного самолета оказывает влияние большое количество факторов, в том числе и маневренные характеристики, определяющие возможности самолета искривлять траекторию движения. Количественно боевая эффективность оценивается вероятностью того, что в конкретном полете поставленная задача будет выполнена. Главным показателем, оценивающим боевую эффективность истребительного боевого авиационного комплекса (БАК), является вероятность перехвата цели.

Разработанная в Matlab@Simulink математическая модель оценки влияния маневренных характеристик самолета и авиационной ракеты (n_y^u , n_y^p – нормальные перегрузки истребителя и ракеты, r_g^u , r_g^p – радиусы виражей истребителя и ракеты) на его боевую эффективность – вероятность перехвата воздушной цели ($W_{пер}$) построена на основе теоретических положений, представленных в [1, 2]. Программа в автоматическом режиме производит вычисления $W_{пер}$, в зависимости от изменения входных параметров, таких как скорость истребителя V_u , располагаемая перегрузка самолета n_y^u , скорость цели V_c (от которой зависят временные характеристики операции).

Результаты математического моделирования представлены ниже. На рисунке 1 представлены результаты расчета потребной перегрузки в зависимости от скорости истребителя. Так при скорости истребителя $V_u = 230$ м/с потребная перегрузка равняется 3,6. При увеличении скорости истребителя до значения $V_u = 350$ м/с, значение потребной перегрузки увеличивается до 5,7.

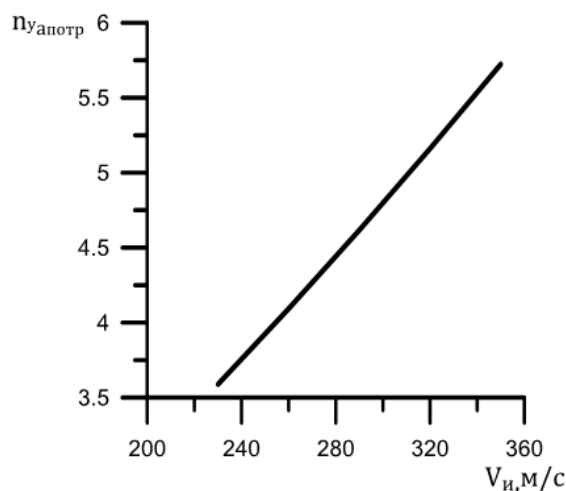


Рисунок 1 – Зависимость потребной перегрузки $n_{y,апотр}$ от скорости истребителя V_u

На рисунке 2 представлена зависимость радиуса виража самолета от его скорости. По графику видно, что увеличение скорости самолета приводит к значительному увеличению радиуса виража, что отрицательно скажется на маневренности истребителя и на боевой эффективности в целом. При $V_u = 230 \text{ м/с}$, $r_g^u = 1600 \text{ м}$, а при $V_u = 350 \text{ м/с}$, $r_g^u = 9400 \text{ м}$, то есть при увеличении скорости истребителя в 1,5 раза, радиус виража увеличивается почти в 6 раз.

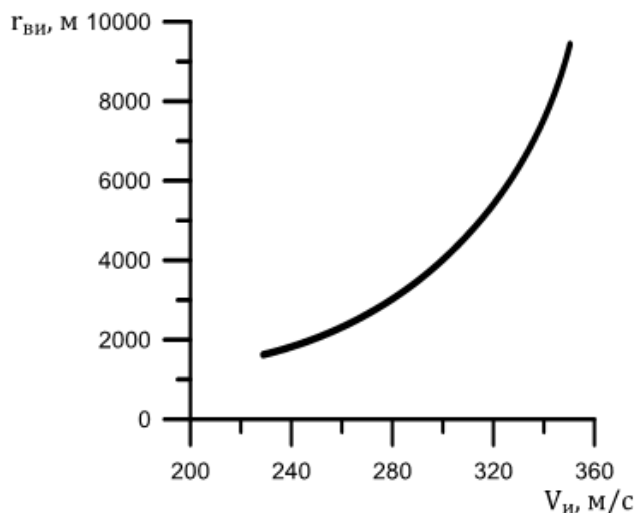


Рисунок 2 – Зависимость радиуса виража самолета от его скорости

Анализ результатов моделирования по определению вероятности наведения на цель (рисунок 3) свидетельствует о том, что увеличение радиуса виража приводит к снижению маневренных характеристик самолета и, как следствие, к уменьшению вероятности наведения его на цель и боевой эффективности в целом. При значении радиуса виража равном $r_g^u = 1600 \text{ м}$ вероятность наведения на цель будет равной $P_n = 0,76$. При увеличении радиуса виража до значения $r_g^u = 9400 \text{ м}$, вероятность наведения на цель уменьшается до значения $P_n = 0,55$.

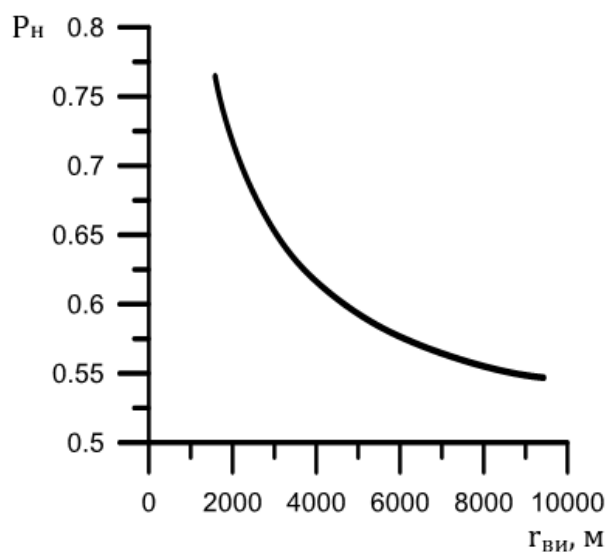


Рисунок 3 – Зависимость вероятности наведения истребителя на цель от радиуса виража самолета

В зависимости от радиуса виража, при постоянных значениях вероятности своевременного вылета ($P_0 = 0,8$) и вероятности поражения $P_{пор} = 0,7$, вероятность перехвата изменяется в соответствии с кривой, представленной на рисунке 4 (а), и при $r_g'' = 1600$ м достигает максимального значения 0,43. Результаты определения вероятности перехвата при различных значениях P_0 представлены на рисунке 4 (б).

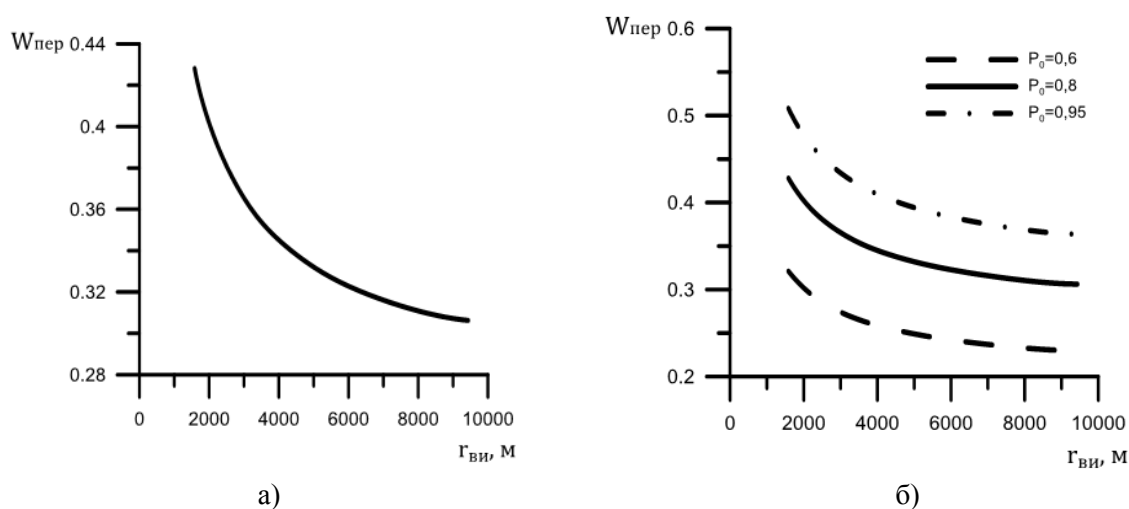


Рисунок 4 – Зависимость вероятности перехвата цели от радиуса виража самолета:

а) – $P_0 = const$, $P_{пор} = const$; б) – $P_0 = var$, $P_{пор} = const$

В результате проведенных исследований был разработан инструмент, позволяющий определять вероятность перехвата при различных исходных данных, определены значения вероятности перехвата при различных значениях вероятности своевременного вылета и вероятности поражения. Исходя из полученных результатов, можно сделать вывод, что увеличение радиуса виража самолета приведет к уменьшению вероятности перехвата цели, что уменьшит боевую эффективность истребительного боевого авиационного комплекса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арбузов, И. В. Боевые авиационные комплексы и их эффективность : учебник для слушателей и курсантов инженерных вузов ВВС / И. В. Арбузов, О. В. Болховитинов, О. В. Волочаев. – М., 2011. – 250 с.

2. Макаренко, В. Н. Вероятностные основы боевых авиационных комплексов / В. Н. Макаренко, В. К. Харченко, А. Д. Кузнецов. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. – 320 с.

УДК 621.362.2

А.В. Новик, А.С. Гулецкий, З.В. Машарский

Белорусская государственная академия авиации

СТРУКТУРА И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ БЕСТРАНСФОРМАТОРНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА

Существующие авиационные выпрямительные устройства преобразующие трехфазное напряжение частотой 400 Гц в постоянное напряжение 28 В, имеет большие габариты, массу и потери энергии. Такое же преобразование электроэнергии может быть выполнено без низкочастотных трансформаторов на основе полупроводниковых ключевых элементов, работающих в импульсном режиме. Нагрузка таких устройств

изменяется в широком диапазоне (пример для ВУ-6А от 10 до 200 А), поэтому для бестрансформаторного выпрямительного устройства требуется разработка сглаживающего фильтра снижающего напряжения пульсации до применяемого уровня при таких значительных колебаниях нагрузки. Разработана схема и методика расчета элементов комбинированного сглаживающего фильтра, снижающего напряжения пульсаций до приемлемого уровня при таких значительных колебаниях нагрузки. Разработана схема и методика расчета элементов комбинированного сглаживающего фильтра для импульсного бестрансформаторного выпрямительного устройства, выбрана схема и силовые элементы [1, 2].

Работа бестрансформаторного устройства основано на пропускании ключевыми элементами в общую нагрузку только части трех фазных напряжений, образующих последовательность треугольных импульсов с частотой 1200 Гц. Силовые ключи в каждой фазе устройства открываются в начале положительной полуволны своего напряжения, а закрываются в зависимости от входного напряжения и нагрузки, угол закрытия колеблется от 50 до 105 градусов. Контроль входного и выходного напряжений и тока нагрузки выполняется устройством управления на основе программируемого микроконтроллера, который анализирует измеряемые напряжения и токи, и вырабатывает команды открытия и закрытия силовых ключей. В качестве силовых ключей используются полевые транзисторы с небольшими токами стока, которые в каждой фазе соединяются параллельно. Это обеспечивает получение большого тока нагрузки при снижении потерь энергии в каждом ключе обратно пропорционально числу параллельно включенных транзисторов. Поэтому потери энергии на силовых элементах бестрансформаторного выпрямительного устройства будут существенно меньше, чем в используемых устройствах ВУ-6А и им подобных.

В комплекте с ВУ-6А работают дифференциально-минимальные реле ДМР-200ВУ, контролирующие величины выпрямительного напряжения, значение и направление постоянного тока, стоимости от этих параметров они вырабатывают команды на подключение и отключение выпрямительного устройства к сетям трехфазного переменного и постоянного токов. Коммутационными элементами служат контакторы, а чувствительными элементами – дифференциальные реле в составе ДМР-200ВУ. В бестрансформаторном выпрямительном устройстве контроль параметров подводимой и вырабатываемой электроэнергии, защитные, управляющие и коммутационные операции можно совместить, заменив одним устройством набор аппаратов, работающих совместно с трансформаторным выпрямительным устройством ВУ-6А [3, 4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Электропитание устройств и систем телекоммуникаций : учеб. пособие для вузов / В. М. Бушуев [и др.]. – М. : Горячая линия : Телеком, 2009. – 220 с.
2. Брускин, Д. Э. Электроснабжение летательных аппаратов / Д. Э. Брускин, И. М. Синдеев. – М. : Высшая школа, 1988. – 263 с.
3. Основы электрооборудования летательных аппаратов / под ред. Д. Э. Брускина. – М. : Высшая школа, 1978. – 563 с.
4. Злочевский, В. С. Системы электроснабжения пассажирских самолетов / В. С. Злочевский. – М. : Машиностроение, 1971. – 375 с.

УДК 629.7

В.А. Потапов, Р.И. Хованский, В.Д. Дружинин

Белорусская государственная академия авиации

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА ЛОПАТОК ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА ВЕРТОЛЕТНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Одна из основных проблем в эксплуатации вертолетных газотурбинных двигателей (ГТД) это эрозионный износ лопаток компрессора. Длительная работа ГТД в условиях запыленной атмосферы, приводит к ухудшению характеристики компрессора и в конечном итоге к неустойчивой работе двигателя (помпажу) [1]. Исследование закономерностей изнашивания лопаток и влияния данного износа на газодинамические характеристики компрессора позволяет проводить адекватные мероприятия по контролю его технического состояния. Эффективность данных мероприятий зачастую определяется степенью адекватности используемых математических моделей компрессора.

При расчете термогазодинамических параметров компрессора более достоверные результаты дают трехмерные модели конструкции компрессора с последующим расчетом в CFD-пакетах [2]. Существующие модели [3, 4], основанные на подробном исследовании изношенных лопаток для конкретных двигателей и конкретных условий эксплуатации. Для исследования влияния вида и характера износа на термогазодинамические параметры компрессора (учет региона эксплуатации ГТД) необходимо иметь модель с «гибкой» перестраиваемой геометрией по высоте лопаток (изменения хорды, конструктивных углов профиля и др.). Учет износа по высоте лопаток позволяет детализировать течения в компрессоре, а также повышает точность расчетов термогазодинамических параметров на 5–10 % [2].

На рисунке 1 представлена разработанная твердотельная модель осевого компрессора вертолетного двигателя ТВ3-117, с возможностью изменения геометрии лопаток в процессе расчета в программном комплексе ANSYS CFX.

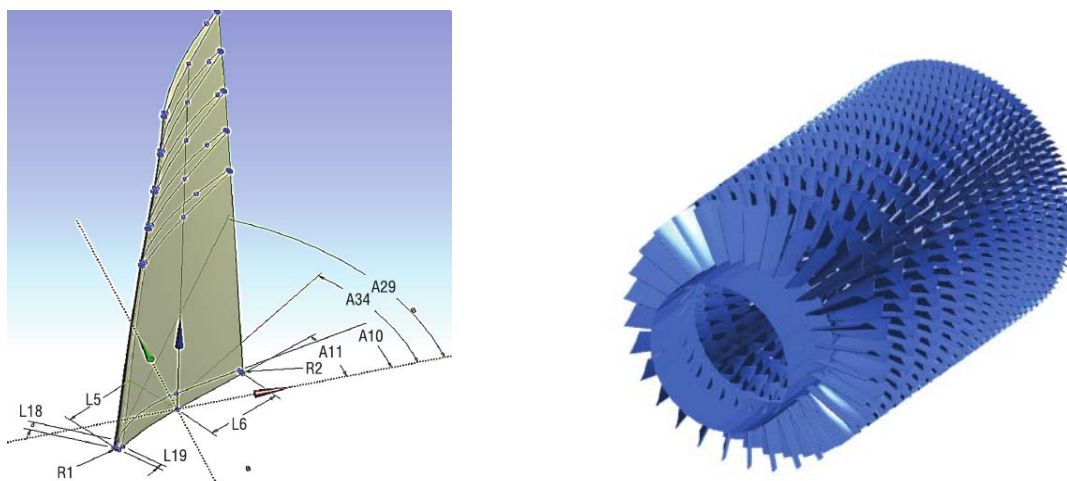


Рисунок 1 – Расчетная модель пера лопатки первой ступени ротора компрессора (слева), геометрическая модель лопаточных венцов компрессора (справа)

Для верификации разработанной модели выполнен расчет компрессора не подверженного износу, при основном диапазоне частот вращения ГТД (рисунок 2).

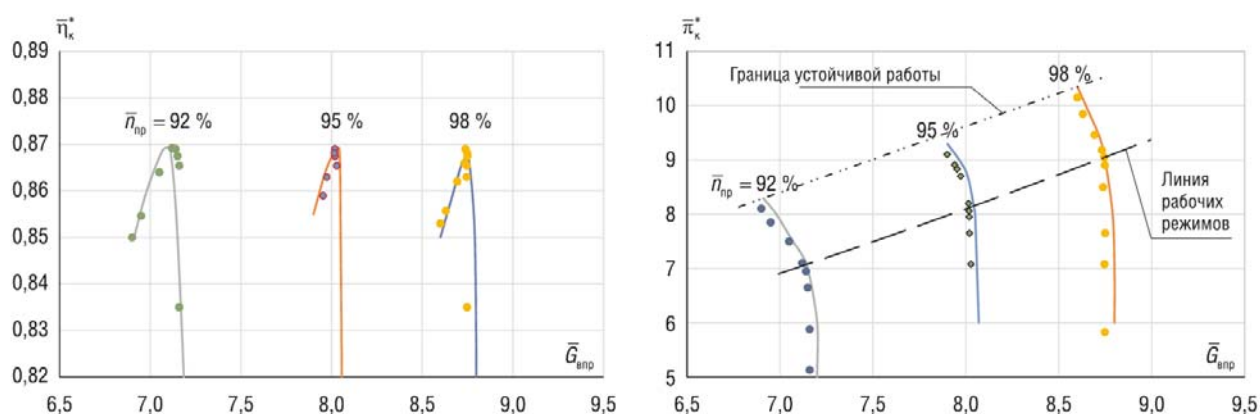


Рисунок 2 – Графики характеристики компрессора вида

$$\eta_k^* = f(\bar{G}_v, \bar{n}) \text{ и } \pi_k^* = f(\bar{G}_v, \bar{n}):$$

● – расчет, — – экспериментальные

Анализ полученных результатов позволяет говорить об удовлетворительном соответствии расчетных и экспериментальных данных [5], а также сделать вывод о том, что полученная модель соответствует реальному объекту и возможно ее дальнейшее применение для расчета параметров компрессора с лопатками, подвергшимися изменению геометрии в результате эрозионного износа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вертолетные газотурбинные двигатели / под общ. ред. В. А. Григорьева, Б. А. Пономарева. – М.: Машиностроение, 2007. – 491 с.
2. Потапов, В. А. Моделирование характеристик многоступенчатого осевого компрессора турбовального ГТД с учетом нелинейности эрозионного износа его лопаток / В. А. Потапов, А. А. Санько // Научный вестник МГТУ ГА. – 2020. – Том 23, № 5. – С. 39–53.
3. Гумеров, А. В. Моделирование эрозионного износа лопатки компрессора / А. В. Гумеров, Р. Г. Акмалетдинов // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2011. – № 3 (27). – С. 233–239.
4. Двирник, Я. В. Методика моделирования течения потока в осевом компрессоре ГТД численным методом / Я. В. Двирник, Д. В. Павленко // Вестник двигателестроения. – 2014. – № 1. – С. 34–40.
5. Рыбкин, П. Н. Математическая модель двигателя ТВ3-117ВМ / П. Н. Рыбкин // Труды МАИ. – 2012. – Вып. 58. – С. 1–14.

УДК 629.17

И.А. Потапов, А.В. Косицын, С.Н. Сокол

Военная академия Республики Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ АВИАЦИОННОГО КОНТЕЙНЕРА ОХЛАЖДАЕМОГО ВИХРЕВОЙ ТРУБОЙ ПРИ КИНЕТИЧЕСКОМ НАГРЕВЕ

Поступление на вооружение Государственной авиации Республики Беларусь сверхзвуковых самолетов типа Су-30СМ обусловило необходимость применения бортовых комплексов обороны и других агрегатов съемного оборудования.

Применение съемного оборудования воздушных судов, оснащенного внутренними источниками тепла, в полете на сверхзвуковой скорости накладывает определенные особенности на процесс распространения тепла при нагреве. Теплообмен между твердым телом и быстро движущимся газовым потоком сопровождается эффектами,

обусловленными процессами взаимопреобразования механической энергии и теплоты. Торможение высокоскоростного газового потока около стенки ведет к его кинетическому нагреву.

В работе [1, с. 118–127.] представлены результаты аэродинамического расчета корпуса авиационного контейнера при наличии сверхзвукового течения с последующим нестационарным тепловым расчетом внутри контейнера. Так, при полете самолета на высоте 11 км со скоростью 650 м/с температура заторможенного потока составляет 153°C, в то время как атмосферный воздух на этой высоте имеет температуру -56°C. Наличие внутренних мощных источников тепловыделения еще более усугубляет процесс распространения тепла. Высокий нагрев блоков радиоэлектронного оборудования без применения специальных защитных мероприятий негативно сказывается на их работоспособности.

В целях обеспечения требований безопасности полетов, возникает необходимость в создании эффективных методов и способов охлаждения указанных блоков на больших скоростях полета, что невозможно без проведения предварительных расчетов и экспериментов.

Перспективным направлением решения задач нестационарного теплообмена является применение численных методов конечно-элементного проектирования с использованием современных комплексов инженерного анализа. В отличие от классических способов тепловых расчетов, такие методы позволяют учитывать нестационарный теплообмен для реальных авиационных конструкций сложных форм в широком диапазоне режимов и условий полетов с учетом многих факторов. В работе [2, с. 73–79] представлены результаты такого расчета корпуса авиационного контейнера с учетом влияния теплозащитного слоя, конвекции, теплового излучения, принудительного охлаждения. Результаты получены в пакете SolidWorks Flow Simulation.

Для систем, обеспечивающих охлаждение съемного оборудования, предъявляется ряд требований, такие как автономность, высокая надежность и малые габариты. Наиболее удовлетворяющим этим требованиям является способ энергетического разделения потока воздуха, реализуемом в вихревой трубе или трубе Ранка-Хилша (далее – ВТ) [3].

Внешне простой вихревой эффект на самом деле включает в себе сложный газодинамический процесс, происходящий в пространственном турбулентном потоке вязкого сжимаемого газа. При втекании через сопло ВТ воздуха с температурой t_1 и давлением p_1 образуется интенсивный круговой поток, приосевые слои которого заметно охлаждаются и отводятся через отверстие диафрагмы в виде холодного потока, а периферийные слои подогреваются и вытекают через дроссель в виде горячего потока. По мере прикрытия дросселя общий уровень давления в ВТ повышается, и расход холодного потока через отверстие диафрагмы увеличивается при соответствующем уменьшении расхода горячего потока. При этом температуры t_x и горячего t_r потоков также изменяются.

Аналитическое исследование существующих ВТ, а также возможность их применения для охлаждения указанных блоков позволили определить оптимальные геометрические и термодинамические параметры ВТ, питаемых скоростным напором набегающего потока. Для проведения математического моделирования построена трехмерная модель ВТ. Геометрия проточной части вихревой трубы разбита на сетку конечных элементов (рисунок 1).

Для верификации математической модели ВТ создана экспериментальная установка, позволяющая измерять основные параметры потока: температуру и давление. Установка состоит из ВТ, трубопровода сжатого воздуха, датчика давления, термоэлектрического преобразователя.

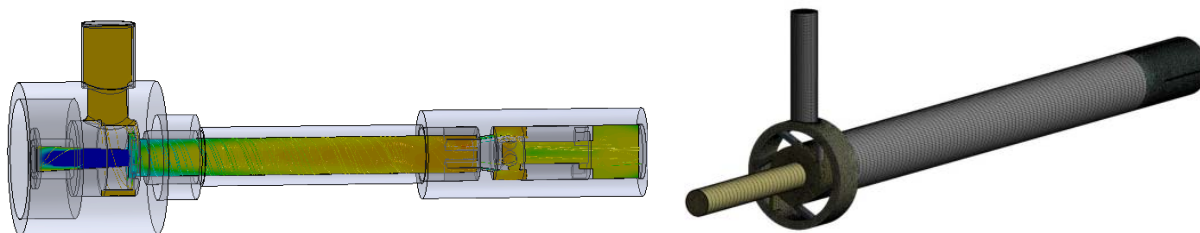


Рисунок 1 – Труба Ранка-Хилша и конечно-элементная модель потока воздуха

Проведено сравнение результатов натурального и численного экспериментов (рисунок 2). Расхождение значений температуры холодного потока t_x физического (штриховая линия) и численного (сплошная линия) решений можно считать приемлемым. Применение в САПР определенных настроек решателя и сетки позволяет приблизить расчетные значения к экспериментальным (хотя значительно увеличивает время расчета).

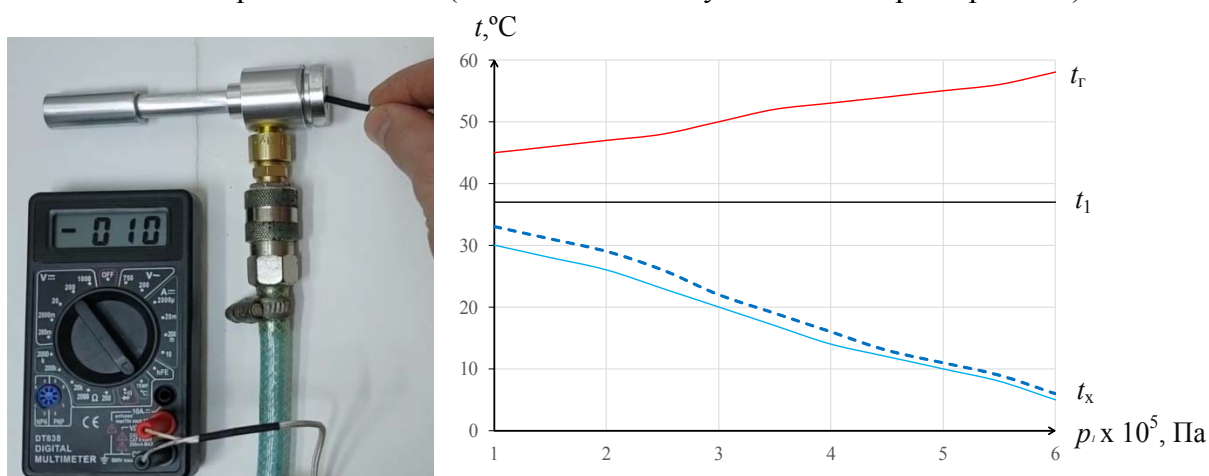


Рисунок 2 – Результаты проведенных экспериментов

Для охлаждения блоков авиационного контейнера проведен расчет параметров ВТ в эксплуатационном диапазоне высот H и чисел M полета истребителя. Оптимизировано закручивающее устройство ВТ.

В основе теплового расчета авиационного контейнера применена математическая модель, разработанная в [4, с. 81–88]. Данная модель позволяет определять температурное поле элементов контейнера с учетом влияния кинетического нагрева, условий охлаждения и мощности внутренних источников тепла в стационарной постановке задачи, а также рассчитать тепловой поток через криволинейную поверхность с наименьшими трудозатратами.

По результатам исследования на рисунке 3 приведен эксплуатационный диапазон работы внутренних блоков в зависимости от требуемой температуры. Расчеты приведены для системы охлаждения из четырех ВТ. Штриховыми линиями выделен диапазон применения контейнера при охлаждении набегающим потоком (без ВТ).

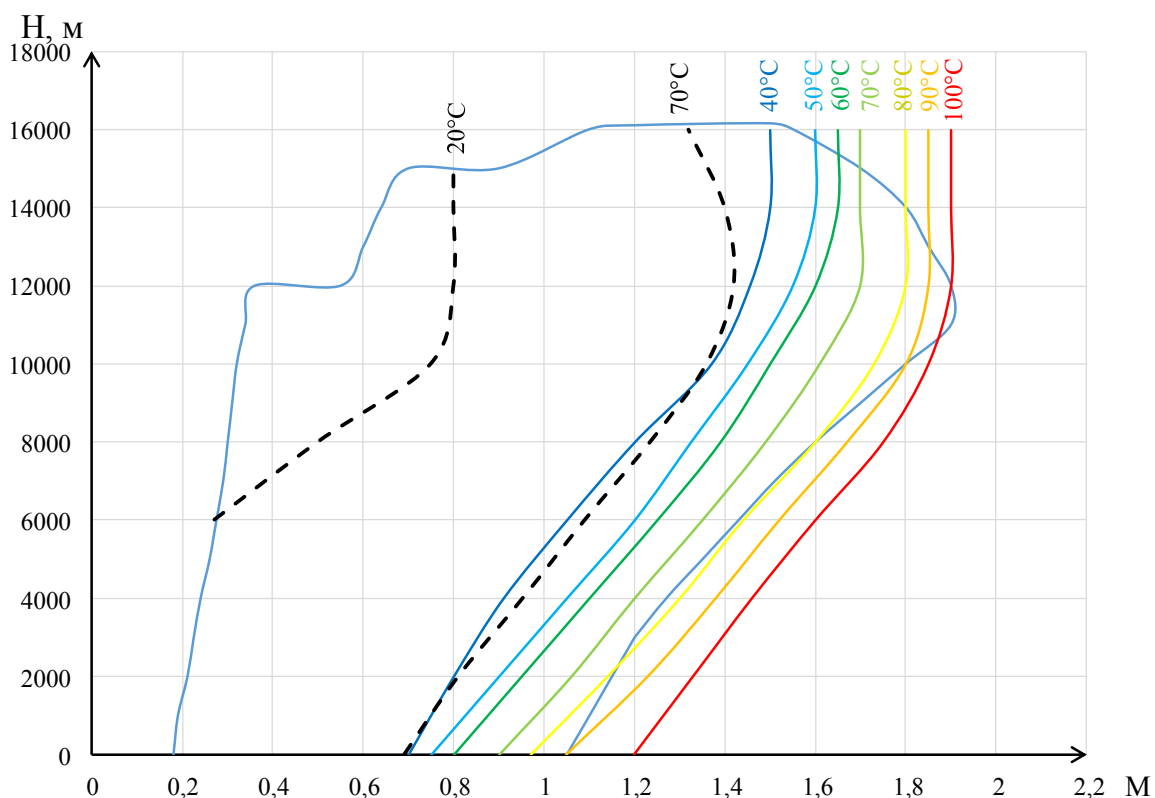


Рисунок 3 – Диапазон применения контейнера

Результаты расчетов показали перспективность применения системы охлаждения на основе эффекта энергетического разделения потока воздуха. Это позволяет расширить диапазон работы съемного оборудования сверхзвукового самолета. Теоретические результаты исследования температурного поля авиационного контейнера, охлаждаемого вихревой трубой при кинетическом нагреве, являются научно-методическим обоснованием проведения летных испытаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Косицын, А. В. Теплотехнический расчет подвешного авиационного контейнера / А. В. Косицын // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2019. – № 4 (65). – С. 3–9.
2. Косицын, А. В. Анализ факторов, влияющих на степень нагрева авиационного контейнера / А. В. Косицын, И. А. Потапов // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2020. – № 1 (66). – С. 25–30.
3. Меркулов, А. П. Вихревой эффект и его применение в технике / А. П. Меркулов. – М. : Машиностроение, 1968. – 182 с.
4. Потапов, И. А. Математическая модель температурного поля контейнера съемного оборудования воздушного судна с внутренними источниками тепла / И. А. Потапов, А. В. Косицын // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2021. – № 2 (71). – С. 57–62.

УДК 533.661.2

И.К. Макаров, М.Н. Пушков

ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ МАКЕТА ПЕРЕДНЕЙ ОПОРЫ ШАССИ ВЕРТОЛЕТА МИ8-МТВ-5 ПОСРЕДСТВОМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

В настоящее время аддитивные технологии, основанные на использовании трехмерных моделей, активно применяются в различных областях жизнедеятельности человека, таких как строительство, медицина, машиностроение, фармакология, а также образование. Данная технология не обошла стороной и авиастроение, позволяя создавать легкие и экономичные элементы конструкций, сохраняя их прочностные и аэродинамические свойства. Примером служит разведывательный беспилотный летательный аппарат С-70 «Охотник», в котором успешно используется данная технология для создания плоского сопла [1]. Разработанный данным образом объект подтвердил свои заявленные характеристики в большом количестве наземных испытаний и планируется к использованию при серийном производстве. Таким образом, применение аддитивных технологий позволяет значительно сократить время и стоимость этапов производства образцов современной авиационной техники.

Говоря об образовании авиационных специалистов, нельзя не обратить внимание на дефицит наглядной учебно-материальной базы по всем видам техники, а по некоторое полное их отсутствие. Основными источниками для изучения конструкции авиационной техники являются 2-х мерные чертежи, схемы и небольшое количество препарированных натуральных объектов, не обладающих мобильностью из-за большого веса и габаритов (рисунок 1). Также натурные объекты имеют высокую стоимость, что затрудняет оснащение учебных заведений. Обучение только по чертежам и схемам значительно снижает качество обучения, чего можно избежать с помощью 3-хмерных моделей и аддитивных технологий.

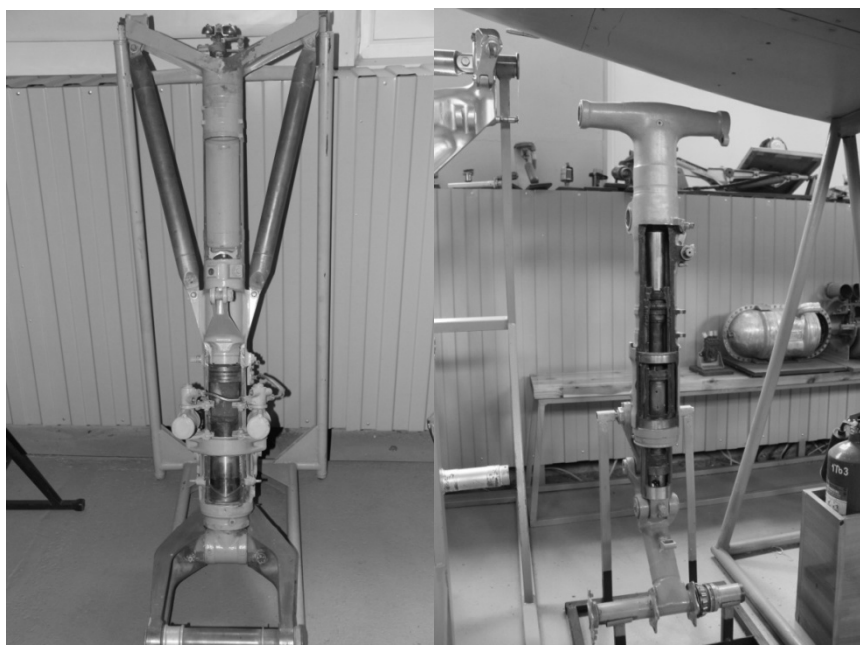


Рисунок 1 – Натурный объект передней опоры вертолета Ми-8

В настоящее время существует много графических программ по работе с 3-хмерными моделями: SolidWorks, 3D's Max, AutoCad, Компас 3D и другие. Программы AutoCad и SolidWorks основаны на создании твердотельных 3-хмерных объектов, в то

время как 3D's Max направлен на быструю и качественную визуализацию объектов и создании анимации.

В рамках данной работы, с целью повышения качества подготовки авиационных специалистов, предлагается на основе 3-хмерных моделей и с использованием аддитивных технологий, разработать конструктивно-компоновочный стенд передней опоры шасси вертолета Ми8-МТВ-5.

Конструктивно-компоновочный стенд представляет собой макет передней опоры шасси вертолета Ми8-МТВ-5 созданный в графической программе Autodesk 3D'S Max и распечатанный с помощью 3D-принтера с заданными параметрами [3]. Работа по созданию макета заключается в построении точной копии настоящей передней опоры вертолета Ми8-МТВ-5 со всеми ее элементами. Каждый элемент создавался в соответствии с чертежами и схемами [2]. В процессе реализации проекта было принято решение препарировать модель для наглядного показа принципа работы стойки. К стенду будет приложен пакет технической и эксплуатационной документации, планируется сделать нумерацию каждого элемента, входящего в состав опоры, и включить в обе документации.

В программе Autodesk 3D'S Max детали создавались отдельно друг от друга в заранее выбранном масштабе, затем собирались в одну конструкцию (рисунок 2). Так как макет должен быть мобильным и информативным, был выбран масштаб 1:2.



Рисунок 2 – Передняя опора вертолета Ми8-МТВ-5 в сборе с разрезом

Для печати элементов необходимо определиться с материалом. После анализа прочностных и экономических характеристик, был выбран материал PEDG. Печатались детали раздельно с помощью 3D-принтера, после чего требовалась небольшая обработка для качественной сборки (рисунок 3). Распечатывая крупные и сложные детали, было принято решение разделить их на более простые, для экономии материала и времени, с целью последующего склеивания и обработки.



Рисунок 3 – Кронштейн стойки, напечатанный с помощью 3D-технологий

Созданные на 3D-принтере детали отвечают требованиям жесткости и прочности, вследствие чего следует сделать вывод о надежности и практичности разрабатываемого стенда. На создание данных объектов влияют качество принтера, его настройка, соблюдение технологии по работе с выбранным материалом. Соблюдение этих факторов гарантирует создание детали согласно заданным параметрам, либо с минимальными погрешностями.

Макет такого рода имеет множество преимуществ перед другими учебно-методическими материалами:

- возможность разобрать на отдельные составные объекты;
- малая масса, позволяющая переносить в места проведения занятий, выставок и т. д.;
- низкая стоимость изготовления;
- возможность восстановления отдельных элементов или всего макета в случае выхода из строя в короткий срок;
- возможность создания в любом масштабе.

Подводя итог, следует сказать о целесообразности создания данного конструктивно-компоновочного стенда, так как он имеет множество преимуществ перед остальными учебно-методическими пособиями. Данный стенд сформирует полную картину у обучающихся о конструкции и принципе работы ВПУ, сократит время на его изучение и выполнит основную функцию по повышению качества учебного процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Альбом схем по конструкции вертолета Ми8-МТ / авт.-сост. А. А. Кувшинцов. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – 580 с.
2. Сатиренко, А. С. Самоучитель 3D'S Max 2009/3D'S max Design 2009 / А. С. Сатиренко. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 310 с.
3. Яськов, А. Н. Конструкция вертолета Ми8-МТ / А. Н. Яськов. – Воронеж, 2009. – 250 с.

УДК 629.73

В.И. Рубинов, Р.А. Алимуратов

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА КОНТРОЛЯ РЕЖИМА СТАБИЛИЗАЦИИ ВЫСОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ САУ-1Т-2Б САМОЛЕТА ИЛ-76МД

Объективный контроль играет важную роль для повышения боевой готовности и безопасности полетов. С его помощью контролируется правильность действий летных экипажей, анализируется работоспособность авиационной техники (АТ), принимается решение о выпуске летательного аппарата (ЛА) в очередной полет. В настоящее время в большинстве авиационных частей ВВС находятся наземные комплексы обработки полетной информации «Топаз-М» с программным обеспечением системы контроля авиационной техники (СКАТ). Данные комплексы существенно расширяют возможности объективного контроля с точки зрения автоматизации, сокращения сроков проведения, а значит, способствуют повышению боевой готовности, безопасности полетов.

В то же время программное обеспечение «Топаз-М» не обязательно включает такой важный элемент, как экспресс-анализ, который входит в дополнительную комплектацию поставляемого программного обеспечения. Даже при наличии в составе программного обеспечения модуля экспресс-анализа не всегда полностью используются имеющиеся возможности для оценки технического состояния систем ЛА по данным объективного контроля. Поэтому совершенствование программного обеспечения экспресс-анализа с целью повышения достоверности и глубины контроля технического состояния систем и агрегатов ЛА является актуальной инженерной задачей. Для разработки такого программного обеспечения может использоваться специальное средство САПР, поставляемое разработчиком системы «Топаз-М».

В данной статье рассматривается оценка технического состояния системы автоматического управления полетом САУ-1Т-2Б самолета Ил-76МД по данным бортового регистратора МСРП-64-2 с целью повышения безопасности полетов, боевой готовности и достоверности контроля. Актуальность статьи определяется тем, что самолеты Ил-76МД широко используются в ВВС, как средство доставки воздушных десантов в тыл противника, перевозки войск, доставки вооружения, военной техники и материальных средств, обеспечение маневра войск авиации. Так как отказ САУ-1Т-2Б может привести к авиационному происшествию, то оценка ее технического состояния по данным объективного контроля дает возможность повысить безопасность полетов. Также автоматизация такого анализа на основе предложенного алгоритма экспресс-анализа позволит сократить время обработки информации и повысить глубину и достоверность контроля.

Известно, что на самолете Ил-76МД системой регистрации режимов полета МСРП-64 регистрируется 37 аналоговых параметров и 54 дискретных сигнала (разовых команд) [1]. Проведенный анализ показал, что перечень параметров, регистрируемых МСРП-64-2, не позволяет обеспечить глубокий контроль технического состояния САУ-1Т-2Б самолета Ил-76МД. Например, нет возможности оценить такие важные параметры, как точность стабилизации высоты, курса и угла тангажа, а также правильность включения системы и др.

Для разработки алгоритма экспресс-анализа режима стабилизации высоты САУ-1Т-2Б самолета Ил-76МД предлагается использовать метод логических функций, который в настоящее время получил наиболее широкое распространение. Построение логических алгоритмов контроля нарушений ограничений зависит от формы представления этих ограничений и сводится к трем основным вариантам [1]:

1. Ограничения заданы в табличной форме.
2. Ограничения заданы в графической форме.
3. Ограничение задается в виде допустимого времени τ , в течение которого значения параметра могут превышать заданное значение.

На рисунке 1 представлен алгоритм контроля работоспособности режима «Стабилизация высоты» САУ-1Т-2Б. Разработанный алгоритм позволяет получить сообщение, когда произведено включение системы САУ-1Т-2Б, при правильных ли условиях оно осуществлено и выполняется ли стабилизация высоты с допустимой погрешностью.

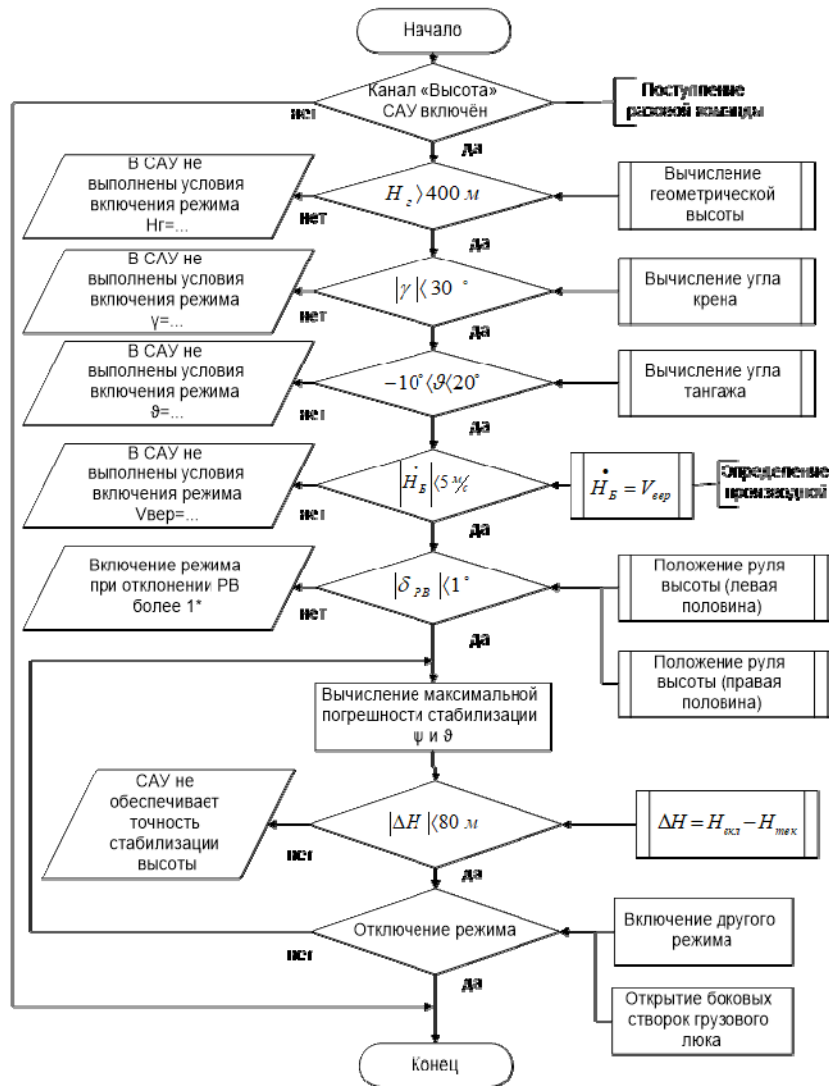


Рисунок 1 – Алгоритм контроля режима «Стабилизация высоты»

При невыполнении данных условий выдается сообщение «В САУ не выполнены условия включения режима». Если выполняется, то сообщение не выдается. Контроль стабилизации высоты осуществляется с допустимой погрешностью $\Delta H = 80\text{м}$, которая вычисляется по следующей формуле:

$$\Delta H = H_{\text{тек}} - H_{\text{вкл}} \quad (1)$$

При превышении данного значения выводиться сообщение «САУ не обеспечивает точность стабилизации высоты». Отключение режима осуществляется при открытии створок грузового люка, включении другого режима полета или отключении системы.

Для совершенствования программного обеспечения СКАТ использовался модуль САПР. В модуле САПР были записаны события с кодами 400 ÷ 407. Событие включения режима стабилизации высоты является информационным по категории, другие все события являются предупреждающими, по классу относятся к бортовым системам.

Выполним исследования эффективности модернизированного алгоритма на наземном устройстве обработки информации «Топаз-М». Следует отметить, что алгоритм, разработанный с помощью модуля САПР, совершенствует программное обеспечение СКАТ. При программировании алгоритма контроля точности стабилизации высоты сначала был создан признак начала включения режима, срабатывающий при появлении разовой команды «Канал Высота САУ включен» и условия, что данная команда имеет единичное значение по времени более 3 секунд. Последнее необходимо для фильтрации сбоев. Потом на основе этого признака были составлены события, которые сравнивают допустимую погрешность и разность между значением в момент включения и текущим значением, при превышении допуска выдается сообщение. Для определения значения в момент включения режима стабилизации высоты был введен аналог, зависящий от признака, начала включения данного режима. Наряду с этим созданы информационные события, которые просто фиксируют время включения режима для вывода его оператору.

Алгоритм обнаружения сбоев был диагностирован на имеющихся в базе данных «Топаз-М» полетных данных самолета Ил-76МД. Сравнение выявленных экспресс-анализом сбоев с графиками автоматизированной обработки показывают высокую эффективность разработанного алгоритма обнаружения сбоев. Все сбои определены достоверно.

Таким образом, тестирование разработанного алгоритма экспресс-анализа по записям полетов самолета Ил-76МД показало его работоспособность и эффективность. Все события выявляются достоверно. Пропуски событий и ложные срабатывания отсутствуют. Включение разработанного алгоритма в состав программного обеспечения СКАТ позволит повысить достоверность контроля технического состояния САУ-1Т-2Б самолета Ил-76МД по данным объективного контроля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кичигин, Е. К. Самолет Ил-76МД. Система автоматического управления полетом САУ-1Т-2Б : учеб. пособие / Е. К. Кичигин. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 91 с.

УДК 629.7.027.2

А.А. Рыков, С.А. Вихляев, А.С. Фимушин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПРИВОДНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕСА ШАССИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Аэродром каждый день выпускает и принимает большое количество самолетов. Объемы пассажирских и грузовых перевозок с каждым годом все увеличивается. Движение современных самолетов по аэродрому происходит при помощи силовых установок, работающих на минимальных режимах, или при помощи тягачей-буксировщиков [1]. Воздушные суда проходят достаточно большое расстояние от позиции подготовки воздушного до взлетно-посадочной полосы. А как мы знаем, работа авиационного двигателя на минимальном режиме сопровождается очень маленьким коэффициентом полезного действия и большим расходом топлива, кроме того работа авиационных двигателей сопровождается большим уровнем шума и большим количеством вредных выбросов [4].

В настоящее время повышаются требования по уровню шуму и количеству вредных выбросов в атмосферу, в связи с этим ведутся разработки по решению этих проблем. Решить данную проблему может установка на стойку шасси электрического привода, что позволит удовлетворять требованиям аэродромов.

Эксплуатационные преимущества установки электропривода шасси на воздушное судно:

- Своевременность вылета летательных аппаратов;
- Уменьшения расхода топлива;
- Отказ от использования средств наземного обслуживания общего применения;
- Увеличение ресурса двигателя;
- Снижение расходов на обслуживание двигателей;
- Снижение вероятности попадания в тракт силовой установки посторонних предметов при рулении;

Данная разработка является не менее актуальной и для военных самолетов. Она решает одну из проблем авиации – это дальность и продолжительность полета воздушного судна. Установка такого привода на авиационную технику различных назначений позволит экономить топливо за счет того, что самолету не понадобится запускать двигатель на этапе руления к взлетно-посадочной полосе. Это также приведет к дополнительной экономии за счет отсутствия необходимости вызова тягача при маневрировании на аэродроме.

Разработкой является система привода шасси, состоящая из электромотора, который вращает ведущую шестерню с помощью первой передачи, и ведомого колеса, закрепленного на шасси летательного аппарата. Одна ведущая шестерня выполнена в виде первой звездочки, а другая шестерня содержит ряд роликов, расположенных по кольцу, каждый из них выполнен с возможностью вращения вокруг своей оси, размещенной на установленном расстоянии от оси вращения первой шестерни [4]. Преимуществом соединения электромотора с колесом звездочкой и рядом роликов, расположенных по кольцу, является то, что такой механизм очень надежен и невосприимчив к загрязнению окружающей средой. Следовательно, подобную систему привода можно не заключать в корпус для предотвращения попадания в нее мусора и загрязняющих частиц, что уменьшит вес системы и облегчит профилактический осмотр.

В некоторых вариантах исполнения механизма система привода имеет вторую ведущую шестерню, а электромотор изготовлен с вращением второй шестерни посредством второй передачи. Причем система приводов выполнена с переключением с первого режима на второй, в котором вторая шестерня зацепляется с колесом и вращает ведомое колесо электромотором второй передачей [2].

Данная стойка шасси имеет два колеса, однако разработка может быть представлена в четырехколесном варианте. В большинстве случаев для подобной системы используют основную стойку шасси. Это связано с тем, что вес, приходящийся на основную стойку шасси, обеспечивает надежное сцепление между колесами и поверхностью земли, что делает возможным надежное руление на земле.

Шасси, изображенное на рисунке 1, содержит основную амортизационную стойку, состоящую из верхней части (главный узел крепления) и нижней части (скользящий элемент). Верхняя часть верхним концом крепится к фюзеляжу, а нижняя несет ось, на которой установлена пара колес. Каждое колесо имеет шину, опирающуюся на барабан, на котором установлено ведомое колесо, вращающееся вместе с колесом.

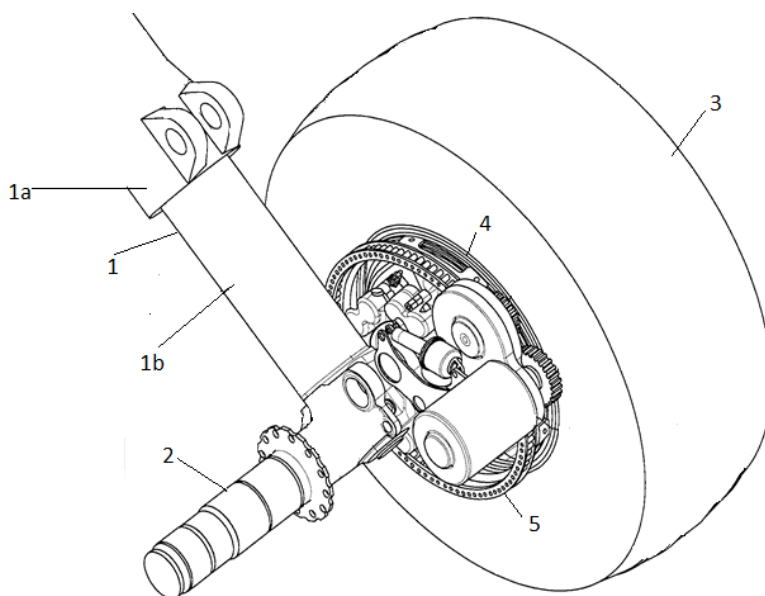


Рисунок 1 – Основная опора шасси с приводом колеса:

1 – основная амортизационная стойка, 1а – верхняя телескопическая часть, 1b – нижняя телескопическая часть, 2 – ось колес, 3 – тормозное колесо, 4 – барабан тормозного колеса, 5 – ведомое колесо привода

На рисунке 2 видно, что ведомое колесо выполнено в виде роликового колеса, образованного двумя жесткими кольцами. Они соединены между собой рядом расположенных по кругу роликов. Каждый ролик установлен на штифте и имеет возможность вращения. Штифты расположены между кольцами, что обеспечивает их жесткое соединение. Одно из колец содержит соединительные выступы, обеспечивающие жесткую связь барабана и кольца.

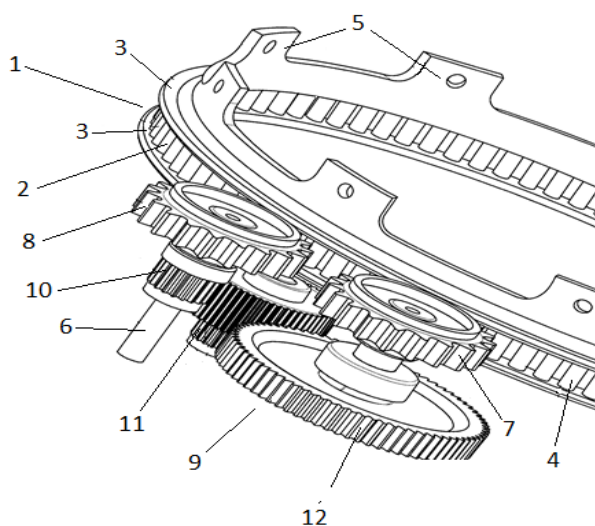


Рисунок 2 – Схема колес приводного узла:

1 – ведомое колесо, 2 – роликовое колесо, 3 – жесткие кольца, 4 – ролики, 5 – соединительные выступы, 6 – ведущий вал, 7 – первая выходная звездочка, 8 – вторая выходная звездочка, 9 – редуктор, 10, 11, 12 – первое, второе и третье зубчатое колесо

Представленная на рисунке 3 система содержит электромотор, который осуществляет вращение вала, показанного на рисунке 2. Вал вращает первую и вторую выходные звездочки с помощью редуктора. Первая и вторая звездочки зацепляются с роликами роликового колеса. Система привода шасси поддерживается кронштейном, который закреплен на оси стойки шасси и шарнирно соединен с электромотором.

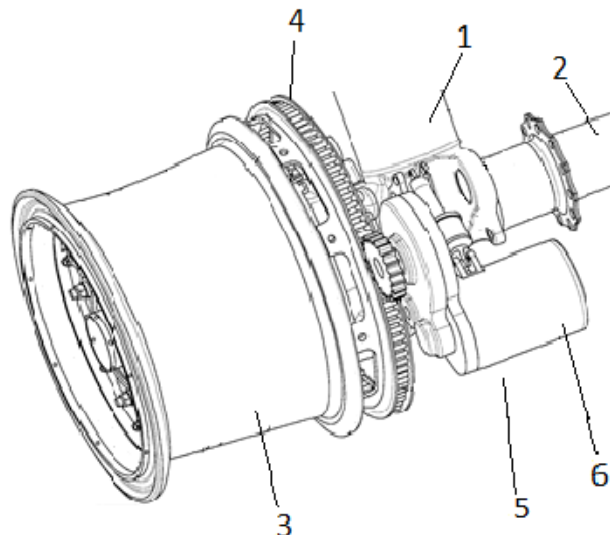


Рисунок 3 – Схема приводной системы шасси:

- 1 – основная амортизационная стойка, 2 – ось колес, 3 – барабан тормозного колеса, 4 – ведомое колесо привода, 5 – приводная система, 6 – электромотор

В состав редуктора входят три зубчатых колеса, взаимодействующих между собой. Первое зубчатое колесо закреплено на валу и вращается вместе с ним. Третье колесо соединено с первой звездочкой, а второе – соединено с первым и третьим колесами [4]. Следовательно, все эти колеса образуют первую передачу между ведущим валом и первой звездочкой. В данном приводе передаточное число первой передачи составляет 40:1, а второй – 5:1, то есть намного ниже, чем первой передачи. Исходя из этого, приводная система имеет три режима:

- режим низкой скорости, где высокий крутящий момент при рулении;
- режим высокой скорости с низким крутящим моментом при раскручивании колес;
- нейтральный режим (разъединенный);

В заключение можно отметить, что применение данного изобретения при эксплуатации воздушных судов как военного, так и гражданского назначения позволит уменьшить расход авиационного топлива, а также снизить вероятность повреждения двигателей и шасси при рулении ВС по аэродрому, что соответственно уменьшит затраты на их ремонт.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волокиткин, Е. В. Имитационная модель электропривода колеса шасси самолета / Е. В. Волокиткин, Ю. Г. Опалев // АО «Технодинамика» мехатронные системы. – 2015. – № 3. – С. 10–11.
2. Надараиа, Ц. Г. Привод колеса шасси самолета / Ц. Г. Надараиа, И. Я. Шестаков, А. А. Фадеев // Вестник Московского авиационного института. – 2017. – № 3. – С. 109–113.
3. Асаутов, М. Л. Загрязнение окружающей среды при авиатранспортных процессах : учеб. пособие для студентов вузов / М. Л. Асаутов. – СПб. : Университет гражданской авиации, 2010. – 120 с.

4. Вулгаков, Э. Б. Авиационные зубчатые передачи и редукторы : справочник / Э. Б. Вулгаков. – М. : Машиностроение, 1981. – 374 с.

УДК 629.7.02

С.В. Синявская, А.В. Сечкова

Белорусская государственная академия авиации

КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПО НАЗНАЧЕНИЮ И КОНСТРУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ

Первые летательные аппараты мир увидел после 1647 года. Именно тогда в воздух поднялся аэроплан с мотором, который совершил полноценный полет. Для того чтобы этот аппарат смог двигаться, итальянский разработчик Титу Ливию Бураттини оборудовал свое творение двумя парами неподвижных крыльев, а другие четыре (в передней и задней части корпуса) оснастил пружинами, которые позволяли использовать для полета принцип орнитоопера.

Англичанин Роберт Гук также смог собрать похожий механизм. Его орнитооптер успешно взлетел в воздух спустя 7 лет после успеха итальянского изобретателя.

Знаменательным является тот факт, что именно российский ученый М.В. Ломоносов первым разработал и построил модель, которая была тяжелее воздуха и работала по принципу вертолета [1].

В 1857 году аэроплан француза Феликса дю Тампля совершил полноценный полет. В движение этот аппарат приводился благодаря электрическому двигателю и двенадцатиллопастному винту.

Летательный аппарат – это устройство, предназначенное для полета в атмосфере нашей планеты и даже в космосе. Основой классификации летательных аппаратов является их вес по отношению к воздуху. В зависимости от способа создания подъемной силы различают: летательные аппараты легче воздуха и тяжелее воздуха.

Летательные аппараты легче воздуха базируются на принципе Архимеда статической подъемной силы. К ним относятся стратостаты, дирижабли и воздушные шары. Так как эти аппараты наполняются газом, их еще называют газонаполненными атмосферными летающими аппаратами.

Летательные аппараты тяжелее воздуха основываются на принципе динамической подъемной силы, которая вызвана движением летательного аппарата в воздухе. Они подразделяются на:

а) летательные аппараты, держащиеся в воздухе за счет подъемной силы крыла, то есть такие, которые имеют площадь крыла, как например самолеты, воздушные змеи (привязные аэростаты) и автожиры;

б) реактивные летательные аппараты, как вертолеты, турболеты и ракеты.

В случае с вертолетами, автожирами и винтокрылами подъемная сила создается благодаря вращению лопастей несущего винта. В связи с этим подобным аппаратам не нужна взлетная полоса для подъема в воздух, равно как и для приземления.

Несущий винт вертолета в отличие от несущего винта автожира в процессе взлета, полета и посадки приводится во вращение двигателем и служит как для создания подъемной силы, так и тяги. Создаваемая винтом аэродинамическая сила используется для поддержания вертолета в воздухе и для его движения вперед. Кроме того, несущий винт является также органом управления вертолетом [2].

Если у самолета тягу создает воздушный винт или реактивный двигатель, подъемную силу – крылья, а органами управления служат рули и элероны, то у вертолета все эти функции выполняет несущий винт. Из этого становится понятно, насколько важно значение несущего винта на вертолете.

Самолеты отличаются между собой в зависимости от способа создания динамической подъемной силы. Существуют:

а) самолеты с неподвижным крылом, у которых крыло неподвижно соединено с корпусом; по типу конструкции крылья делятся на неподвижные, плоские и кольцевые или колеоптеры (самолеты с кольцевыми крыльями);

б) винтокрылые летательные аппараты или летательные аппараты с несущим крылом, у которых подъемная сила создается с помощью роторов или несущих винтов, узких вращающихся поверхностей;

в) орнитоптер (махолет), у которого крылья, для того чтобы создать подъемную и движущую силу, машут вверх-вниз;

г) бескрылые самолеты, у которых подъемная сила создается самостоятельно, благодаря выпускающемуся вниз излучению газа.

По целевому назначению различают гражданские и военные:

а) к гражданским относятся пассажирские, грузовые и грузопассажирские, административные, спортивные, сельскохозяйственные, учебные, учебно-тренировочные, санитарные, патрульные, поисково-спасательные самолеты и др.;

б) к военным самолетам относятся истребители (воздушного боя, истребители-бомбардировщики, истребители-перехватчики, многоцелевые), штурмовики, бомбардировщики (фронтовые, дальние, межконтинентальные), разведчики (тактические, оперативные, стратегические), военно-транспортные (легкие, средние, тяжелые), противолодочные, самолеты боевого обеспечения (радиолокационного дозора и наведения, постановщики помех, воздушные пункты управления, заправщики топливом в полете и др.); учебные, учебно-тренировочные, санитарные, патрульные, поисково-спасательные самолеты.

По типу двигателя различают:

а) самолеты с винтовым двигателем;

б) реактивные самолеты с воздушно-реактивным двигателем (турбореактивные самолеты и самолеты с двухконтурным и турбореактивным двигателем) или соответственно турбовинтовые двигатели (самолеты с ТВД или турбовинтовые самолеты) – или прямоточные воздушно-реактивные двигатели;

в) реактивные самолеты с реактивными двигателями;

г) самолеты с приводом от мускульной силы (передвижение благодаря силе человека, только в виде эксперимента);

д) планеры без двигателя или с вспомогательным мотором или турбиной (мотопланер). В зависимости от количества двигателей различают одно-, двух-, трехмоторные самолеты и т. д.

Дальность полета разделяют на:

а) короткие расстояния полета (до 1000 км);

б) полеты на средние расстояния (от 1000 до 3000 км);

в) полеты на дальние расстояния (свыше 3000 км).

В зависимости от числа крыльев летательные аппараты делятся на:

а) монопланы (самонесущие, подкосные или расчалочные);

б) полуторапланы;

в) бипланы;

г) трипланы;

д) многопланы.

По расположению крыла различают:

а) моноплан с высоко расположенным крылом;

б) моноплан с низко расположенным крылом;

в) моноплан со средним расположением крыла;

г) высокоплан с крылом, расположенным на одном уровне с верхней стороной фюзеляжа.

По типу взлетного и посадочного оборудования:

- а) сухопутные самолеты;
- б) гидросамолеты;
- в) самолеты-амфибии.

Летательные аппараты гражданской авиации в зависимости от максимальной взлетной массы подразделяются на четыре класса.

Таблица 1 – Взлетная масса

Класс	Самолеты	Вертолеты
1	более 75 тонн	более 10 тонн
2	30–75 тонн	5–10 тонн
3	10–30 тонн	2–5 тонн
4	менее 10 тонн	менее 2 тонн

Классификация летательных аппаратов по диапазонам скоростей.

Таблица 2 – Классификация летательных аппаратов

Категория ВС	Диапазон скоростей, км/ч	Типы ВС
А	менее 169	АН-2, ИЛ-103, Л-410, ЯК-18Т, ЯК-52, СУ-26, СУ-29, СУ-31, все типы вертолетов
В	170–223	Л-39, ЯК-40, ЯК-42, АН-24, АН-26, АН-30, АН-72, АН-74, АН-140, ИЛ-114
С	224–260	АН-32, ТУ-134
Д	261–306	ИЛ-18, АН-12

Таким образом, сравнивая различные типы летательных аппаратов по их классификациям, можно сделать вывод, насколько современные достижения в области разработки летательных аппаратов высоки, по сравнению с разработкой первых летательных аппаратов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Виды летательных аппаратов. Классификация летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avia.pro/blog/vidy-letatelnyh-apparatov-klassifikaciya-letatelnyh-apparatov>. – Дата доступа: 11.11.2021.

2. Классификация летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aviav.ru/klassifikatsiya-letatelnyih-apparatov.html>. – Дата доступа: 11.11.2021.

УДК 629.7: 620.22

С.В. Синявская, Е.О. Галузо

Белорусская государственная академия авиации

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АВИАЦИИ. МАТЕРИАЛЫ В АВИАСТРОЕНИИ

Невозможно представить сегодняшний мир без авиации. Она служит нам как средство доставки грузов, перевозки пассажиров, и конечно, как средство защиты воздушных рубежей. Однако современные самолеты кардинально отличаются от тех, которые были пятьдесят, сто лет назад.

Основной оборот развитие воздухоплавания набирает в 1903 году, когда братья Райт совершили свой первый управляемый полет на самолете «Wright Flyer-1». Это был первый в истории человечества успешный полет на самолете с установленным

двигателем. Однако, несмотря на всю успешность первого полета, самолет имел множество недостатков. Являясь одним из первых самолетов, он был собран фактически полностью из дерева (ели), ткани и имел небольшое количество стальной проволоки. Имел маленькую максимальную скорость, которая показала максимальное значение 48 км/ч. Низкой была и ударопрочность самолета [1].

Несмотря на то, что дерево оставалось долгие годы основным материалом в самолетостроении, на смену ему подходили металлические конструкции. Так, в 1903 году немецкий ученый Альфред Вильм начал работу над созданием более легкого и прочного материала, нежели алюминий. В том же году, он установил, что сплав алюминия с 4 % меди после резкого охлаждения, находясь при комнатной температуре в течение недели, становится более твердым и прочным. Основываясь на его открытии, уже в 1910 г. в Дюрене было начато производство данного материала, который получил название дюралюминий. Вскоре, применение данного материала было опробовано при строительстве немецких дирижаблей, именуемых Цепелинами. Вскоре, за Германией данная разработка получила свое развитие во Франции, Великобритании и иных странах. Стоит отметить тот факт, что переход на дюралюминий для этих стран было не только выгодным, но и вынужденным. Вся проблема состояла в том, что начинался дефицит качественной древесины. В СССР также стояла задача наладить производство сплава, превосходящего по качеству обычный алюминий. Так, в 1922 году на базе Кольчугинского завода был получен новый сплав, ничем не уступающий немецкому дюралюминию, однако отличному от него наличием 0,5 % никеля, иным содержанием меди и марганца [2]. Назван данный сплав был кольчугалюминием. Все это положило начало развития гражданской и военной авиации.

В 1924 году ОКБ Туполева представило первый Советский цельнометаллический самолет. Назван он был АНТ-2, а его обшивка была целиком выполнена из кольчугалюминия. Это был один из первых самолетов, который можно было отнести к гражданской авиации. Он имел трехцилиндровый двигатель мощностью 100 л.с. «Bristol Lucifer». Свободнонесущие и высокорасположенные крылья, а также треугольный в сечении фюзеляж, оказал влияние на увеличение жесткости самолета и позволило отказаться от распорок. Серийные образцы АНТ-2 позволили вмещать в себя 3-х человек: один пилот и два пассажира. В том же году самолет был отправлен на испытания. Преимущественно был интерес, как цельнометаллический самолет поведет себя в условиях русской зимы.

Производство цельнометаллических самолетов началось уже с 1930-х годов. В то время велась активная борьба с коррозией дюралюминия. Этот вопрос был решен путем покрытия дюралюминия тонкой пленкой из алюминия. Также, в начале 1930-х годов был открыт вопрос о создании цельнометаллических бипланов. Однако у ученых ничего не получалось, а цельнометаллические бипланы выдавали те же показатели, что и деревянные. Металл начинал работу лишь тогда, когда он являлся основным составляющим прогрессивной схемы строения. Например, весьма распространенная в 1930-е годы форма прогрессивной схемы в самолетостроении – фюзеляж-монокок. Он представлял из себя конструкцию, когда несущая оболочка самолета являлась основным несущим элементом. Именно этот тип фюзеляжа лег в основу создания истребителей, бомбардировщиков и штурмовиков. Примерами этой конструкции могут послужить самолеты серии «Сталь».

С развитием авиации, росли и скорости самолетов. Так, в начале 1930-х годов, в лаборатории алюминиевых сплавов ВИАМа, началась работа над новым видом сплава. В основу новому сплаву лег алюминий с содержанием 4,5 % меди, 1,5 % магния и около 0,6 % марганца. Данный сплав получил маркировку Д-16 [3]. Сплав получился настолько удачным, что его применение растянулось на долгие 50 лет. А главным достатком данного сплава являлась возможность его использования в обшивке, крыльях, деталях каркаса, шпангоутов и т. д. Одним из примеров применения сплава Д-16 является советский легкий

истребитель И-15. Использование данного сплава позволило укрепить несущую конструкцию самолета и сделать его более устойчивым к различного рода маневрам на большой скорости.

Все тот же рост скорости и развитие авиации поспособствовало созданию высокопрочных сплавов и уже в начале 1950-х годов. Академик И.Н. Фридляндер, совместно с В.А. Ливановым начали разработку теории легирования высокопрочных сплавов. На основе этой теории, при введении в сплав алюминия меди, цинка и магния в определенных пропорциях, возник новый сплав. Этот сплав получил маркировку В-95. Главным достоинством данного сплава являлось то, что он был пластичным и имел высокую плотность. Общая прочность составляла порядка 550–560 МПа. Из явных недостатков можно выделить то, что он имел недостаточную стойкость к коррозии. Одним из методов борьбы с данным недостатком стало то, что сплав начали искусственно, двухступенчато старить. Использование данного сплава можно подметить в строении самолета Ту-154. Применение В-95 позволило существенно снизить вес самолета, а использовался он для покрытия верхней поверхности крыла. Плотность и высокая прочность позволила использовать данный материал преимущественно для верхней поверхности крыла. Это было связано с тем, что верхняя поверхность играет на сжатие, а нижняя – на расширение. Поэтому внизу использовался классический дюралюминий Д-16. Однако высокие потребности в долгосрочной эксплуатации материалов потребовали кардинального внесения изменений в сплав Д-16. Так, при внесении поправок в состав Д-16 появился деформируемый алюминиевый сплав марки 1163. В его состав входили помимо алюминия, еще медь Cu 4,1–4,5 %, магний Mg 1,3–1,6 %, марганец Mn 0,5–0,8 %, железо Fe до 0,15 %, цинк Zn около 0,1 %, кремний Si до 0,1 %, никель Ni до 0,05 %. Данный сплав имеет более высокие показатели пластичности и более высокий порог усталости. Используется сплав маркировки 1163 по сей день.

Для увеличения долговечности службы самолетов, пришел метод измельчения зерна. Для этого в сплав вводят до 0,1 % циркония. Это позволило уменьшить величину зерна металла, тем самым увеличив ресурс данного сплава. Примером может послужить сплав 1933. Он также является ковочным. Такой сплав используется в самолетах А-318 и А-319.

Несмотря на распространенность применения алюминия в авиации, на данный момент идет его активное вытеснение из авиационной промышленности. Сегодня идет активное внедрение композиционных материалов в самолетостроение. Так, явным примером подобного внедрения может послужить американский «Boeing-787 Dreamliner». Около 50 % элементов фюзеляжа представляют собой композиционные материалы на основе углерода. Применение подобного рода материалов представляет собой огромное преимущество перед классическими сплавами. Углепластик обладает высокой прочностью, позволяет существенно снизить вес воздушного судна. Высокая ударопрочность позволяет снизить шанс образования трещин на материале.

При первых попытках внедрения композитных материалов, были выявлены некоторые недостатки использования. В первую очередь, существенным недостатком стало то, что в местах соприкосновения композитов с алюминием начинала развиваться коррозия. Это было связано с образованием гальванической пары. Однако этот вопрос был решен путем покрытия мест соприкосновения титаном.

Ведется активная разработка в области сверхлегких сплавов. По заказу авиакомпания «Boeing», была создана сверхлегкая металлическая решетка, которая получила название «Microlattice». Она представляет собой решетку из полых никель-фосфорных трубок, имеющая массу в сотни раз легче пенопласта. Толщина трубок находится в пределах 100 нанометров. Для получения такой решетки используется специальная технология, согласно которой, полимер помещают под воздействие ультрафиолета, проходящего через фильтр. Благодаря своему строению, столь легкая

решетка способна выдержать колоссальную нагрузку. Это и делает ее актуальной в области авиастроения [4].

Подытожив, можно сказать, что за годы развития авиации велись попытки использования самых различных сплавов и материалов, однако преимущество и по сей день остается за алюминием. Но композиты и сверхлегкие материалы смогут заместить его уже в ближайшем будущем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров, В. Г. Справочник по авиационным материалам / В. Г. Александров. – М. : Транспорт, 1972. – 328 с.

2. Ti–6Al–4V ELI microlattice structures manufactured by electron beam melting: Effect of unit cell dimensions and morphology on mechanical behavior / G. Epasto [et al.]. – Sci. Eng.: A. 2019. – Vol. 753. – P. 31–41.

3. Кушнер, В. С. Материаловедение : учеб. для студентов вузов / В. С. Кушнер. – Омск : изд-во ОмГТУ, 2008. – 232 с.

4. Климов, В. Н. Современные авиационные конструкционные сплавы : учеб. пособие / В. Н. Климов. – Самара : изд-во Самарского университета, 2017. – 40 с.

УДК 629.048.3

Н.В. Соболев, А.С. Фимушин, В.К. Вершинин

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО СУДНА

В современных воздушных судах работа системы управления практически полностью обеспечивается за счет гидравлической системы. Гидравлическая система обеспечивает: создание рабочего давления в агрегатах системы управления; доставку к гидроусилителям и бустерам гидравлической жидкости; возможность резервирования системы управления за счет использования в воздушном судне нескольких гидравлических систем. Влияние одной системы на другую приводит к зависимости одной системы от другой соответственно. Данный факт отрицательно сказывается на надежности одной из систем воздушного судна и как следствие на безопасность полета летательного аппарата в целом.

Безопасность полетов – это совокупность свойств авиационной системы, характеризующих ее способность к функционированию (выполнению полетов) без авиационных происшествий [1]. Учитывая эти положения, можно принять, что авиационная система объединяет в себе следующие основные элементы: экипаж; воздушное судно; подсистему управления; подсистему обеспечения [1].

Возможность возникновения в полете особых ситуаций, взаимообусловленность различных причин их возникновения и развития ставят вопрос о надежности авиационной системы. Надежность авиационной системы во многом определяется надежностью ее технических элементов (воздушных судов, техники систем управления и обеспечения полетов). Надежность авиационной техники – свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования [2].

Рассмотрим характерные отказы гидравлической системы.

Негерметичность соединений трубопроводов. Большая часть разрушений является результатом возникновения многоциклового усталости. Усталостная прочность существенно зависит от ряда технологических факторов, таких как напряжения,

вызванные при монтаже трубопроводов и имеющиеся геометрические отклонения (овальность и разностенность) криволинейных участков трубопроводов.

Разрушение трубопроводов и их креплений в следствие возникновения больших переменных вибрационных нагрузок. Наряду с характерными силовыми, монтажными, температурными нагрузками действуют мощные кинематические воздействия и вибрации. Кинематические воздействия связаны с колебательными движениями элементов корпуса воздушного судна, агрегатов, силовых установок. Источниками вибраций служат пульсирующий внутренний поток, механические и гидравлические удары.

Засорение гидравлической жидкости продуктами износа работающих в системе механизмов и разрушения уплотнений. На чистоту гидрожидкости оказывает влияние используемые в системе агрегаты, а точнее характер их разрушения в случае возникновения неисправности или отказа. Так же влияние могут оказывать используемые уплотнения для герметизации соединений трубопроводов и приводных соединений в агрегатах системы. Разрушение данных элементов ведет к засорению фильтров гидравлической системы, тем самым уменьшая их пропускную способность, что приводит к изменению рабочего давления и соответственно приводит к не корректной работе самой системы в целом. В следствие этого существует вероятность попадания механических примесей в агрегаты системы управления (гидроцилиндры, гидроприводы, бустеры), что в свою очередь может привести к их отказу.

Изменение физико-химических свойств гидравлической жидкости в процессе работы в результате ее постоянного нагрева и охлаждения. Наличие перепадов температур рабочей жидкости, а также ее использование сверх установленных соответствующими нормативными документами сроков приводит к изменению ее физико-химических свойств. При перегреве гидрожидкости происходит разложение ортофосфорной кислоты (составляющая практически всех гидравлических жидкостей современных самолетов) на составляющие с образованием твердых фракций, что способствует загрязнению гидравлической системы в целом и засорению входящих в нее агрегатов.

Как рассматривалось ранее, гидравлическая система оказывает непосредственное влияние на систему управления воздушным судном, так как обеспечивает ее работу. В связи с этим, неисправности, которые могут привести к отказу гидросистемы в свою очередь могут привести к отказу и системы управления воздушным судном. Данное обстоятельство увеличивает вероятность возникновения особой ситуации в полете, которая может перерасти затем и в катастрофическую ситуацию. В связи с этим надежность гидравлической системы оказывает непосредственное влияние на надежность авиационной техники и соответственно на состояние безопасности полета в целом.

Так же в ходе развития гидравлических систем достаточно много сил и средств было уделено ее эксплуатационным свойствам, которые оказывают влияние на обеспечение процесса технической эксплуатации.

Эксплуатационные свойства – свойства характеризующие процессы изменения параметров устройств при их эксплуатации, а также действия и работы, которые необходимо проводить на авиационной технике при применении и технической эксплуатации и приспособленность АТ к выполнению этих действий и работ [2].

Одним из свойств, которое мы рассмотрим, это эксплуатационная технологичность.

Эксплуатационная технологичность – это совокупность свойств авиационной техники, характеризующих приспособленность ее к выполнению работ по технической эксплуатации, с использованием наиболее экономических, технологических процессов. Данное свойство показывает, насколько приспособлена авиационная техника, а в частности гидравлическая система воздушного судна, к выполнению работ по технической эксплуатации.

В настоящее время стремление к весовому совершенству обуславливает применение тонкостенных труб. Для изготовления трубопроводов воздушного судна широкое распространение получили бесшовные холоднотянутые и холоднокатаные трубы из высокопрочных сталей, меди, алюминиевых и титановых сплавов.

Для повышения надежности гидравлических систем воздушного судна, порою в ущерб эксплуатационной технологичности, использовали резервирование. То есть функцию отказавшей системы полностью или частично брала на себя соседняя гидравлическая система.

Одним из направлений в оптимизации гидравлических систем воздушных судов с целью увеличения их надежности и повышения уровня безопасности полетов является применение электрогидростатических усилителей. Особенностью этого привода является модульная конструкция. Привод состоит из трех основных частей: блока управляющей и силовой электроники, электродвигателя с насосом и силового гидроцилиндра, которые могут быть скомпонованы друг с другом различными способами в зависимости от имеющегося свободного объема для размещения привода. Другой особенностью является использование маслопогруженного электродвигателя, когда насос и электродвигатель установлены в общем герметичном корпусе, и ротор электродвигателя вращается в гидросмеси.

Основным преимуществом данных усилителей является абсолютная независимость от общей гидросистемы самолета, то есть каждый гидроцилиндр уже является независимой гидросистемой. В случае применения таких электрогидростатических усилителей в системе управления воздушного судна позволит полностью исключить из конструкции самолета гидравлическую систему.

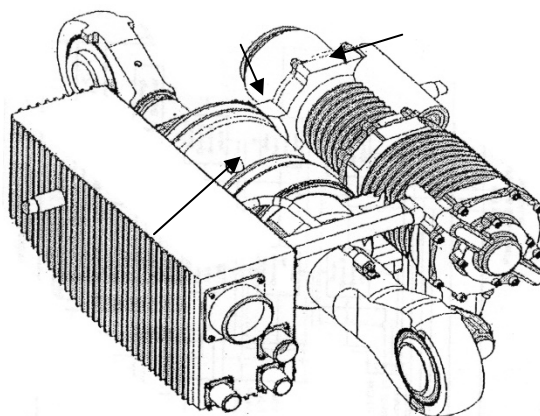


Рисунок 1 – Электрогидростатический усилитель:

- 1) блок управляющей и силовой электроники;
- 2) силовой гидроцилиндр;
- 3) электродвигатель с насосом

Переход на использование электрогидростатических усилителей в системе управления воздушного судна и взлетно-посадочных устройств может дать следующие преимущества:

- снижение массы конструкции и стоимости самолета;
- упрощение бортовых систем за счет исключения гидравлической системы;
- упрощение структуры и снижение стоимости эксплуатации и наземного обслуживания;
- улучшение экологических условий при эксплуатации и наземном обслуживании.

Использование такого типа системы управления, который будет состоять из электрогидростатических усилителей, сократит вероятность загрязнения гидрожидкости

продуктами износа работающих в системе механизмов и разрушением уплотнений, а также будет способствовать уменьшению вероятности изменения физико-химических свойств гидрожидкости ввиду ликвидации одного из источников загрязнений.

Случаи негерметичности также смогут значительно уменьшиться, поскольку потенциальные источники течи будут удалены (трубопроводы, места сгибов и соединений).

Становится доступным метод многократного резервирования системы, так как проложить дополнительный провод от управляющего устройства к исполнительному механизму гораздо проще, легче и надежней. Для увеличения же эксплуатационной надежности возможно дублирование тросовыми проводками.

Управление рулевыми поверхностями за счет применения электрогидростатических усилителей позволит более точно осуществлять контроль за изменением параметров, что обеспечит более точное отслеживание работы системы в реальном времени.

В заключение можно отметить, что применение в системе управления электрогидростатических усилителей позволит повысить надежность системы управления воздушным судном, что в свою очередь повысит безопасность полетов. Кроме того данные усилители будут способствовать исключению из конструкции воздушного судна общей гидравлической системы, что приведет к уменьшению массовых характеристик воздушного судна. Простота конструкции усилителей и их унифицированность повысит уровень эксплуатационной технологичности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шамшин, С. С. Боевая подготовка и безопасность полетов / С. С. Шамшин. – М., 2004. – 482 с.
2. Эксплуатация боевой авиационной техники. Техническая эксплуатация боевой авиационной техники / Е. В. Фетисов [и др.]. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 125 с.

УДК 621.313.629.73

К.В. Терещенко, А.Г. Капустин

Белорусская государственная академия авиации

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА ПРИ РАБОТЕ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА НА МОЩНУЮ АСИНХРОННУЮ НАГРУЗКУ

Объектом исследования выбран канал генерирования переменного тока постоянной частоты 400 Гц и напряжением 115/200 В. Источником электроэнергии является трехфазный бесконтактный генератор, работающий в совокупности с аналоговым полупроводниковым регулятором напряжения (ПИД-регулятор), нагрузкой является асинхронный двигатель мощностью 30 кВА. В процессе эксплуатации установлено, что качество электроэнергии канала (особенно при запуске двигателя) не соответствует требованиям [1].

Цель работы – синтезировать регулятор напряжения, устраняющий вышеперечисленные недостатки. Для достижения цели в работе в среде *MatLab* разработана имитационная модель канала генерирования с асинхронной нагрузкой, синтезирован нечеткий регулятор напряжения, проведены исследования работы канала генерирования с существующим и синтезированным регуляторами напряжения, выполнена компаративная оценка эффективности указанных регуляторов напряжения.

Проведенный анализ аппаратных средств и методов, с помощью которых можно синтезировать систему регулирования, показал, что наиболее перспективным

направлением повышения качества электрической энергии систем электроснабжения является применение методов машинного обучения (искусственный интеллект, нечеткая логика) для управления выходными координатами этих систем [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10].

Для выполнения процедуры синтеза нечеткого регулятора выполнено имитационное моделирование по влиянию конструктивных особенностей генератора мощностью 60 кВА на его статические и динамические характеристики при действии асинхронной нагрузки мощностью 30кВА [1, 2].

Анализ результатов эксперимента показывает, что учет демпферных контуров по обеим осям d и q в уравнениях математической модели генератора оказывает незначительное влияние на протекание переходных электромагнитных процессов лишь на интервале времени, близком к моменту изменения сигналов управления и токов нагрузки. При этом снижаются величины перерегулирований напряжения генератора приблизительно на (1,3–2,0) % по сравнению с натурным экспериментом.

Анализ кривых изменения выходного напряжения генератора при имитационном моделировании с учетом и без учета влияния трансформаторных ЭДС, в математической модели показывает, что качественно процессы протекают аналогично. Однако при учете трансформаторных ЭДС имеют место большие отклонения напряжения при действии возмущений (включении и отключении асинхронного двигателя) и изменении сигнала управления (тока возбуждения генератора): величины отклонений напряжения генератора увеличены на (6–12) % по сравнению с натурным экспериментом. При пренебрежении влиянием трансформаторных ЭДС величины отклонений напряжения генератора в моменты действия возмущений и изменения управляющих воздействий занижены на (8–14) % по сравнению с экспериментальными кривыми. Помимо этого, при неучете трансформаторных ЭДС время переходного процесса увеличивается на (15–30) % в зависимости от величины коммутации нагрузки.

Проведенные исследования по влиянию насыщения магнитной системы генератора, трансформаторных ЭДС, демпферных контуров позволили в данном случае заключить, что при проведении синтеза нечеткого регулятора напряжения:

допустимо пренебрегать влиянием демпферных контуров;

расчеты переходных процессов генератора целесообразно проводить с учетом влияния трансформаторных ЭДС ибо, в противном случае, при изменении при коммутации мощной асинхронной нагрузки перерегулирования напряжения будут увеличены на (5–18) %, а время переходного процесса – на (15–35) % по сравнению с данными натурального эксперимента;

погрешность моделирования статических режимов тем больше, чем меньше ток возбуждения генератора.

При синтезе регулятора использовались правила нечеткой логики, созданные по типу нечеткого вывода *Mamdani* [3].

Для оценки эффективности работы нечеткой логики проведем сравнительный анализ ПИД-регулятора и нечеткого регулятора при коммутациях асинхронной нагрузки [1, 2].

Анализ результатов моделирования работы регуляторов (ПИД- и нечеткого) показал:

7 правил являются минимальным количеством правил, при которых система с нечеткой логикой способна эффективно регулировать напряжение генератора. Количество правил 1–6 недостаточно для осуществления регулирования, то есть система при таком количестве правил практически не реагирует на управляющий сигнал (на изменение тока возбуждения);

при увеличении количества правил с 8 до 10 эффективность регулирования практически не меняется и остается такой же, как при применении 7 правил;

при увеличении количества правил до 11 система регулирования становится более робастной (величина перерегулирования уменьшается на 5,7 % по сравнению с процессами регулирования при использовании 7 правил);

дальнейшее увеличение правил с 12 до 15 и выше показало, что эффективность управления не повышается;

нечеткий регулятор при 7–15 правилах является более робастным и время регулирования значительно меньше в сравнении с робастностью и быстродействием ПИД-регулятора;

оптимальными для системы регулирования напряжения при коммутации мощных асинхронных нагрузок являются 7 и 11 правил.

Для более детального анализа эффективности нечеткого регулятора проанализирована его работа при периодических возмущениях (включение-выключение нагрузки, изменение оборотов асинхронного двигателя, изменение скольжения при нагрузке на двигатель):

при сравнении работы нечеткого регулятора и ПИД-регулятора с периодическими возмущениями можно отметить, что ПИД-регулятор имеет низкую робастность в сравнении нечетким регулятором.

работа регулятора при 7 и 11 правилах с периодическими возмущениями. показывает, что при 11 правилах нечеткая система более робастна в сравнении с работой при 7 правилах, однако время регулирования незначительно увеличивается. Так как для системы регулирования напряжения в данном случае главным критерием является робастность, то целесообразно использовать 11 правил;

расчет энергетических затрат показал и подтвердил эффективность нечеткого регулятора с 11 правилами по энергозатратам на управление системой регулирования при действии мощных асинхронных нагрузок.

Таким образом, система с нечетким регулятором напряжения может быть использована для управления электроагрегатами перспективных самолетов, например, в системе электропривода колес основных стоек шасси, в системе управления топливными насосами, в системе управления электрокомпрессорами системы кондиционирования воздуха.

Синтезированный интеллектуальный регулятор напряжения на основе нечеткой логики в сравнении с современными полупроводниковыми регуляторами имеет более высокие показатели качества электроэнергии по времени регулирования, времени отклика, величине ошибки регулирования и величине перерегулирования. Качество управления зависит от выбранного метода нечеткой логики и количества правил, используемых при конструировании нечеткого регулятора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы электроснабжения самолетов и вертолетов. Общие требования и нормы качества электроэнергии : ГОСТ Р 54073–2017. – Введ. 28.12.2017. – М. : Стандартинформ, 2018. – 36 с.
2. Astrom, K. PID Controllers : Theory, Design and Tuning / K. Astrom, T. Hagglund. – The Instrumentation, Systems and Automation Society (ISA), 1995. – 220 p.
3. Mamdani, E. H. An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller / E. H. Mamdani, S. Assilian // International Journal of Man-Machine Studies. – 1975. – Vol. 7, № 1. – P. 1–13.
4. Денисенко, В. ПИД – регуляторы: вопросы реализации / В. Денисенко // Современные технологии автоматизации. – 2008. – № 1. – С. 86–97.
5. Аналитическое конструирование регуляторов, оптимальных по точности и быстродействию / В. В. Сурков [и др.] // Тульский Государственный Университет. – Тула, 2005. – 300 с.

6. Васильев, Д. Системы автоматического управления / Д. Васильев, В. Чуич. – Рига : Академическое издание Палмарий, 2012. – 200 с.
7. Eriksson, L. PID Controller Tuning for Integrating Processes: Analysis and New Design Approach / L. Eriksson, Oksanen. – In Proc. Fourth International Symposium on Mechatronics and its Applications, harjah, UAE, Mar. 2007. – London, 2007. – P. 25–37.
8. New Techniques of PID Controller Tuning of a DC Motor – Development of a Toolbox / Dr. Satya Sheel, Omhari Gupta // MIT International Journal of Electrical and Instrumentation Engineering. – 2012. – № 3. – P. 65–69.
9. Increasing Customer Value of Industrial Control Performance Monitoring – Honeywell's Experience / Lane Desborough and Randy Miller, Honeywell Hi-Spec Solutions – Thousand Oaks, CA 91320.
10. Wen, T. Comparison of some well-known PID tuning formulas / Wen. Tan. Jizhen Liu, Tongwen Chen, Horacio. J. Marquez // Computers and Chemical Engineering. – 2006. – № 30. – P. 1416–1423.
11. Леоненков, А. Ю. Нечеткое моделирование в среде Matlab и fuzzyTech / А. Ю. Леоненков. – СПб. : БХВ, 2003. – 720 с.

УДК 303.094.7

В.К. Филатов, П.С. Костин

*ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ДАЛЬНЕГО ТЯЖЕЛОГО САМОЛЕТА

Для изучения динамики движения самолета в целях определения его летно-технических характеристик, предельных режимов полета и характеристик устойчивости и управляемости необходимо проведение множественных натурных испытаний. Такие исследования являются ресурсозатратными, опасными, дорогими в финансовом отношении, а также требуют привлечение летного и технического состава. Создание и исследование динамики движения полунатурных имитационных моделей в прикладной программе Matlab@Simulink позволяет решить данную проблему.

В целях исследований была разработана модель динамики пространственного движения дальнего тяжелого самолета в продольном канале. Математическая модель представлена блок-схемой уравнений (рисунок 1), которая включает в себя следующие блоки: констант и начальных условий (задаются начальные параметры полета и геометрические и инерционные характеристики модели самолета); параметров атмосферы; дифференциальных уравнений (система уравнений, описывающая пространственное движение модели); аэродинамических сил, проекций результирующей силы и моментов; расчета координат пространственного положения центра масс модели самолета; командных рычагов управления (включение джойстика для задачи сигналов отклонения рулевых поверхностей и режима работы СУ (РУД)); реального времени (позволяет задавать скорость моделирования); материалы объективного контроля полета (запись изменения параметров полета во внешний файл); визуализации (позволяет представить траекторию движения и пространственное положение самолета в графическом виде).

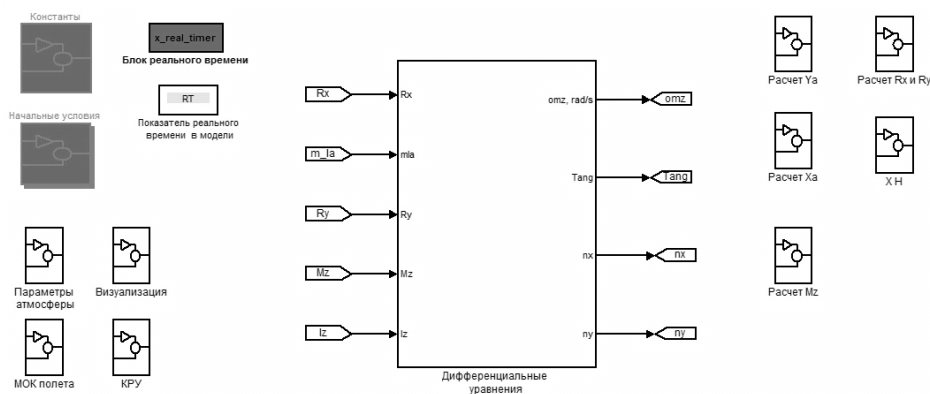


Рисунок 1 – Блок-схема математической модели динамики движения самолета

Система дифференциальных уравнений, описывающая пространственное движение модели, представлена в следующем виде:

$$\begin{cases} \frac{dV_x}{dt} = \frac{R_x}{m} + \omega_z V_y; \\ \frac{dV_y}{dt} = \frac{R_y}{m} - \omega_z V_x; \\ \frac{d\omega_z}{dt} = \frac{M_z}{I_z}. \end{cases} \quad (1)$$

Simulink-модель системы дифференциальных уравнений, описывающих динамику продольного движения самолета представлена на рисунке 2.

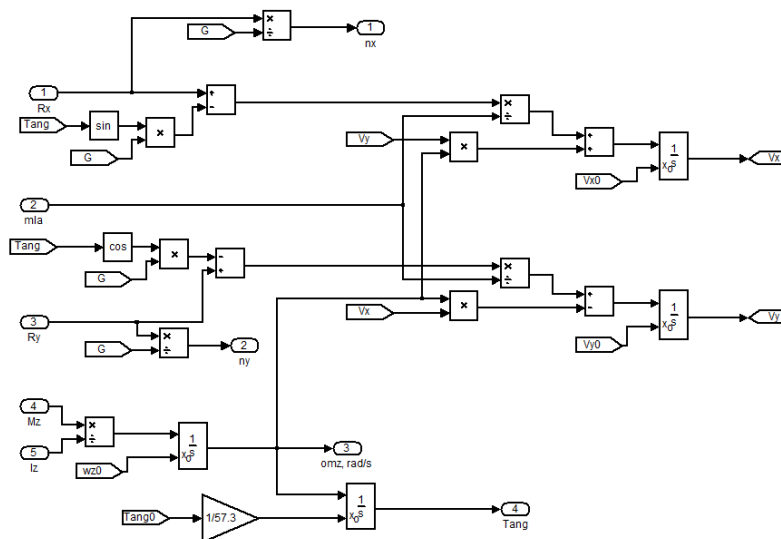


Рисунок 2 – Simulink-модель системы дифференциальных уравнений

Геометрические, массовые, аэродинамические и инерционные характеристики выбирались в соответствии с характеристиками типового дальнего тяжелого самолета.

Управляющие сигналы по отклонению стабилизатора и изменению тяги двигателей задаются с помощью джойстика, что позволяет пилотировать самолет на необходимых режимах работы силовой установки (рисунок 3).

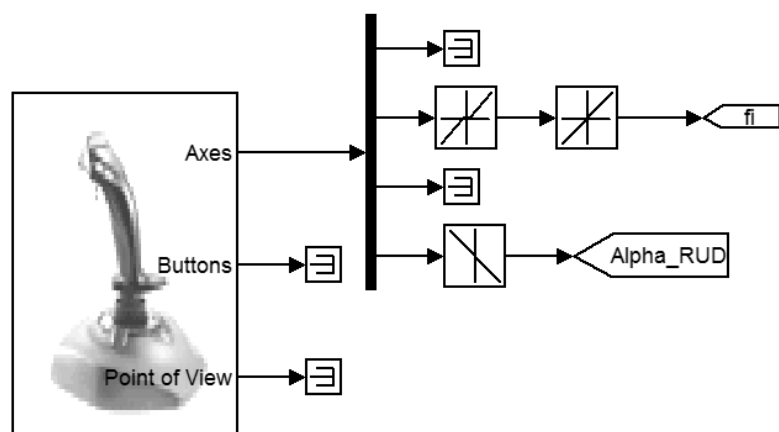


Рисунок 3 – Командный рычаг управления продольного канала и силовой установки

Для наглядного представления и последующего анализа результатов моделирования был создан блок визуализации, который включает в себя функциональные элементы визуализации Simulink-модели для построения траектории движения и отображения углового положения математической модели в пространстве в процессе моделирования (рисунок 4, 5).

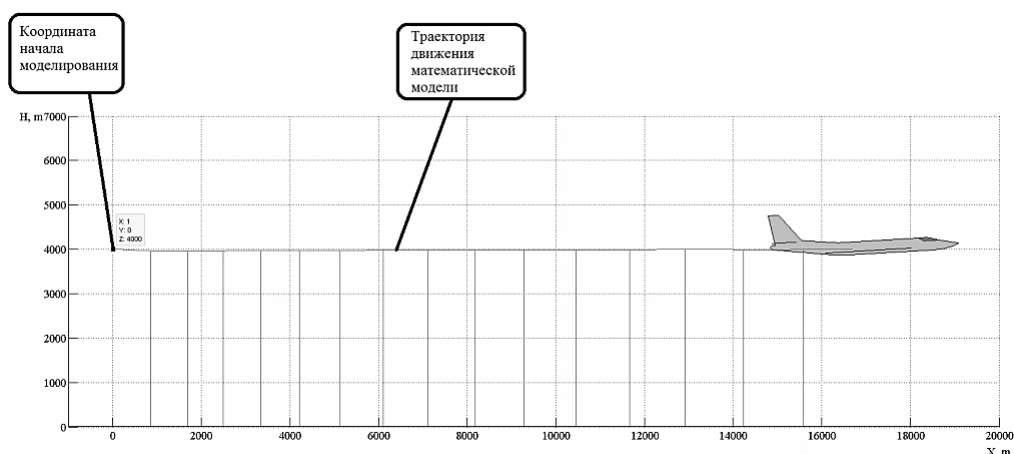


Рисунок 4 – Траектория движения математической модели

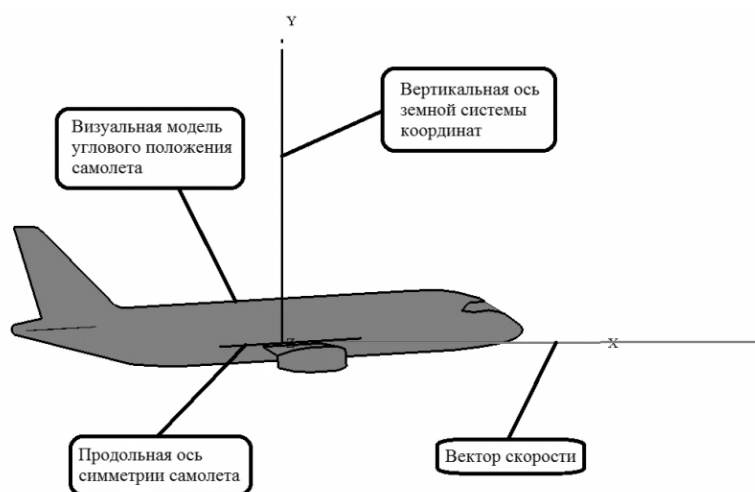


Рисунок 5 – Угловое положение математической модели

В целях анализа результатов моделирования и построения графиков изменения параметров модели в процессе моделирования, все значения записываются во внешний файл с помощью блока МОК.

Таким образом, для определения летно-технических характеристик, предельных режимов полета и характеристик устойчивости и управляемости была разработана имитационная модель динамики пространственного движения дальнего тяжелого самолета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лысенко, Н. М. Динамика полета. Устойчивость и управляемость летательных аппаратов / Н. М. Лысенко. – Воронеж : Типография ВВИА им. профессора Н. Е. Жуковского, 1967. – 640 с.
2. Дьяконов, В. П. MATLAB 7/R2006/R2007 : самоучитель / В. П. Дьяконов. – М., 2008. – 768 с.
3. Системы управления летательных аппаратов. Полунатурное моделирование динамики самолетов с системой управления на пилотажных стендах : учеб. пособие / Д. В. Верещиков [и др.]. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2020. – 114 с.

УДК 621.45.03,54-31

Е.А. Шапорова, В.А. Котович, С.О. Стойко

Белорусская государственная академия авиации

КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВИАДВИГАТЕЛЯ

Требования ИКАО к экологическим характеристикам авиационных двигателей возрастают с каждым годом. В ходе работы газотурбинных двигателей (ГТД) выделяются окиси азота (NO_x), оксиды углерода (CO), углеводороды (CH) и дым (SN), которые образуются в результате неполного сгорания топлива, диссоциации CO_2 , наличия холодного пристеночного слоя в результате стандартной схемы охлаждения воздуха и стенок в жаровой трубе, окисления азота, содержащегося в атмосферном воздухе и в топливе [1, 2]. Современные решения по снижению вредных выбросов заключаются в реализации определенных схем камер сгорания (КС) ГТД и схем горения, однако такие КС имеют ограниченный ресурс и сложную конструкцию [2, 3]. Существует также способ очистки газовых выбросов на адсорбционном, абсорбционном и каталитическом методах. Одним из наиболее эффективных способов снижения уровня загрязнений в выхлопных газах ГТД представляется их каталитическая очистка [4].

К катализаторам очистки газов предъявляются весьма жесткие требования по активности, избирательности каталитического действия, термостабильности, устойчивости к действию ядов, механической прочности, теплопроводности и др. В настоящее время все большее распространение получают монокристаллические многокомпонентные каталитические системы. Одними из наиболее перспективных на наш взгляд являются катализаторы на основе таких металлов, как Cr, Al, Fe, Cu, Zn и др., которые при их совместном присутствии на поверхности носителя при температуре 400–600°C формируют соединения шпинельной структуры, активные в окислительно-восстановительных превращениях смеси CO и NO_x .

В настоящей работе представлены результаты исследований гидроксидно-оксидных систем, содержащие ионы Al, Cr, Cu, Zn, в которых при определенных соотношениях формируется шпинель типа $\text{M(III)}_2\text{M(II)}\text{O}_4$, что подтверждают данные ИК-спектроскопии, дифференциально-термического, рентгенофазового и химического анализов [5].

В практике использования катализаторов одним из важных моментов является получение развитой пористой структуры и значительной величины удельной поверхности,

а также способ нанесения каталитически активного вещества на поверхность, в связи с чем было изучено распределение кислотно-основных центров Бренстеда и Льюиса по силе и количеству на поверхности оксида хрома(III), выбранного в качестве модельной системы.

Полученные экспериментальные данные, представленные на рисунке 1, показывают, что распределение активных центров носит немонотонный и неоднородный характер, что проявляется в дискретности и достаточно четкой дифференциации полос адсорбции с максимумами разной интенсивности, отвечающими определенному значению рКа.

Сравнение кривых распределения кислотно-основных центров Al_2O_3 и в шпинельной фазе Al_2O_3 -CuO свидетельствует о значительном увеличении активных центров в двойной системе, что обусловлено на наш взгляд формированием шпинельной структуры и выходом на поверхность значительного количества активных центров.

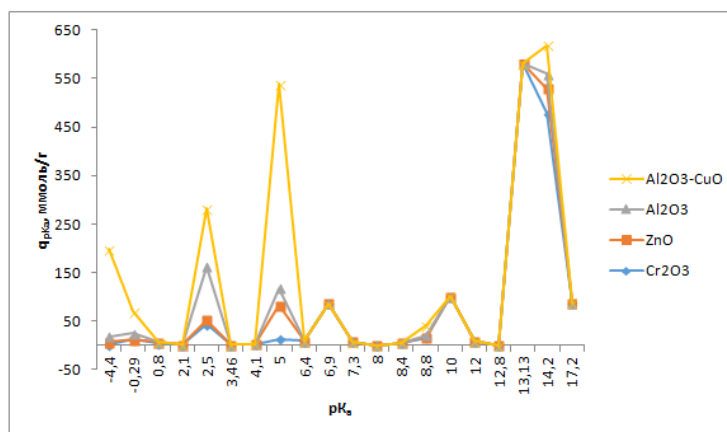
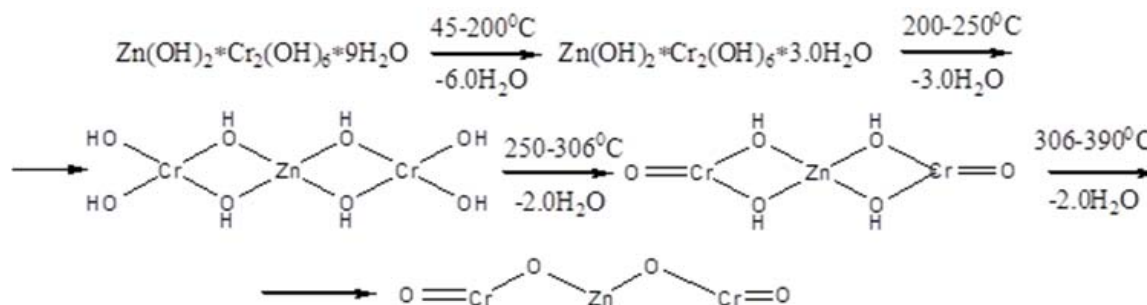


Рисунок 1 – Распределение кислотно-основных центров на поверхности оксидов [5]

Результаты исследований методом ИК-спектроскопии и рентгенофазового анализа подтверждают сделанные выводы: более низкая степень кристалличности двойных оксидных систем говорит о включении в структуру гидроксигрупп, атомов кислорода, обеспечивающих пористость структур оксидов и повышение содержания основных и кислотных центров на поверхности, активных в каталитических процессах. При этом формирование шпинельной фазы при термическом разложении исходных гидроксидов с соотношением компонентов $Cr(III):Zn(II)=2:1$ происходит в следующей последовательности:



По температуре эксплуатации шпинельные структуры на основе хрома характеризуются увеличением каталитической активности при $T = 900-950^\circ C$; шпинели на основе алюминия выдерживают температуры \sim до $2000^\circ C$. Температуры газов, проходящих лопатки турбины достигают $1500^\circ C$, следовательно, в качестве катализатора, нанесенного на лопатки можем использовать шпинели второго типа.

Для того, чтобы использование катализатора не оказывало негативного влияния на течение газов в ГТД целесообразно наносить его на лопатки рабочих колес турбины и сопловые аппараты.

Но в таком случае мы не сможем увеличить время контакта и объем проходящего воздуха в силу сохранения формы внешней поверхности лопатки. А это является необходимым фактором для повышения эффективности такой системы.

Возможные способы увеличения времени контакты выхлопных газов с катализатором могут быть связаны с изменением площади лопаток за счет изменения их структуры и без изменения формы. Подобные конструкции лопаток турбины ГТД используются для обеспечения более эффективного их охлаждения [6].

Пористая структура лопатки (рисунок 2) позволит большему объему воздуха взаимодействовать с катализатором за счет увеличения общей площади контакта. С технической точки зрения такой тип лопатки сложно реализуем и неприменим в подвижных частях ГТД из-за относительно низкой прочности.

Использование лопатки с впадинами (рисунок 3) так же увеличит общую площадь поверхности, при этом прочность лопатки изменится незначительно. Однако для их применения необходимо произвести исследование аэродинамики поверхности такой формы и ее возможность применения в газоздушном тракте ГТД. Покрытие катализатором с формированием сетчатой поверхности (рисунок 4) позволяет незначительно увеличить площадь контакта, однако не требует изменения структуры лопатки.

В общем случае, такие виды лопаток и покрытий могут быть применены в выпрямителях потока, которые находятся за последним колесом турбины и не оказывают значительного влияния на поток воздуха внутри турбины ГТД. Тем не менее для применения подобных лопаток в газоздушном тракте ГТД необходимо произвести исследование аэродинамики поверхности их формы.

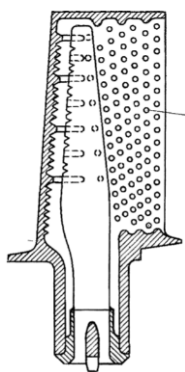


Рисунок 2 – Пористая лопатка

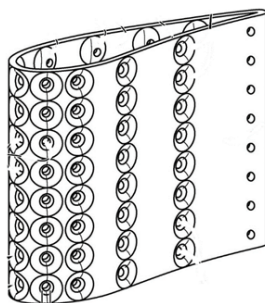


Рисунок 3 – Лопатка с впадинами

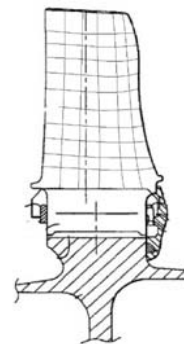


Рисунок 4 – Сетчатое покрытие катализатором (схематично)

В работе рассмотрены существующие способы очистки выходных газов ГТД, оценена их эффективность. Показано, что наиболее перспективным на современном этапе развития науки и техники является метод каталитической очистки, основанном на селективном восстановлении оксидов азота и окислении монооксида углерода с использованием катализаторов. Этот способ реализуем в условиях работы ГТД, то есть, при высокой температуре (более 1000°С) и низких временах контакта газа и поверхности катализатора.

Рассмотрены гидроксидно-оксидные системы, содержащие атомы хрома, алюминия, цинка, меди, образующие шпинельные структуры. На основе результатов

исследования рядом методов обоснована структура шпинелей и активность поверхности в каталитических процессах.

Для достижения наибольшего времени контакта между газом и поверхностью катализатора и увеличения объема контактируемого газа наносить катализатор на поверхность лопаток, имеющих не гладкую структуру. Предложенные виды лопаток и покрытий могут быть применены в выпрямителях потока, которые находятся за последним колесом турбины и не оказывают значительного влияния на поток воздуха внутри турбины ГТД. Для применения подобных структур лопаток турбины необходимо произвести исследование аэродинамики их формы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Некоторые аспекты авиатопливообеспечения / В. А. Котович // Авиация: история, современность, перспективы развития : сборник материалов III Международной научно-практической конференции БГАА, Минск, 2018. – Минск, 2018. – С. 144–147.
2. Комаров, Е. М. Методы уменьшения эмиссии вредных веществ в камерах сгорания ГТД и ГТУ / Е. М. Комаров // Машиностроение и компьютерные технологии. – 2018. – № 5. – С. 9–29.
3. Современные методы снижения вредных выбросов с отработавшими газами автотранспорта / В. Л. Гапонов // Технологии техносферной безопасности. – 2008. – Вып. 6. – С. 8–23.
4. Каталитическая очистка газовых выбросов от оксидов азота и углерода / Р. И. Кузьмина, В. П. Севостьянов // Росс. хим. журн. – 2000. – Т. 44, № 1. – С. 71–77.
5. Шапорова, Е. А. Кислотно-основные свойства поверхности оксида хрома (III) / Е. А. Шапорова [и др.] // Вес. Нац. акад. навук Беларусі. Сер. хім. навук. – 2021. – Т. 57, № 3. – С. 270–277.
6. Каблов, Е. Н. Высокоэффективное охлаждение лопаток горячего тракта ГТД / Е. Н. Каблов, О. Г. Оспенникова, И. Л. Светлов // Авиационные материалы и технологии. – 2017. – № 2 (47). – С. 3–14.

УДК 681.5

Л.А. Иваницкий, А.А. Шейников

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТА-ИСТРЕБИТЕЛЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ

Система управления самолета-истребителя является комплексной, обеспечивает процесс управления положением самолета в пространстве и при движении на земле, а также повышает эффективность его боевого применения и безопасность полета.

Система управления включает: систему неавтоматического (ручного) управления, систему автоматического управления (САУ), систему управления движением самолета по земле, систему контроля и обеспечения безопасности полета, систему индикации.

Управление полетом самолета осуществляется отклонением стабилизатора, элеронов, рулей направления, поворотных носков крыла как по командам летчика, так и САУ.

При ручном управлении САУ работает в режимах демпфирования и стабилизации заданных характеристик устойчивости и управляемости самолета, а все функции по формированию управляющих сигналов и отклонению рулей выполняет летчик. При включенной САУ в режим «ДЕМПФЕР» рулевые агрегаты являются ее исполнительными устройствами и обеспечивают заданные характеристики устойчивости, управляемости и демпфирования колебаний самолета.

Анализ рекламаций, предъявленных на отремонтированную авиаремонтным предприятием авиационную технику показал низкий уровень технической безопасности систем САУ и СОС, что связано с отсутствием:

1. технической документации на капитальный ремонт системы типа СОС-3 (имеющиеся технологические карты не позволяют в полной мере провести дефектацию и испытания, с целью оценки качества ремонта системы);

2. стендового оборудования для проведения дефектации и испытания отремонтированных систем типа САУ-451 (имеющаяся эксплуатационная контрольно-проверочная аппаратура не позволяет оценить качество проведенного ремонта).

Для решения этой проблемы предлагается проводить послеремонтную оценку качества работоспособности систем САУ-451 и СОС-3 не по качественной оценке летного состава (после испытательного полета самолета на авиаремонтном предприятии), а по материалам объективного контроля (на основании информации, зарегистрированной бортовым устройством регистрации полетной информации «Тестер-У3 сер.Л»).

Оценку качества функционирования продольного канала системы САУ-451 (рисунок 1) в режиме «ДЕМПФЕР» и системы СОС-3 при изменении угла атаки самолета от 0 до 26° при испытательном полете можно реализовать с помощью приложения Simulink пакета MATLAB компании MATHWORKS с использованием базы данных объективного контроля и теории автоматического управления.

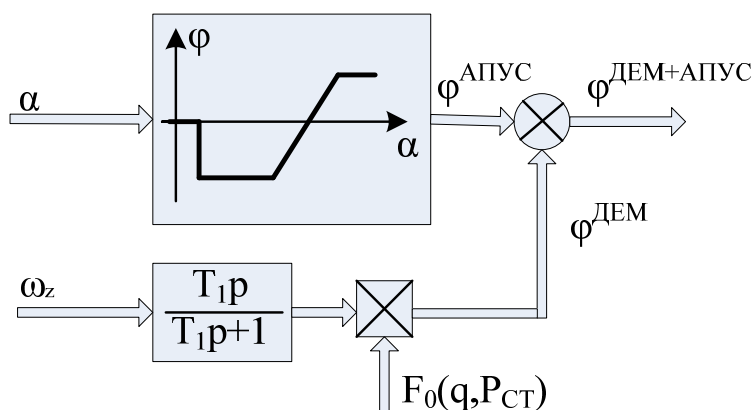


Рисунок 1 – Структурная схема продольного канала системы САУ-451

Зная структурную схему продольного канала САУ-451 можно построить модель этого канала в среде Simulink, исходными данными в которой будет зарегистрированная системой «Тестер-У3 сер.Л» информация, перенесенная в наземное устройство обработки полетной информации «Двина-М».

Особенности измерения и регистрации полетной информации системой «Тестер-У3 сер.Л» имитируются с помощью блоков пакета MATLAB: Quantizer и Random Source. С помощью блока Quantizer моделируется квантование измерений по уровню, а с помощью блока Random Source моделируется погрешность регистрации параметров.

Выход носков крыла происходит при углах атаки $(8,7 \pm 1)^\circ$, для этого зарегистрированную информацию необходимо промоделировать при минимальном и максимальном значениях данного параметра, а затем провести усреднение результатов, отражающее отклонение штока автомата автономной рулевой машинки автомата продольной устойчивости самолета (АРМ-АПУС) от угла атаки (рисунок 2).

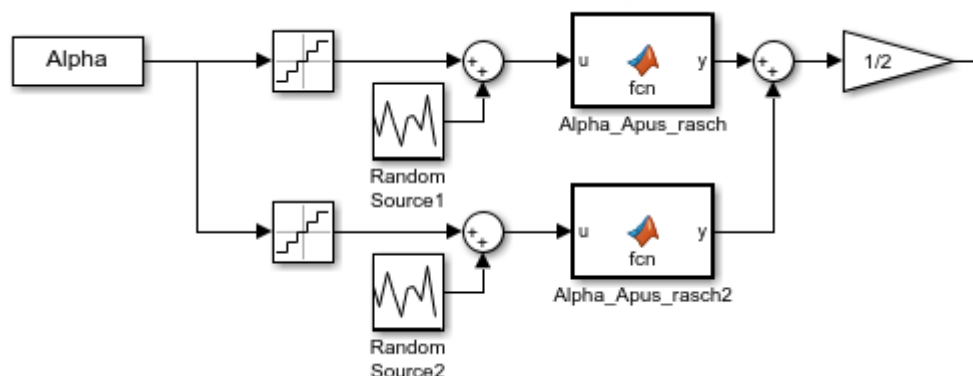


Рисунок 2 – Расчетное значение положения штока АРМ-АПУС

Ввиду того, что угловая скорость относительно оси OZ от датчика угловой скорости по тангажу (ДУС-Т) не регистрируется системой «Тестер-УЗ сер.Л», для получения информации об изменении угловой скорости относительно оси OZ необходимо продифференцировать угол тангажа, используя блоки пакета MATLAB: Quantizer, Derivative и Random Source. Назначение блоков Quantizer и Random Source описаны выше. С помощью блока Derivative производится дифференцирование аналоговых сигналов, например – значения угла тангажа.

Продифференцированный угол тангажа необходимо направить на изодром с постоянной времени T_1 , предназначенный для подавления постоянной составляющей, которая возникает в основном при движении самолета в вираже на постоянной высоте. Из-за наклона оси чувствительности датчика ДУС-Т (вместе с корпусом самолета) на вход демпфера поступает сигнал, пропорциональный угловой скорости вращения самолета в горизонтальной плоскости, что во-первых, загружает канал демпфера и, во-вторых, вызывает неоправданное отклонение стабилизатора на пикирование. Кроме того, наличие издрома в цепи сигнала угловой скорости относительно оси OZ компенсирует уменьшение передаточного отношения от ручки управления самолетом к установившейся угловой скорости относительно оси OZ, вызываемое обратной связью по указанной угловой скорости.

Значение времени регулирования в продольном канале демпфирования САУ-451 выбирают в диапазоне 2...3 с (по мнению летного состава таким самолетом управлять легко). Следовательно, значение рассматриваемой постоянной времени в указанном издроме выбирается $T_1 = 0,5$ с.

За издромом следует коэффициент усиления $k_B^{\omega_z}$, который в режиме САУ «ДЕМПФЕР» изменяется в диапазоне 0,125–0,8 град. стаб./град. с⁻¹ в зависимости от параметров полета. Ввиду того, что оценка работоспособности режима САУ «ДЕМПФЕР» и СОС будет производиться при выполнении первого испытательного полета на высотах свыше 9000 м. (плотность воздуха с увеличением высоты уменьшается) и приборных скоростях около 300 км/ч (с уменьшением приборной скорости, скоростной напор уменьшается), то значение $k_B^{\omega_z}$ следует выбирать равным 0,7 (рисунок 3).

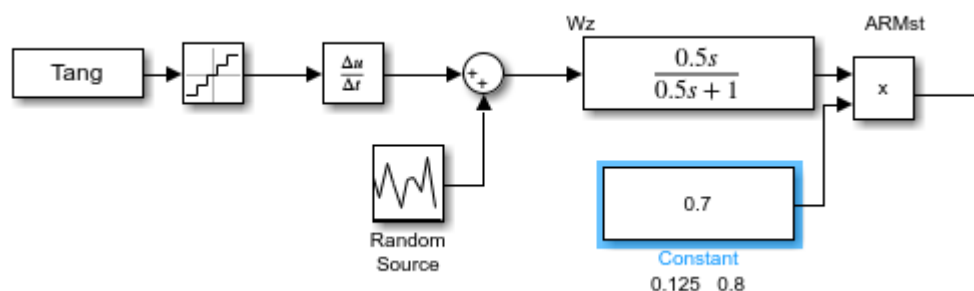


Рисунок 3 – Расчетное значение положения штока автономной рулевой машинки стабилизатора (АРМ-СТ)

Полная разработанная модель продольного канала САУ-451 в режиме «ДЕМПФЕР», для оценки качества работы этого канала в указанном режиме, а также оценки качества работы канала СОС-3 при увеличении угла атаки до 25–26°, изображена на рисунке 4.

По полученной модели производится сравнение расчетных значений АРМ-АПУС и АРМ-СТ со значениями зарегистрированными системой «Тестер-УЗ сер.Л». Сравнение указанных значений позволяет выявить несоответствия в регулировках указанных каналов САУ.

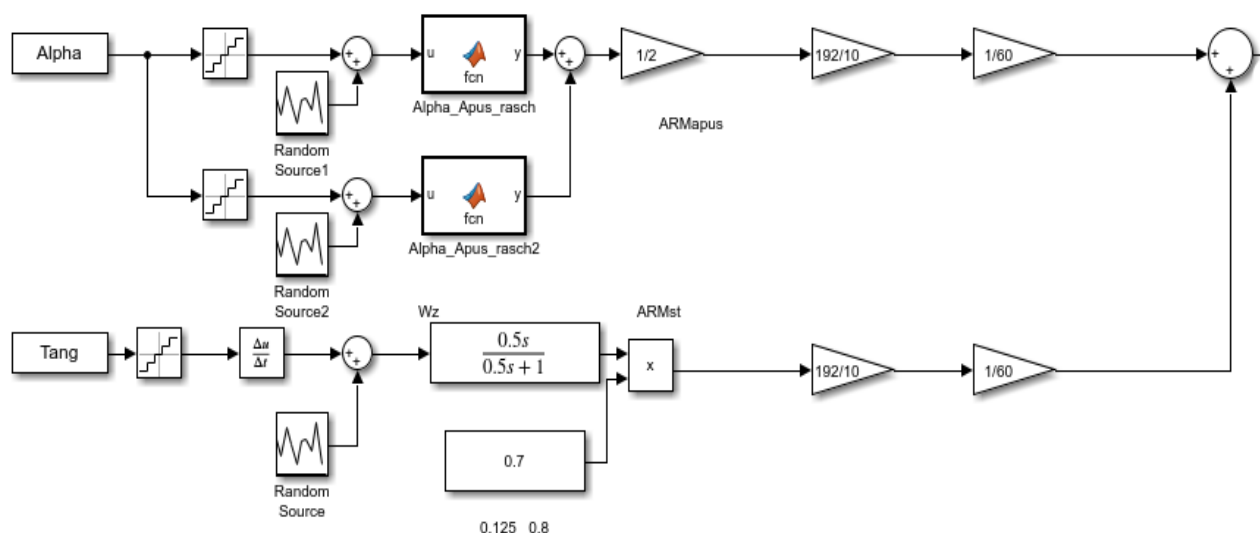


Рисунок 4 – Модель продольного канала САУ с расчетным отклонением АРМ-АПУС и АРМ-СТ

Таким образом, в результате работы разработана модель, которая позволяет проводить количественную оценку качества работы продольного канала САУ-451 в режиме «ДЕМПФЕР», а также количественную оценку качества работы системы СОС-3 при увеличении угла атаки до 25–26° с использованием материалов объективного контроля.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Болдырев, О. В. Системы управления летательных аппаратов. Автоматическое управление полетом / О. В. Болдырев, Д. А. Ткачев. – Минск, 2008. – 85 с.



**2 СЕКЦИЯ.
БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ**



УДК 623.746-519

И.П. Аниськов

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

ВЫЯВЛЕНИЕ И УНИЧТОЖЕНИЕ ПОСАДОК ИНВАЗИВНЫХ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Инвазивные растения для многих стран мира – конкретная практическая проблема распространение и численность которых подлежат регулированию.

Перечень инвазивных растений определен постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 07.12.2016 № 1002 и включает следующие растения:

1. Борщевик Сосновского.
2. Борщевик Мантегацци.
3. Золотарник канадский.
4. Золотарник гигантский.
5. Клен ясенелистный.
6. Конопля посевная.
7. Мак снотворный.
8. Робиния лжеакация.
9. Эхиноцистис лопастной.

Наиболее опасную долю инвазивных растений составляют наркосодержащие растения: типа конопля (*Cannabis*) и типа мак (*Papaver*).

Для решения данной проблемы, в части проведения полевых обследований и мониторинга (выявления) мест произрастания инвазивных растений, могут использоваться беспилотные летательные аппараты (БЛА) в совокупности с методами дистанционного зондирования (ДЗ). Применение БЛА при выявлении инвазивных растений имеет ряд особенностей. Прежде всего, качество полученного результата зависит от полезной нагрузки БЛА и применяемых методов поиска.

Наиболее актуальными методами дистанционного обнаружения инвазивных растений являются: пассивные (визуальный и фотометрический); активные (лидарный).

При визуальном методе информацию получают путем фотографирования поверхности с борта БЛА, с последующим просмотром и визуальным определением растений.

Фотометрический метод предусматривает спектрзональное фотографирование предполагаемых мест произрастания инвазивных растений, он подразделяется на мультиспектральную и гиперспектральную съемки.

При мультиспектральной съемке формируется одновременно несколько изображений одной и той же территории в различных зонах спектра электромагнитного излучения. Различные комбинации этих изображений позволяют выявить инвазивные растения, которые сложно или невозможно определить на снимке в видимом спектре [1].

При ДЗ с гиперспектральными системами, появляется возможности фиксировать излучение в более узких, чем мультиспектральная съемка, спектральных диапазонах, которые позволяют более точно определить места произрастания инвазивных растений [2].

Лидарный метод выявления инвазивных растений – особым лазерным комплексом, который позволяет регистрировать отдельные молекулы, находящиеся в воздухе. По полученному спектру отраженных волн (спектру рассеяния) можно определить вид молекулы, ее строение и состав [3].

Информация, полученная с борта БЛА, в специализированном фотограмметрическом программном обеспечении сшивается в единый ортофотоплан, который является результатом мониторинга посадок инвазивных растений.

В зависимости от занимаемой растениями площади, плотности их произрастания, степени угрозы жизни и здоровью граждан, окружающей среде, количества мест их произрастания используют различные способы регулирования распространения и численности видов растений (за исключением деревьев и кустарников). Наиболее эффективным является авиационно-химический способ, который заключается в применении пестицидов в соответствии с законодательством. Чтобы привести к минимуму негативное воздействия химических средств на экологическую обстановку и значительно экономить химпрепараты, следует использовать технологию ультрамалообъемного опрыскивания, которая предполагает внесение пестицидов с минимальным количеством рабочего раствора без снижения биологической эффективности.

Реализация данного метода возможна за счет использования вращающихся распылителей мелкокапельного распыления, а также перфорированных барабанов для опрыскивателей БЛА, которые дробят поступающую в них (под небольшим давлением) жидкость, на мелкие однородные капли.

Эффективность применения пестицидов повышается при равномерном и целенаправленном распределении химпрепарата на целевом объекте. Немаловажную роль играет также размер капель при внесении рабочей жидкости. У большинства распылителей, применяемых на авиационных опрыскивателях, факел распыла состоит из полидисперсных капель. При таком способе внесения препарата большие капли не достигают целевого объекта и попадают на землю, а мелкие сносятся ветром.

Распылитель мелкокапельного распыления позволяет формировать необходимые для конкретной задачи размеры капель по технологии ультрамалообъемного опрыскивания, таким образом экономится значительное количество препарата по сравнению с другими распылителями.

Таким образом неэффективно используется значительная часть вносимых пестицидов, которые вместо использования по целевому назначению загрязняют окружающую среду.

Практическая реализация технологии малообъемного опрыскивания позволяет параллельно решить еще несколько важных задач. Прежде всего, с уменьшением количества рабочей жидкости, вносимой на единицу площади обрабатываемого участка, можно использовать опрыскиватель с меньшим объемом бака, что особенно важно при использовании БЛА. Кроме того, с уменьшением объема рабочей жидкости повышается производительность БЛА при химической обработке растений.

Все рассмотренные методы ДЗ при использовании БЛА, оборудованным датчиками дистанционного мониторинга, следует рассматривать как перспективный способ выявления инвазивных растений, а применение мелкокапельного распыления как наиболее эффективный метод борьбы с ними.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Применение аэрофотосъемки с применением мультиспектральной камеры в комплексе с нейросетью в сельском хозяйстве [Электронный ресурс] / А. С. Сыч [и др.] // Chronos Journal. – 2019. – № 9 (36). – С. 26–28. – Режим доступа: <https://multidisciplinary.chronos-journal.ru/archive/9-36/8.pdf>. – Дата доступа: 12.11.2021.

2. Агринский, М. В. Проект комплекса гиперспектрального дистанционного зондирования земель с помощью БПЛА [Электронный ресурс] / М. В. Агринский, А. В. Голицин, В. В. Старцев // Фотоника. – 2019. – № 2. – Режим доступа: https://www.photonics.su/files/article_pdf/7/article_7323_230.pdf. – Дата доступа: 12.11.2021.

3. Наркотики смогут искать с помощью «чутких» дронов [Электронный ресурс] // ГрадИнфо. Техника и технологии. – 2019. – Режим доступа: <http://guardinfo.online/2019/07/12/narkotiki-smogut-iskat-s-pomoshhyu-chutkix-dronov>. – Дата доступа: 12.11.2021.

УДК 629.735.7

В.П. Атрохов, В.П. Мильто

Белорусская государственная академия авиации

БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Беспилотные летательные аппараты (далее – БПЛА) представляют собой уникальные инновационные комплексы, которые являются результатом гениальной авиационной инженерной мысли. Это процветающая и перспективная отрасль, в которую охотно вкладывает инвестиции как государство, так и бизнес. Это направление занимает свою законную нишу и в гражданской и в военной авиации. В рамках Концепции государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг., одобренной Государственным комитетом по науке и технологиям 14 февраля 2020 года, отражено развитие всех научных направлений, в том числе в сфере авиации и развития БПЛА [3]. Таким образом, в Беларуси существует огромный потенциал для совершенствования БПЛА. Как известно, в нашей стране более 70 компаний ведут разработки в области искусственного интеллекта, к которому можно отнести беспилотные летательные аппараты. Эффективно работают научные коллективы, известные белорусские ученые. Авторитетные научные журналы посвящают свои выпуски теме перспектив развития БПЛА [4, 5].

Можно вспомнить о том, что «тихая», почти незаметная поступь «беспилотной революции», богатые плоды которой мы пожинаем сегодня, связана с идеей радиоуправляемых летательных аппаратов, которую предложил в 1910 году английский военный инженер Ч. Кеттеринг. Правда, стоит сказать о том, что в начале XX века беспилотный самолет так и остался единичным опытным образцом. Началом разработок и постоянного использования БПЛА принято считать 1933 год, когда английские инженеры создали радиоуправляемый БПЛА многократного использования. Он был создан на основе биплана Fairy Queen и служил до 1943 г. для тренировки военных летчиков в качестве самолета-мишени. Первым в мире БПЛА, который выпускался серийно и принимал участие в боевых действиях, стала немецкая крылатая ракета Фау-1 [6, 7].

Большой вклад в современное развитие БПЛА внес Израиль. Хотя первые образцы были созданы в 1969 году, спустя девять лет, в 1978 году израильтяне продемонстрировали свой первый боевой беспилотник IAI Scout на авиавыставке в Париже. В ходе ливанской войны 1982 года армия Израиля с помощью беспилотников полностью разгромила систему ПВО Сирии. Эти события заставили военных многих стран мира по-новому посмотреть на БПЛА. Как указывает эксперт А. Шульман, на сегодняшний день Израиль – неоспоримый лидер «беспилотной революции», наряду с США. По данным Стокгольмского международного института исследования проблем мира, Израиль является монополистом на мировом рынке беспилотной авиации – израильские авиастроительные компании осуществили 41 % продаж дронов на мировом рынке (более чем в пятьдесят стран) [8].

Примерно с 90-х годов лидерство в разработке беспилотных боевых систем перешло к США, и в 2012 году на вооружении ВС США уже находилось почти 7,5 тыс. единиц БПЛА различных модификаций. По большей части это были небольшие разведывательные дроны для сухопутных подразделений. Первым ударным дроном стал американский БПЛА MQ-1 Predator. В 2002 году он нанес ракетный удар по автомобилю,

в котором находился один из лидеров Аль-Каиды. С тех пор использование дронов для уничтожения объектов противника или его живой силы стало привычным явлением для ведения боевых действий.

В наше время существует множество БПЛА, отличающихся по своим размерам, внешнему виду, дальности полета и функционалу. БПЛА можно разделить по способу управления и степени их автономности. Они бывают: неуправляемые; дистанционно управляемые; автоматические.

По своему размеру, который обуславливает большинство других характеристик, дроны условно делятся на классы: микро (до 10 кг); мини (до 50 кг); миди (до 1 тонны); тяжелые (с весом больше тонны). Аппараты, которые входят в группу мини, способны находиться в воздухе не более одного часа, миди – от трех до пяти часов, а средние – до пятнадцати часов. Если говорить о тяжелых БПЛА, то самые совершенные из них могут находиться в небе более суток и совершать межконтинентальные перелеты.

Говоря о БПЛА в современных армиях, то они подразделяются на несколько типов: наблюдательные (могут использоваться для корректировки огня на поле боя); разведывательные; ударные (для ударов по наземным целям посредством ракетного вооружения; разведывательно-ударные; бомбардировочные; истребительные; радиотрансляционные; БПЛА РЭБ (для целей радиоэлектронной борьбы); транспортные; БПЛА-мишени; БПЛА-имитаторы цели; многоцелевые БПЛА.

Как представляется, именно ударные БПЛА представляют особый интерес. Ударные БПЛА – это беспилотные летательные аппараты, способные нести боевую нагрузку и осуществлять уничтожение наземных, воздушных или над/подводных целей. Первые ударные БПЛА появились в 1950-х годах. Это был дистанционно-пилотируемый противолодочный вертолет QH-50 DASH, со взлетным весом 1000 кг, оснащенный поршневым двигателем мощностью 330 л. с. На сегодняшний день самым распространенным с точки зрения применения являются ударные БПЛА – это MQ-1 Predator и MQ-9 Reaper. Успешные разработки в этом направлении ведут израильские компании, российские компании «Транзас», ОКБ Сухого [1].

Можно обозначить плюсы и минусы беспилотных летательных аппаратов. к плюсам можно отнести возможность применения БПЛА в военной сфере. В наше время БПЛА все активнее вытесняют пилотируемые самолеты и вертолеты из различных сфер боевого применения авиации, чему способствует целый ряд причин: более высокая живучесть БПЛА; большая продолжительность полета; меньшая вероятность обнаружения и поражения средствами ПВО противника; высокая эффективность устанавливаемой на БПЛА аппаратуры; способность осуществлять безопасный полет на малых высотах; возможность нахождения в боевой готовности практически все время, а также существенно меньшая стоимость производства и эксплуатации БПЛА.

К минусам применения БПЛА в военной сфере можно отнести следующее: очень высокая стоимость эксплуатации и низкая степень автоматизации. Несмотря на десятки разрабатываемых систем автоматического управления, они продолжают быть «ручными». Кроме того, многомиллиардная технология оказалась хрупка и уязвима для средств радиоэлектронной борьбы. Да и эффективность их оставляет желать лучшего. Основная проблема для операторов БПЛА – большая нехватка разведанных. Зачастую специально обученный управлению БПЛА человек находился за тысячу километров от места выполнения боевой задачи. Еще одной проблемой является передача сигнала от беспилотника к оператору. Даже самый технологичный современный спутник не может передавать его мгновенно. А за те пару секунд, которые сигнал «летит» через океан, ситуация в районе проведения операции может сильно измениться. Кроме того, отмечается крайне низкая психологическая устойчивость таких операторов. Несмотря на то, что человек смотрит на монитор и выполняет приказы, в конце концов он осознает, что часто под обстрел попадают гражданские лица. В 2013 году было отмечено 25 случаев, когда операторы БПЛА сводили счеты с жизнью без явных на то причин. Авиационная

психология становится на сегодняшний день очень актуальным научным направлением. Также известны случаи отказа со стороны потенциальных пассажиров воспользоваться БПЛА, выполняющим функции транспортного судна, доставки больных и раненых [8].

По мнению российского эксперта О. Капцова, на сегодня к самым грозным БПЛА можно отнести следующие ударные беспилотники [2]:

1. **General Atomics MQ-9 Reaper («Жатка»)**: продолжительность полета: 24 часа; скорость: до 400 км/ч; потолок: 13 000 метров; двигатель: турбовинтовой, 900 л.с.; полный запас топлива: 1300 кг; вооружение: до четырех ракет «Хэллфайр» и две 500-фунтовые управляемые бомбы JDAM. Бортовое радиоэлектронное оборудование: радиолокатор AN/APY-8 с режимом картографирования (под носовым обтекателем), электронно-оптическая прицельная станция MTS-B (в сферическом модуле) для работы в видимом и ИК-диапазонах, со встроенным целеуказателем для подсветки целей для боеприпасов с полуактивным лазерным наведением. Стоимость: 16,9 млн долл.

2. **Interstate TDR-1**: макс. взлетный вес: 2,7 тонны; двигатели: 2x220 л.с.; крейсерская скорость: 225 км/ч; дальность полета: 680 км; боевая нагрузка: 2000 фн. (907 кг). Построено: 162 ед. [2].

Для того чтобы определить перспективы развития БПЛА, на наш взгляд, можно выделить следующие основные критерии: малозаметность; работа в команде; работа по воздушным целям, самостоятельный взлет и посадка на авианосцы; увеличение мощности бортовых компьютеров и/или средств связи с командным пунктом для обработки больших объемов данных, поступающих с камер и радаров, в реальном времени.

Важным для экономики страны является и такой фактор, как инвестиции в эту перспективную отрасль, что приведет к стимулированию экономического роста в целом. Однако существующие ограничения и недоработки, в первую очередь в сфере создания необходимых нормативных правовых актов, затрудняют полноценное развитие данного направления. Требуется принятия срочных решений следующее: отсутствие нормативно-правовой базы, регулирующей деятельность применения беспилотных летательных аппаратов; отсутствие систем предупреждения столкновений, позволяющих интегрировать БПЛА в единое воздушное пространство и совместное их использование с пилотируемой авиацией общего назначения; повышенная аварийность БПЛА; отсутствие норм и порядка сертификации и стандартизации БПЛА.

В заключение можно с уверенностью утверждать, что беспилотные самолеты имеют самые серьезные перспективы полностью заменить пилотируемые самолеты на поле боя, причем вести смогут боевые действия автоматизировано и без участия оператора-человека, что сохранит жизни солдатам и офицерам. По нашему мнению, в недалеком будущем, именно эти машины будут оберегать наше чистое небо от потенциальных противников и будут сохранять тысячи и миллионы жизней по всей планете.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Военная техника. Самолеты. БПЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://warbook.club/voennaya-tehnika/samolety/bpla>. – Дата доступа: 12.11.2021.

2. Капцов, О. Рейтинг самых смертоносных беспилотников [Электронный ресурс] / О. Капцов. – Режим доступа: <https://topwar.ru/82836-reyting-samyh-smertonosnyh-bespilotnikov.html>. – Дата доступа: 12.11.2021.

3. Концепция государственной программы инновационного развития Республики Беларусь на 2021–2025 гг. [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа: <http://belisa.org.by/pdf/2020/GPIR.pdf>. – Дата доступа: 12.11.2021.

4. Об истории беспилотных летательных аппаратов и перспективах их использования в практике спасателей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russiandrone.ru/publications/ob-istorii-bespilotnykh-letatelnykh-apparatov-i-perspektivakh-ikh-ispolzovaniya-v-praktike-spasateln/>. – Дата доступа: 12.11.2021.

5. Что такое БПЛА. Какие их виды бывают. Как использовать БПЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://smitnews.ru/2017/11/22/chto-takoe-bpla-kakie-ix-vidy-byvayut-kak-ispolzovat-bpla>. – Дата доступа: 12.11.2021.

6. Шульман, А. Как Израилю удалось стать мировым лидером в беспилотной авиации [Электронный ресурс] / А. Шульман. – Режим доступа: <https://isralove.org/load/7-1-0-132>. – Дата доступа: 17.11.2021.

УДК 355.45

Р.А. Барткевич

*Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт
Вооруженных Сил Республики Беларусь»*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО (КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННОГО) СОСТАВА РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНО-УДАРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ

Результаты анализа мирового опыта позволяют сделать вывод, что в настоящее время в вооруженных конфликтах прослеживаются устойчивые тенденции к удалению человека от непосредственного соприкосновения с противником, стремлению заменить его роботизированными комплексами и системами военного назначения, а также к переходу от массовых мощных средств поражения к интеллектуальным малогабаритным, обладающим высокой точностью [1, 2, 3, 4, 5]. При этом задачи огневого поражения противника (ОПП) сводятся к [6, 7]:

- нарушению функционирования органов военного и государственного управления;
- подавлению систем противовоздушной обороны (ПВО);
- уничтожению авиации;
- разрушению важнейших объектов экономики и военной инфраструктуры;
- деморализации войск и населения;
- срыву выдвижения резервов.

Наиболее перспективным вариантом решения перечисленных задач в современных условиях подготовки и ведения военных действий является создание и принятие на вооружение разведывательно-ударных беспилотных авиационных комплексов (БАК), применение которых позволяет существенно повысить эффективность ОПП [6, 7, 8].

В Республике Беларусь для успешной интеграции разведывательно-ударных БАК в систему вооружения Вооруженных Сил требуется совершенствование существующей организационно-штатной структуры беспилотной авиации, которое невозможно без обоснования рационального (количественно-качественного) состава названных комплексов [6].

В связи с этим предложен вариант методики обоснования рационального (количественно-качественного) состава разведывательно-ударных БАК, учитывающей долевое участие всех родов (видов) войск и воинских формирований в ОПП.

В качестве исходного элемента для определения потребности в разведывательно-ударных БАК принят успех действий войск, основной характеристикой которого является их способность выполнять задачи в соответствии с предназначением. В свою очередь состояние боеспособности войск тесно связано с величиной возможных потерь.

Вышеназванная методика предполагает следующий порядок действий:

1. Определение степени и объема задач ОПП (потребности в боеприпасах на его выполнение) в операции.
2. Определение требуемых огневых возможностей разведывательно-ударных БАК:
определение требуемых огневых возможностей разведывательно-ударных БАК по расходу расчетных боеприпасов (РБ) за время ведения операции;

определение требуемого долевого участия разведывательно-ударных БАК в ОПП.

3. Определение рационального (количественно-качественного) состава разведывательно-ударных беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Это предполагает определение долевого участия в ОПП БАК различного назначения (уровней подчиненности) и на основании этого – требуемое количество БЛА.

Полученные результаты позволят в дальнейшем определить рациональную структуру БАК.

Представленная методика не предлагает готовых и однозначных решений, однако дает возможность получить обоснованный результат, не исключая имеющийся у соответствующих должностных лиц опыт, интуицию, чувство предвидения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Половинкин, В. Н. Состояние и перспективы развития боевых роботизированных систем / В. Н. Половинкин // Экспертный союз. – 2012. – № 5. – С. 25–32.

2. Справочник по вооруженным силам иностранных государств : метод. справочник / Главное разведывательное управление ГШ ВС Респ. Беларусь. – Минск, 2019. – 520 с.

3. Зубов, Н. П. Комплексы ударных беспилотных летательных аппаратов в системах вооружения оперативно-тактической и армейской авиации / Н. П. Зубов // Вестник академии военных наук. – 2013. – № 4 (45). – С. 99–104.

4. Степанов, В. Д. Роботизация в ВВС миф или реальность / В. Д. Степанов, Г. М. Скопец // Вестник Академии военных наук. – 2014. – № 1. – С. 148 – 152.

5. Дульнев, П. А. Основные изменения в характере вооруженной борьбы первой трети XXI века / П. А. Дульнев, В. И. Орлянский // Вестник академии военных наук. – 2015. – № 1. – С. 44–50.

6. Разработка проекта концепции ударных (разведывательно-ударных) беспилотных авиационных комплексов : отчет о НИР «Арлан-2» / ГУ «НИИ ВС РБ» ; рук. темы В. М. Михнёнок. – Минск, 2019. – 98 с.

7. Формирование облика разведывательно-ударной беспилотной авиационной системы военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны : отчет на составную часть НИР «Гайна» / ГУ «НИИ ВС РБ» ; рук. темы А. В. Лебёдкин. – Минск, 2020. – 99 с.

8. Обоснование облика беспилотных авиационных комплексов Вооруженных Сил Республики Беларусь : отчет о НИР «Арлан» / ГУ «НИИ ВС РБ» ; рук. темы О. Н. Любочко. – Минск, 2017. – 246 с.

УДК 358.4

Г.В. Бирич, И.А. Лукьянчук, И.В. Рожков

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

СОЗДАНИЕ ОБЛИКА ЭЛЕКТРОННОГО ФОРМУЛЯРА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Формуляр – это основной эксплуатационный документ летательного аппарата (агрегата, системы), удостоверяющий его исходное и текущее техническое состояние.

Техническая эксплуатация воздушных судов (далее – ВС) включает: транспортирование, хранение, техническое обслуживание и ремонт ВС, которые определяются эксплуатационно-техническими характеристиками (далее – ЭТХ) ВС.

Разработка электронного формуляра (далее – ЭФ) является актуальной и позволит упростить систему по сбору, обработке и анализу информации, обеспечит контроль за показателями надежности, уменьшит затраты на ведение отчетной документации, а также приведет к централизации хранения данных и оперативного внесения изменений в единую информационную базу.

Задачами разработки электронного формуляра БЛА являются: учет ресурсного состояния изделия, контроль выработки ресурсов и сроков службы изделия, учет отказов и неисправностей изделия, статистический анализ надежности, автоматизированный прием и обработка информации от средств контроля изделия, использование интерактивных электронных технических руководств для автоматизированного поиска отказов и неисправностей, накопление информации о методах поиска и устранения отказов и неисправностей, формирование комплекта ЗИП, контроль сроков хранения, консервации и проверки изделия, планирование годовой наработки (налета), формирование плана продления ресурсов и сроков эксплуатации изделия, прогноз потребности в комплектующих изделиях и ЗИП, планирование и учет технической подготовки инженерно-технического персонала, выдачу по запросу отчетов по установленным формам, обмен информацией с разработчиком и производителем изделия.

Предлагается использовать ЭФ БЛА для автоматизации основных процессов ведения формуляра летательного аппарата при его обслуживании и для выработки предложений по его дальнейшему использованию на основе анализа собранных данных об эксплуатации, оперативной работы с полученной информацией и внесению необходимых изменений, в базе данных которой будет храниться информация трех типов (постоянные данные, эксплуатационные данные, справочная информация).

Электронный формуляр – практический шаг в обеспечении эксплуатации БЛА по техническому состоянию, контролю за показателями работоспособности и готовности к выполнению задач по предназначению.

Таким образом, внедрение ЭФ БЛА позволит повысить эффективность технической эксплуатации авиационной техники и качество инженерно-авиационного обеспечения в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Авиационных правил организации инженерно-авиационного обеспечения государственной авиации Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление М-ва обороны Респ. Беларусь, 5 нояб. 2018 г., № 20 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://etalonline.by/?type=card®num=w21833597p>. – Дата доступа: 9.04.2020.

2. Сивашко, С. Б. Программное обеспечение информационной поддержки технической эксплуатации беспилотных авиационных комплексов / С. Б. Сивашко, А. В. Лисичкин // 7-я Международная научная конференция по военно-техническим проблемам обороны и безопасности, Минск, 2017. – Минск, 2017. – Ч. 1. – С. 97–102.

УДК 355.354

П.А. Буйницкий, А.Р. Михайлов

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ В ХОДЕ ВОЕННОГО КОНФЛИКТА В НАГОРНОМ КАРАБАХЕ

Осенью 2020 г. начался военный конфликт между Арменией и Азербайджаном в Нагорном Карабахе. Характерной чертой данного конфликта являлось массированное применение со стороны Азербайджана БЛА для уничтожения средств вооружения и живой силы Армении.

На вооружение Азербайджана непосредственно перед началом конфликта поступили турецкие БЛА Байрактар ТБ2, оснащенные управляемыми авиабомбами МАМ с лазерным наведением, а также израильские БЛА Хероп и Гермес 450, барражирующие

«БЛА-камикадзе» Скай Страйкер и Хароп. Кроме того, в Азербайджане, на совместном с Израилем предприятии выпускались БЛА Аэростат, а также «БЛА-камикадзе» Орбитер-1К и Орбитер-3 [1, 2].

Армения в последние годы закупкой БЛА не занималась. При этом она сама производит разведывательный БЛА легкого класса «Крунк», который, однако, не предназначен для решения ударных задач. По состоянию на начало конфликта, на вооружении ВС Армении стояли различные системы ПВО советского и российского производства, при этом прикрытие воздушного пространства непосредственно над территорией Нагорного Карабаха обеспечивали ЗРК «Оса» и «Стрела-10» (рисунок 1). Ранее Армения закупала у России ЗРК «Тор», которые можно было бы эффективно применять против БЛА, однако на территории Нагорного Карабаха их не размещали.

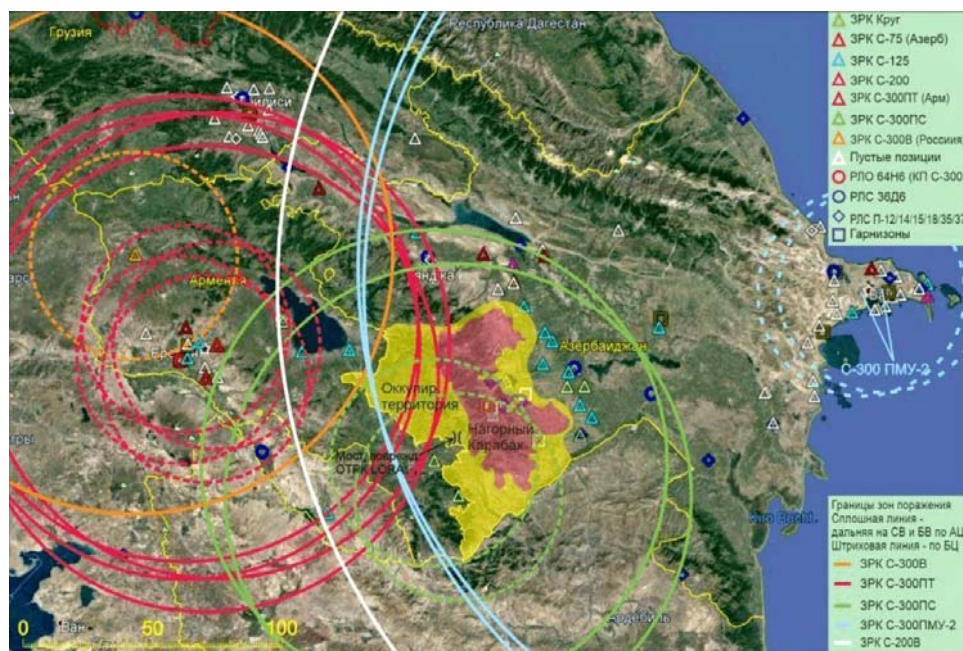


Рисунок 1 – Размещение средств ПВО на начало военного конфликта в Нагорном Карабахе

Оба этих ЗРК ориентированы, прежде всего, на поражение самолетов и вертолетов армейской авиации и не предназначены для борьбы с БЛА. Несмотря на это, прошедшие в июне 2020 г. совместные армяно-российские учения войск ПВО, по мнению российских военных специалистов, позволили сделать вывод о высоких боевых качествах этих ЗРК для потенциального противодействия азербайджанским БЛА. Такой вывод был сделан на основании того, что ЗРК «Оса» успешно перехватила одиночный разведывательный БЛА Гермес 900.

С началом боевых действий в Нагорном Карабахе, азербайджанские вооруженные силы, при поддержке турецких военных специалистов, развернули массовое групповое применение ударных БЛА, с учетом опыта применения БЛА в Сирии и Ливии. Если бы война в Нагорном Карабахе велась бы без БЛА, армянские системы ПВО были бы вполне адекватны задачам по сдерживанию азербайджанской авиации. Однако Армения оказалась совершенно не готова к войне с массовым использованием БЛА, тактику которой турки – в Сирии и Ливии [3].

Результатом массированного применения групп БЛА Байрактар ТБ2, совместно с «БЛА-камикадзе» Скай Страйкер, Хароп и Орбитер стало практически полное уничтожение армянских ЗРК «Оса» и «Стрела-10», размещенных в Нагорном Карабахе, в первые дни конфликта. Уже в первый день войны по позициям этих ЗРК был нанесен заранее подготовленный удар, который лишил оборону Нагорного Карабаха, по оценкам

специалистов, до 80 % комплексов ПВО – 6 ЗРК «Оса» и 3 ЗРК «Стрела-10» при потерях в 4 БЛА.

При этом, оставшиеся на вооружении Армении комплексы ПВО, такие как С-300ПС и С-300ПТ, в принципе не предназначены для борьбы с БПЛА, следовательно, не могут быть эффективно использованы для обороны воздушного пространства Армении и Нагорного Карабаха от этого нового типа угроз. Более того, в результате грамотно спланированной операции силами БЛА были уничтожены 2 пусковые установки и 2 РЛС из состава ЗРК С-300ПС. Для этого, Азербайджан использовал самолеты Ан-2 в беспилотном исполнении, чтобы выявить местоположение армянских систем ПВО. Самолеты были сбиты, но это позволило вскрыть местоположение как ЗРК С-300ПС, так и ЗРК ближнего радиуса действия «Оса» и «Стрела-10М3», прикрывающих его. После уничтожения ЗРК ближнего радиуса действия ЗРК С-300ПС остался без прикрытия и пусковая установка 5П85С, а также РЛС типа 36Д6, входящие в состав ЗРК, были поражены с помощью «БЛА-камикадзе» израильского производства Хароп.

Такое массовое эффективное применение БЛА для вскрытия и уничтожения сначала системы ПВО, а в дальнейшем – живой силы и вооружения сухопутных войск, которое было использовано в войне в Нагорном Карабахе, встречается в мировой практике впервые и получило в СМИ название «война дронов». Основными целями ударов являлись, прежде всего, средства ПВО, затем – бронетанковая техника в составе колонн на марше, танки и артиллерия на позициях, реже – склады, хранилища и казармы.

После уничтожения основных сил системы ПВО в Нагорном Карабахе армянская сторона оказалась неспособна быстро восполнить их ресурс за счет новых ЗРК. Она оказалась в ситуации, когда противник, завоевав превосходство в воздухе, использует его для достижения стратегического перевеса в войне. Это делает неизбежным рост количества потерь и нарастание проблем в обороне сухопутных войск от массированных ударов БЛА с воздуха [4, 5].

Таблица 1 – Приблизительные показатели среднего размена количества уничтоженных БПЛА на количество уничтоженных ЗРК и ЗРПК системы ПВО

Военный конфликт	Показатель размена
Война в Сирии (2017–2019 гг.)	1 ЗРПК за 5 БПЛА
Война в Ливии (2019 г.)	1 ЗРПК за 2,8 БПЛА
Война в Нагорном Карабахе (2020 г.)	2,25 ЗРК за 1 БПЛА

Таким образом, анализ улучшения показателя размена «БЛА за ЗРК» (таблица 1) по мере совершенствования тактики группового применения БЛА позволяет сделать следующие выводы. Тенденция повышения эффективности применения БЛА для завоевания господства в воздухе и поражения основных сухопутных средств вооружения – бронетехники. Это позволяет сделать вывод о возможной близкой смене стратегии ведения войн, в части применения БЛА. В войнах ближайшего будущего возможно массовое многоэтапное и эшелонированное применение групп легких разведывательных и разведывательно-ударных БЛА, а также «БЛА-камикадзе». На первом этапе – для разведки противника. На этапе нанесения первого удара – для вскрытия и уничтожения средств ПВО, а в дальнейшем – уничтожения самолетов и вертолетов пилотируемой авиации на земле и в воздухе. После завоевания превосходства в воздухе – уничтожения бронетехники и живой силы сухопутных войск, объектов тыла и критической государственной инфраструктуры.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Оружие и технологии России : энциклопедия XXI век / под общ. ред. С. Иванова. – М. : Издательский дом «Оружие и технологии», 2004. – Т. 9 : Противовоздушная и противоракетная оборона. – 752 с.
2. Афонин, И. Е. Быстрый глобальный удар и возможности ему противодействовать / И. Е. Афонин, Д. А. Ермаков // Инновационные технологии в образовательном процессе : сб. материалов XXI Российской заочной научно-практической конференции, Краснодар, 2020. – Краснодар : КВВАУЛ, 2020. – С. 241–247.
3. Афонин, И. Е. Анализ концепции «Быстрого глобального удара» средств воздушно-космического нападения и обоснование перспективных направлений развития системы воздушно-космической обороны в Арктике в интересах защиты от него / И. Е. Афонин, С. И. Макаренко, Д. В. Митрофанов // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2020. – № 15. – С. 75–87.
4. Беспилотники Азербайджана. Orbiter и Aerostar [Электронный ресурс] // Militarizm.su. – Режим доступа: <https://militarizm.su/vojna-v-karabahe/bespilotniki-azerbajdzhana-orbiter-i-aerostar.html>. – Дата доступа: 12.11.2021.
5. Рожин, Б. Нагорный Карабах стал первой войной эпохи ударных беспилотников [Электронный ресурс] / Б. Рожин // Федеральное агентство новостей [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://riafan.ru/1320335-nagornyi-karabakh-stal-pervoi-voinoi-epokhi-udarnykh-bespilotnikov>. – Дата доступа: 12.11.2021.

УДК 355.354

М.В. Василевский, К.Е. Рогачевский

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРТОВ В ИНЖЕНЕРНЫХ ВОЙСКАХ

Бывшие зоны боевых действий усеяны миллионами мин и других взрывоопасных предметов, каждый день эти «затаившиеся убийцы» калечат и убивают множество гражданских лиц. Кроме того, эти мины также представляют собой главное препятствие для экономического и социального развития страны после конфликта. Обследование и очистка подобных районов от неразорвавшихся боеприпасов все еще дорога и сложна из-за проблем, связанных с типом местности и множеством других факторов.

Личный состав инженерных войск решает боевые задачи и в военное, и в мирное время. Разминирование местности и объектов, организация инженерных заграждений – минных полей, противотанковых рвов и так далее, устройство фортификационных сооружений – траншей, окопов, ходов сообщений, блиндажей, подготовка и содержание путей для продвижения войск и многие другие задачи решают инженерные войска [1, 2].

Белорусская оборонная промышленность продолжает производство по созданию перспективных образцов беспилотных аппаратов, в том числе ЛА разного назначения.

В общественном сознании беспилотникам или дронам отведено несколько ролей. Одна из них состоит в том, чтобы беспрепятственно наносить удары с воздуха, не подвергая операторов опасности. Но в свою очередь они способны обнаруживать и даже уничтожать самодельные взрывные устройства (СВУ) и неразорвавшиеся боеприпасы.

Беспилотные авиационные комплексы (БАК) очень хорошо подходят для обнаружения неразорвавшихся боеприпасов на больших площадях или в недоступных районах. Обследование и обнаружение таких объектов выполняется при помощи различных магнитометров, миноискателей.

Самый инновационный и соразмерно малый миноискатель – локатор нелинейного типа НР900ЕК (рисунок 1).

Основные характеристики:

- частота работы – 848 МГц;
- выходной импульс – от 30 до 200 Вт;
- чувствительность – 150 дБ/Вт;
- обнаружение – световой и звуковой сигнал;
- аккумулятор – типа «Ni-Cad»;
- используемое напряжение – 6В;
- емкость аккумулятора 7А/ч;
- потребление тока до 500мА;
- время необходимое для перевода прибора в рабочее состояние – около 10 минут;
- время работы аккумулятора около 8 часов;
- температурный диапазон – (+ 50) – (-30) градусов;
- вес прибора при использовании 5,1 килограмм;
- вес комплекта – 13 килограмм;
- вес приборного блока при использовании – 900 грамм.



Рисунок 1 – Локатор нелинейного типа НР900ЕК «КОРШУН»

При поиске взрывных устройств на местности специалисты служб разминирования подвергаются большой опасности, так как находятся в непосредственной близости. Для повышения безопасности работ по разминированию можно использовать БЛА, в качестве целевой нагрузки которого будет использоваться, кроме оптических датчиков, еще и миноискатель. Это позволит вести поиск взрывных устройств с безопасного расстояния.

Наиболее предпочтительным для решения данной задачи будут системы мультироторного типа. Примеры мультикоптеров, имеющих характеристики, позволяющие нести в качестве целевой нагрузки системы для поиска взрывных устройств, представлены на рисунках 2, 3, 4.



Рисунок 2 – «AZ 4K UHD Camera Drone Green Bee 1200»



Рисунок 3 – «DJI Inspire 2»



Рисунок 4 – «Typhoon H Plus, Firebird FPV, HD Racer»

Преимущества: возможность удержания на месте, точное определение местоположения.

Недостатки: малая дальность полета.

Устанавливается целевая нагрузка в виде камеры и миноискатель «Коршун» благодаря этому устройству поступает звуковой сигнал от миноискателя на базу и таким образом устанавливается местонахождение мин.

Во время полета БЛА держится на высоте примерно от одного до трех метров, используя лазерный сенсор с целью получения точных результатов с высоким разрешением. Все полетные данные, например, скорость, высота и местоположение, записываются и могут быть воспроизведены с тем, чтобы повысить качество анализа проведенной съемки. Если обследование местности требует полета на небольших высотах с целью обеспечения необходимой точности и разрешения, то используются беспилотники с несколькими несущими винтами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Интернет-портал «Военное обозрение» [Электронный ресурс]. – М., 2019. – Режим доступа: <https://topwar.ru>. – Дата доступа: 15.11.2021.

2. Интернет-портал «Беспилотные системы на выставке MELEX-2019 в Минске» [Электронный ресурс]. – Минск, 2019. – Режим доступа: <https://bmpd.livejournal.com/3669231.html>. – Дата доступа: 15.11.2021.

УДК 623.746.-519

Д.А. Гаврилюк, Д.В. Ермолик, Н.А. Савчук

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ АКУСТООПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ В СОСТАВЕ АППАРАТУРЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Известны акустооптические приборы, использующие в своей работе модуляцию интенсивности светового излучения с частотой ультразвука, получаемую при помощи метода оптического гетеродинамирования [1].

Известно, что акустооптические приборы управления параметрами электромагнитного излучения находят широкое применение в различных областях науки, техники и производства. С помощью акустооптических приборов осуществляется управление основными характеристиками оптического излучения как амплитуда, частота, фаза, поляризация и направление распространения светового пучка.

Акустооптические устройства допускают работу с монохроматическим светом, а так же и с некогерентным излучением, имеющим сплошной или линейчатый спектр. Обычно спектральный диапазон работы акустооптических устройств включает в себя излучение ультрафиолетового, видимого, а также ближнего, среднего и дальнего инфракрасного диапазонов электромагнитного спектра с длинами волн от $\lambda = 0,14$ до $\lambda = 16$ мкм.

Наиболее распространенными акустооптическими приборами управления светом являются модуляторы, дефлекторы и перестраиваемые акустооптические фильтры. Акустооптические модуляторы управляют амплитудой и интенсивностью световых пучков с быстродействием до $\tau = 10\text{--}20$ нс. Акустооптические дефлекторы обеспечивают контролируемое электрическим сигналом отклонение светового пучка с максимальным числом пространственно разрешимых элементов $N > 1000$. Перестраиваемые акустооптические фильтры выделяют из падающего света со сплошным, линейчатым или смешанным спектром узкий интервал оптических длин волн $\Delta\lambda$ и обеспечивают в реальном масштабе времени электронную перестройку этого спектрального интервала в широком, порядка октавы, диапазоне оптических частот. Подобная перестройка может быть обеспечена в реальном масштабе времени, то есть с временами порядка нескольких микросекунд.

Перестраиваемый акустооптический фильтр представляет собой оптическую дифракционную решетку. Решетка создается в кристалле движущейся акустической волной. Эта акустическая возбуждается пьезоэлектрическим преобразователем, на который подается электрический сигнал высокой частоты. Если на подобную решетку направить лазерный свет, то решетка отклоняет этот свет на определенный заранее известный угол. При направлении на решетку пучка белого света, то в направлении дифракционного максимума распространяется световой поток, заключенный в узком спектральном интервале $\Delta\lambda$. Центральная длина волны отфильтрованного излучения определяется периодом дифракционной решетки, то есть в конечном итоге, частотой f управляющего акустического сигнала. Наконец, частота ультразвука и интенсивность отфильтрованного света может регулироваться при варьировании частоты и мощности электрического сигнала. Как правило, частоты управляющих сигналов лежат в пределах от $f = 30$ МГц до $f = 300$ МГц, а управляющая электрическая мощность ограничена величиной $P < 3,0$ Вт [2].

Основным достоинством акустооптических фильтров является возможность быстрой электронной перестройки длины волны отфильтрованного излучения. К другим преимуществам фильтров относится: широкий диапазон электронной перестройки длины волны; работа в реальном масштабе времени; компактность и малый вес, допускающие аэрокосмическое применение; высокая надежность, твердотельное устройство без перемещающихся частей; высокое спектральное разрешение; малые световые потери; малое энергопотребление; возможность селекции излучения по поляризации света; широкое поле зрения, большая светосила; возможность произвольного доступа к отфильтрованным длинам волн света; возможность многочастотного режима работы; компьютерное управление устройством; возможность обработки оптических изображений.

Принимая во внимание перечисленные особенности работы перестраиваемых акустооптических фильтров, можно сделать вывод о перспективности применения данных приборов в аэрокосмических системах дистанционного контроля над объектами искусственного и естественного происхождения. Лаборатория «Акустооптики и оптической обработки информации» кафедры Физики колебаний физического факультета МГУ имеет возможность разработать, создать и испытать действующие прототипы малогабаритных акустооптических спектрометров для спектрального и поляризационного анализа оптических пучков, формирующих изображения в видимом, ультрафиолетовом, а также ближнем и среднем инфракрасном диапазонах спектра электромагнитных волн [3].

Из-за малого веса и малых габаритов акустооптических фильтров их можно рекомендовать для проведения дистанционного спектрально-поляризационного анализа изображений с помощью аэрокосмических систем контроля над объектами искусственного и естественного происхождения. В частности, акустооптические фильтры целесообразно включать в комплекс аппаратуры, устанавливаемой на беспилотных летательных аппаратах. Данные летательные аппараты могут осуществлять разведку и мониторинг поверхности Земли, а также состояния ее атмосферы в целях экологии и безопасности для обнаружения в окружающей среде отравляющих веществ и газов. Также представляется перспективным использование разработанных приборов для решения задач в военной и специальной технике.

Среди специфических задач, которые целесообразно решать с помощью перестраиваемых акустооптических фильтров, в том числе установленных на беспилотных летательных аппаратах, можно указать следующие, относящиеся к военной тематике: дистанционное распознавание замаскированных объектов (военной техники, живой силы и др.) распознавание техники и живой силы по критерию «свой-чужой»; управление и слежение за перемещением объектов в режиме радиомолчания, маскировки и плохой видимости; дистанционное обнаружение расположения мест установки

противопехотных и противотанковых мин; определение ограждаемых территорий, границ минных полей и проходов через них; разметка маршрута в горной, лесной или сложной для прохода местности; установка точек прицеливания и реперных точек при корректировке огня; оперативный контроль за химическим составом питьевой воды в походных условиях.

Существуют и другие перспективные направления использования перестраиваемых акустооптических фильтров в составе аппаратуры беспилотных летательных аппаратов. Очевидно, что возможности применения акустооптических приборов будут постоянно расширяться. Это произойдет благодаря интенсивным научно-исследовательскими работам по созданию новых систем фильтрации и совершенствованию параметров уже существующих акустооптических систем обработки оптических сигналов. В настоящее время подобные работы активно ведутся в научных лабораториях различных университетов и научно-исследовательских институтов в нашей стране и за рубежом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акусто-оптический метод спектрально-поляризационного анализа изображений / В. С. Анчуткин [и др.] // Оптический журнал. – 2009. – № 8. – С. 29–35.
2. Гупта, Н. Гиперспектральный тепловизор от ультрафиолетового до видимого с помощью кнопки дистанционного пуска. Акустооптический перестраиваемый акустооптический фильтр / Н. Гупта, В. Волошинов // Прикладная оптика. – 2004. – № 13. – С. 2752–2759.
3. Перестраиваемый широкоугольный акустооптический фильтр с применением кристаллического теллура / Н. Гупта [и др.] // Журнал оптики. – 2011. – № 14. – С. 89.

УДК 656.025.6;656.029.4;004.624

О.Г. Геливер, Д.Б. Ермашкевич, С.В. Шабуневич

Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника»

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Географическое расположение Республики Беларусь обуславливает ее важнейшую роль в международных транспортных потоках как внутри ЕАЭС, так на мировом уровне за счет вхождения в цепочку Нового шелкового пути. Что, в свою очередь, предъявляет жесткие требования к отечественной транспортной отрасли в части скорости и качества оказываемых транспортных услуг как на территории нашего государства, так к белорусским транспортным компаниям, осуществляющим свою деятельность за пределами Республики Беларусь. Также важными являются такие показатели, как наличие современной транспортной инфраструктуры, «точной» и «быстрой» логистики.

Очевидно, что в современных условиях обеспечить качественную и надежную работу в любой отрасли невозможно без комплексного внедрения в нее передовых информационных технологий, в том числе цифровизации и цифровой трансформации. Поэтому проблема цифровизации транспортной отрасли, являющейся связующим звеном экономики как внутри отдельно взятой страны, так и на межгосударственном уровне, является особенно актуальной, так как определяет скорость, стоимость и качество доставки грузов между производителем и конечным потребителем, а также внутри производственных цепочек.

Анализ внедрения информационных технологий в отечественной транспортной отрасли показывает, что сегодня уже явно присутствует проблема разобщенности и неоднородности информационных систем организаций и ведомств, участвующих в транспортной и логистической деятельности. Что обуславливает отсутствие информационно-коммуникационных процессов взаимодействия между организациями и

ведомствами, отсутствие в ряде случаев оперативного доступа ко всей требуемой информации у всех заинтересованных лиц. Некоторые автоматизированные информационные системы уже морально устарели, так как были созданы на устаревших технологиях и платформах. Все эти факторы в итоге являются сдерживающими и создают трудности как при внутренних грузоперевозках, так и при транзите грузов через Республику Беларусь и другие государства, и замедляют скорость транспортных потоков.

При решении этих проблем важную роль играют цифровые технологии, являющиеся эффективным инструментом снижения информационных барьеров и обеспечения максимальной координации между различными участниками цепей поставок. В связи с этим формируется новая экосистема цифровых транспортных коридоров, чтобы помочь деловым партнерам обмениваться логистической информацией по всей цепочке поставок в эффективной защищенной среде, а также обеспечить юридически значимое электронное взаимодействие с уполномоченными органами государственной власти внутри стран и на международном уровне.

В сложившейся ситуации с внедрением информационных технологий в транспортной отрасли единственное перспективное направление – проведение комплексной цифровизации, которая является новым этапом автоматизации и информатизации экономической деятельности и государственного управления, процессом перехода на цифровые технологии [1].

В транспортной отрасли постоянно происходит генерация и обмен значительными массивами данных, использование которых позволяет оптимизировать работу пассажирских и грузовых перевозок. [2]. Задача цифровизации усложняется и расширяется многообразием видов транспорта, его назначения, уровней взаимодействия между всеми участниками процессов грузо- и пассажироперевозок (B2G, B2B, B2C и др.). Наиболее перспективный путь решения данной проблемы – использование технологий больших данных (big data) – обширного набора данных, характеризующегося значительными объемами, разнообразием, скоростью обработки и/или вариативностью, требующего масштабируемой технологии для их эффективного хранения, манипулирования, управления и анализа (результатов обработки больших объемов информации, накапливаемых с применением вычислительной техники, облачных вычислений и технологий искусственного интеллекта, используемых для дальнейшего анализа и принятия решений) [1].

Важен переход на полностью безбумажный документооборот, так как синхронизация и перевод существенно различающихся между собой транспортных документов в электронный вид позволят многократно ускорить процессы обработки, регистрации, контроля и прослеживаемости грузов [2]. Причем важным является не только полностью безбумажный документооборот между организациями (например, грузоотправитель – экспедитор – грузополучатель), но и электронный формат взаимодействия всех участников с государственными ведомствами и службами.

Объем и сложность поставленных задач обуславливает необходимость в эффективной стратегии цифровой трансформации транспортной отрасли – интегрированной модели действий в бизнесе и национальной политике, предназначенных для достижения целей организаций, предприятий и государства, нацеленных на выполнение стратегических задач ее цифрового преобразования [1]. С этой целью Министерством транспорта и коммуникаций Республики Беларусь (далее – Минтранс) разработана и утверждена Стратегия развития цифровых технологий в области транспортной деятельности до 2025 года, а также Комплексный план развития информатизации и цифровизации транспортно-логистической деятельности на период до 2025 года (далее – Комплексный план).

БелНИИТ «Транстехника» участвует в научном обеспечении мероприятий Комплексного плана по разработке сервисов национальной системы электронной

логистики: сервиса по применению электронного протокола весогабаритного контроля, сервиса по применению электронного протокола результатов проверки органами транспортного контроля и сервиса по обмену и контролю использования разрешений на международные автоперевозки.

Упомянутые сервисы должны быть реализованы в среде единого программного продукта (интеграционного модуля), через который будут проходить информационные потоки между автоматизированными информационными системами (АИС) и базами данных Транспортной инспекции и Единой онлайн платформой (репозитарием) Минтранса, которая, в свою очередь, будет обмениваться информацией с интеграционной платформой национальной системы электронной логистики. Данная платформа, должна быть интегрирована в белорусский национальный сегмент интегрированной информационной системы ЕАЭС, создаваемой в соответствии с Договором о Евразийском экономическом союзе от 29 мая 2014 г.

В 2020 году в ЕАЭС начато формирование экосистемы цифровых транспортных коридоров – открытой цифровой среды обмена логистической информацией, включающей большое количество цифровых платформ и информационных систем, владельцами и (или) операторами которых могут являться как бизнес, так и органы государственной власти. Проект направлен на отказ от бумажного сопровождения транспортно-логистических операций и полный переход к обмену сведениями, создание единых стандартов для транспортно-логистических сервисов, переход на сквозную интегрированную систему надзора, основанную на анализе данных, снимающую с перевозчиков большую долю административной нагрузки [3].

Разработка рассмотренных выше сервисов позволит производить обмен разобщенной информацией в «сквозном» режиме и станет одним из шагов на пути к комплексной цифровизации транспортной отрасли Республики Беларусь.

Очевидно, что при цифровизации отечественной транспортной отрасли и логистики учитывается успешный мировой опыт в данном направлении.

В области автомобильного транспорта сегодня активно развивается направление беспилотного автотранспорта. В Республике Беларусь активные работы в данном направлении ведутся в Китайско-Белорусском индустриальном парке «Великий камень». Базовым условием развития и повсеместного распространения автономного транспорта является внедрение «умного полотна» (smart road), что потребует оснащения всех автодорог и магистралей соответствующими сенсорными сетями, системами цифрового картирования и др. Участвующие в дорожном движении транспортные средства оснащаются устройствами коммуникациями между ними (Vehicle-to-Vehicle) и с объектами умной инфраструктуры (Vehicle-to-Infrastructure) [2].

Передовые мировые технологии на железной дороге – автономные поезда и передовые системы управления железнодорожным движением. В приоритете – строительство высокоскоростных магистралей, связывающих ключевые экономические центры, с помощью технологий информационного моделирования (BIM).

Беспилотные авиационные средства (беспилотники) уже не новый тренда в сфере грузоперевозок. Такие компании как Amazon, Яндекс уже используют этот способ доставки грузов. Дополнительный стимул направление получило из-за пандемии COVID-19, которая способствовала быстрому росту электронной торговли со сквозной цифровизации цепочек поставок и доставки (умный склад) [2].

Немаловажное значение имеет и управление жизненным циклом транспортных средств и объектов транспортной инфраструктуры, что обуславливает необходимость создания и использования их цифровых двойников, представляющих собой виртуальные цифровые модели (прототипы) существующих в реальности физических объектов или процессов, моделирующих внутренние процессы, технические характеристики и поведение реальных объектов в условиях взаимодействия помех и окружающей среды [1].

Внедрение высокоэффективных информационных технологий в транспортный комплекс Республики Беларусь с созданием в нем единой информационно-телекоммуникационной среды позволит реализовать самые современные подходы в транспортной сфере, в том числе бесшовные и мультимодальные перевозки, технология блокчейн и смарт-контракты, «зеленый» город и беспилотный транспорт, которые уже в ближайшем будущем станут неотъемлемой частью прогрессивной экономики, промышленности и войдут во все сферы деятельности современного общества.

Цифровизация транспортной и логистической деятельности является одним из важнейших направлений, которое может повысить позицию Республики Беларусь в рейтинге Всемирного банка по индексу эффективности логистики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Цифровая трансформация. Термины и определения: СТБ 2583–2020. – Минск : Гос. комитет по стандартизации Респ. Беларусь, 2020. – 16 с.

2. Цифровая трансформация отраслей: стартовые условия и приоритеты: докл. к XXII Апр. междунар. науч. конф. по проблемам развития экономики и общества, Москва, 13–30 апр. 2021 г. / Г. И. Абдрахманова [и др.]; рук. авт. кол. П. Б. Рудник ; науч. ред. Л. М. Гохберг, П. Б. Рудник, К. О. Вишневецкий, Т. С. Зинина ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». – М. : Изд. дом Высшей школы экономики, 2021. – 239 с.

3. Евразийская экономическая комиссия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.eurasiancommission.org/ru/nae/news/Pages/24_11_2020-1.aspx. – Дата доступа: 22.10.2021.

УДК 351.814.2

А.А. Григорьева, А.С. Гулецкий, З.В. Машарский

Белорусская государственная академия авиации

АГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК КЛАССИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ СТАИ ПТИЦ

Сущность агентного моделирования (далее – АМ) на примере поведения стаи птиц (далее – СП) заключается в описании локализованных правил поведения отдельных птичьих особей (далее – агентов) как участников системы с последующей эмуляцией их поведенческих настроений на системном микроуровне в целях реализации исходной системы в виде СП, но уже на макроуровне. Вместе с локальными правилами поведенческих настроений агентов в математической модели представляет интерес управление СП в виде векторного поля воздействия, которым может быть беспилотный летательный аппарат (далее – БПЛА). Таким образом, в математической модели может быть получена картина динамически изменяющейся среды – «СП – БПЛА» [1].

С помощью имитационных математических моделей появляется реальная процедура, с помощью которой можно описать и визуализировать процесс поведения, как простейших живых организмов, так и более развитых представителей животного мира типа СП. Математическая модель «СП – БПЛА» затрагивает модели социальных процессов в виде математической модели жизнедеятельности аэропорта.

В математической модели «СП – БПЛА» динамическая обстановка представляется в виде модели движения БПЛА. В качестве первого допущения считаем, что геометрическая форма БПЛА является шаром. Это позволит оптимизировать вычислительный процесс при моделировании. Вторым допущением является определение траектории движения БПЛА, которое выберем в общем случае произвольным, а в частном случае – программно-управляемым в зависимости от поведения СП.

При моделировании поведения СП целесообразно использовать комбинированный подход в моделировании СП на основе агентной модели и числового решения уравнения Лапласа для среды с построением градиента перемещения в виде операнда управления поведением отдельных агентов для реализации процедуры облета динамически меняющегося препятствия в виде динамически перемещающегося БПЛА. Предлагаемую математическую модель комбинированного типа целесообразно реализовать программными средствами типа Python с использованием прикладного пакета FeniCS. С его помощью выполняется численное решение граничной (краевой) задачи на основе способа конечных числа элементов в привязке к конкретному временному шагу моделирования.

Процедуру разработки и реализации агентной модели поведенческого настроения СП вместе с локальным мониторингом поведения агентов внутри СП в виде реакции на появление препятствия в виде БПЛА с осуществлением обратной связи в виде изменения траектории движения БПЛА для коррекции глобального поведения СП. Реализовать агентную модель с добавлением в нее агента-лидера (вожака СП), ведущего СП за собой для облета препятствия в виде БПЛА, целесообразно программными средствами типа Python.

При моделировании поведенческих настроений СП реализуется два подхода: анализ поведенческого настроения СП в среде с динамическими препятствиями в виде БПЛА с реализацией алгоритма глобального управления агентами и анализ локального контроля макро и микросреды моделирования каждого конкретного агента СП.

По агентным моделированием (далее – АМ) понимается такой подход к моделированию, когда идет демонстрация взаимодействий между агентами и внешней средой, начальные условия которой задаются в программе. В конкретном случае агенты представляют птичьи особи в виде СП.

Агенты СП в состоянии способны: имитировать конкретный объект, являющийся копией (матрицей) чьего-то поведения, выполнить конкретную задачу, поставленную вожаку СП, накопить знания в процессе взаимодействия с динамическим препятствием в виде БПЛА, эволюционировать.

Однако у простейших отрядов пернатых может и не быть такой сложной, продвинутой с точки зрения эволюционной теории Дарвина, физической основы поведения [2].

На основании проведенного анализа моделирования поведенческих настроений стаи птиц и с учетом физиологической основы поведения птиц с точки зрения эволюционной теории Дарвина можно сделать следующие выводы: в алгоритмах АМ определяются процедуры поведения агентов СП и начальные условия динамического поведения среды в виде препятствия (БПЛА). После этой процедуры нужно выполнить построение общего поведения СП. После этого процессы поведенческих настроений СП и их контроль можно осуществить на более высоком уровне. Функция контроля реализуется через изменение поведенческих настроений агентов СП и окружающей среды в виде динамических препятствий (БПЛА), АМ сможет учесть, как поведенческое настроение самого агента СП, так и его взаимодействие с соседними агентами с возможностью оценки влияния внешней динамической среды (БПЛА) на принятие решений агентом и их реализацию. Таким образом, картина моделирования поведения СП максимально приближается к реальной [3, 4], системный подход к АМ движения СП в реальном масштабе времени позволяет учесть динамическое препятствие в виде БПЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Goldenstein, S. Scalable Dynamical Systems for Multi-Agent Steering and Simulation / S. Goldenstein // Computers & Graphics. – 2001. – № 25 (6). – P. 983–998.
2. AnyLogic – платформа для имитационного моделирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.anylogic.ru/>. – Дата доступа: 15.11.2021.

3. Каталевский, Д. Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении : учеб. пособие / Д. Ю. Каталевский. – М. : Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2015. – 280 с.

4. Кельтон, В. Имитационное моделирование / В. Кельтон, А. Лоу. – СПб. : Питер, 2004. – 350 с.

УДК 355.354

И.А. Данилов, А.Р. Михайлов

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОЕННОМ КОНФЛИКТЕ В СИРИИ

Начиная с весны 2016 года, в Сирии была развернута группировка из 70 российских беспилотников, что составляет около 30 комплексов. В декабре 2016 года было сообщено о дополнительной переброске еще трех комплексов для мониторинга ситуации с соблюдением достигнутого к тому времени перемирия между правительственными войсками и оппозицией.

В Сирии были задействованы не только «сухопутные» комплексы БЛА из состава армейских рот беспилотников бригадного и дивизионного подчинения. Туда же были отправлены и БЛА сформированных в 2013 году флотских эскадрилий БЛА, укомплектованных БЛА «Орлан-10» и «Форпост».

Объединенный штаб российской группировки в Сирии сумел успешно применять беспилотники всех родов войск совместно. Так, флотские беспилотники использовались для наблюдения за ударами не только флота, но и ВКС, а также в интересах наземных группировок союзников и России.

Помимо БЛА «Форпост», наиболее используемым типом беспилотников был «Орлан-10». Такой вывод можно сделать исходя из фото- и видеосвидетельств с замеченными беспилотниками в Сирии, распространяемых Министерством обороны России видеозаписей, сделанных с БЛА и из известных потерь. Этому не приходится удивляться, так как «Орлан-10» составляют около трети всего парка российских БЛА [1].

Одновременно в воздухе зачастую находилось по несколько беспилотников. Так, при первом боевом применении крылатых ракет «Калибр» с большой дизель-электрической подводной лодки проекта 06363 «Ростов-на-Дону» 8 декабря 2015 года, беспилотники одновременно наблюдали пуск четырех ракет из подводного положения, их полет на части маршрута, а также все три цели, по которым они были применены. Это требовало привлечения не менее четырех-пяти БЛА одновременно только для наблюдения за этим ударом.

Наиболее массовыми задачами для российских беспилотников в Сирии являлась разведка целей для ударов авиации, оценка урона, корректировка артиллерийского огня сирийской артиллерии. Последняя задача является сейчас одним из приоритетных направлений использования БЛА в Российской армии. Имеются многочисленные видеокдры наблюдения с БЛА результатов стрельбы как ствольной, так и реактивной артиллерии в Сирии.

В России до внедрения современных БЛА они отсутствовали полностью. На нынешнем этапе появилась возможность корректировать огонь всех типов артиллерии, включая дальнобойные реактивные системы залпового огня «Смерч» и оперативно-тактические ракетные комплексы. Программное обеспечение беспилотников «Орлан-10» и «Форпост» приспособлено для этой задачи, и они могут быть интегрированы в автоматизированные системы управления огнем артиллерии.

Более тяжелые комплексы «Форпост», оснащенные мощной оптикой, в подавляющем большинстве случаев использовались для наблюдения и контроля ударов по наиболее приоритетным целям. Это позволяло вести скрытое наблюдение со средних высот и расстояния, оставаясь незамеченными [2, 3].

Выполнялись ими и другие задачи, от аэрофотосъемки и 3D-картографирования местности до сопровождения гуманитарных конвоев и поисково-спасательных операций. Так, после того, как вблизи границы с Турцией в горной местности упали обломки сбитого самолета Су-24М2, выживший член экипажа был обнаружен беспилотником «Орлан-10». Быстрое обнаружение позволило эвакуировать травмированного штурмана с территории, контролируемой вооруженными отрядами оппозиции.

Первоначально беспилотные комплексы размещались на авиабазе Хмеймим в Латакии. По мере расширения российского участия в наземной операции они были рассредоточены по территории Сирии. Смешанные подразделения, включающие БЛА «Форпост», требовали взлетно-посадочной полосы, поэтому размещались обычно на авиабазах. В период проведения наступления на восточную часть Алеппо с августа 2016 года одно из таких подразделений было расположено в международном аэропорту Алеппо. Известно также о базировании российских беспилотников на авиабазе Т-4 недалеко от Пальмиры, где они использовались в боевых действиях против ИГИЛ. Размещение беспилотников ближе к линии фронта позволяло применять их с большей оперативностью и увеличить время нахождения над целью.

Использование разведывательных БЛА Россией в Сирии оценивается как успешное.

В России проводятся эксперименты оснащения «Орлан-10» планируемыми управляемыми контейнерами, которые могут использоваться, в том числе и для ударных задач. Но ограниченная полезная нагрузка (не более 5 кг) делают их не слишком эффективными в этой роли. Нет достоверных сведений, что даже эти экспериментальные разработки применялись в Сирии.

Можно надеяться, что накопленный в Сирии опыт реального боевого применения разведывательных беспилотников поможет в освоении ударных беспилотников после поступления их в вооруженные силы России. Они будут интегрироваться в уже имеющуюся обширную инфраструктуру применения беспилотных аппаратов. Это позволит России сократить свое отставание в этой важнейшей сфере.

Как и другие пользователи военных БЛА, российское командование с удовольствием заметило, что их потери не становятся большими новостями и не вызывают никаких проблем с общественным мнением. Несмотря на то, что известно о потере в Сирии по крайней мере 10 российских беспилотников, реакция на это практически отсутствовала. Кроме того, летательные аппараты легко восполняемы, так как они являются лишь частью комплекса.

Первый из российских БЛА был потерян в Сирии 20 июля 2015 года, за два месяца до официального начала военной операции там. Сбитый в горах Латакии БЛА «Элерон-3СВ» состоит на вооружении Сухопутных войск. Он является легким аппаратом тактического звена, применяющимся из боевых порядков и имеющий дальность до 15 километров. Не ясно, был ли он передан сирийским войскам, или же применялся российскими специалистами. Вплоть до настоящего времени не сообщалось, что какие-либо модели российских БЛА передавались сирийским правительственным силам или их союзникам.

Примерно в эти же дни там же был потерян другой российский беспилотный неизвестной модели. Судя по полезной нагрузке, он был предназначен для трехмерного картографирования местности, что могло понадобиться для подготовки к авиационной кампании.

Еще один похожий БЛА был сбит турецкими ВВС при пересечении им границы с Турцией в районе Латакии 16 октября 2015 года, уже после начала российской операции.

Несмотря на то, что он имеет характерные для российских военных БЛА окраску и маркировку, соотнести его с каким-либо из состоящих на вооружении моделей не удалось. Возможно, это была специализированная или экспериментальная модель. То, что в ходе операции были испытаны не только серийные, но и экспериментальные образцы известно из сообщений о применении в Сирии российских БЛА на водородном топливе. Используемый аппарат с альтернативным топливом является всего лишь прототипом и в нынешнем виде не годится к принятию на вооружение. Тем не менее без заинтересованности в нем Министерства обороны его опробование в Сирии вряд ли было возможно. В октябре 2016 года в провинции Латакия также был обнаружен приземлившийся неповрежденным БЛА «Птеро». Он не состоит на вооружении Министерства обороны и является коммерческим образцом, который используется для проведения аэрофотосъемки.

Все остальные потерянные БЛА относятся к хорошо известным разведывательным типам, состоящим на вооружении России. Обращает на себя внимание, что они в большинстве случаев не имели следов боевых повреждений – пулевых и осколочных пробоин. Разрушения были получены от столкновения с землей, а в ряде случаев они обнаружены неповрежденными. Это скорее всего свидетельствует о значительной доле потерь по техническим причинам. Ими обычно являются неполадки с двигателем или бортовой электроникой. Большинство потерянных «Орлан-10» имели сильные следы износа и полевых ремонтов, характерные для интенсивного использования. Известно, что в некоторых случаях они многократно превышали назначенный им ресурс в 100 полетов.

Известные потери российских БЛА в Сирии:

20.07.2015 «Элерон-3СВ» Латакия Пожар;

20.07.2015 Неизвестный Латакия Разрушен;

16.10.2015 Неизвестный Турция, рядом с Латакией Сбит F-16 ВВС Турции;

18.10.2015 «Орлан-10» Северное Алеппо Не поврежден;

15.12.2015 «Орлан-10» Daraa Не поврежден;

02.06.2016 «Орлан-10» Латакия Разрушен;

02.08.2016 «Орлан-10» Ramouseh, Алеппо Разрушен;

13.08.2016 «Орлан-10» Хомс Разрушен;

03.09.2016 «Орлан-10» Восточный Хомс Разрушен;

23.01.2017 «Орлан-10» Хама Не поврежден;

24.01.2017 «Гранат-4» Пальмира Разрушен.

Беспилотники все еще остаются довольно новой и непривычной технологией для российской армии. Они стали массово поступать на вооружении лишь в 2013–2014 годах. По результатам сирийской операции, которая продолжается уже свыше полутора лет, БЛА оценены как критически важная военная технология. По словам министра обороны Сергея Шойгу, они «незаменимы в современных конфликтах» [4].

Опыт их применения в Сирии может стать стимулом для появления второго поколения российских разведывательных беспилотников и подстегнуть создание ударных моделей всех классов, от легких тактических, до тяжелых 20-тонного класса. Уже анонсировано создание новой модификации «Форпоста», с усовершенствованной «начинкой» и локализацией, которая должна снять зависимость от израильских компонентов и позволить произвести дополнительные комплекты. Кроме того, ведется отбор новых моделей беспилотников промежуточного класса между 450-кг «Форпостом» и 18–30 килограммовыми тактическими беспилотниками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / под ред. В. С. Фетисова. – Уфа, 2014. – 194 с.

2. Афонин, И. Е. Анализ концепции «Быстрого глобального удара» средств воздушно-космического нападения и обоснование перспективных направлений развития системы воздушно-

космической обороны в Арктике в интересах защиты от него / И. Е. Афонин, С. И. Макаренко, Д. В. Митрофанов // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2020. – № 15. – С. 75–87.

3. Афонин, И. Е. Быстрый глобальный удар и возможности ему противодействовать / И. Е. Афонин, Д. А. Ермаков // Инновационные технологии в образовательном процессе : сб. материалов XXI Российской заочной научно-практической конференции, Краснодар, 2020. – Краснодар : КВВАУЛ, 2020. – С. 241–247.

УДК 623.746.-519

Д.В. Демидович, М.В. Горнак, А.А. Жидкевич

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВЗЛЕТОМ И ПОСАДКОЙ

В связи с динамично меняющимся характером вооруженных конфликтов и принципов ведения боевых действий особое внимание в зарубежных странах уделяется развитию и внедрению беспилотных летательных аппаратов (далее – БЛА) различных классов.

По функциональному назначению БЛА подразделяются на разведывательные, многоцелевые, ударные и боевого обеспечения [1].

Основными преимуществами этих средств по сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами (далее – ЛА) являются: отсутствие экипажа, что позволяет применять их в боевых условиях без риска потерь личного состава; относительно небольшие массогабаритные характеристики; высокая мобильность и сравнительно низкая стоимость.

На современном этапе наибольшее распространение получили БЛА самолетного и вертолетного типов. Вместе с тем для решения отдельных задач разрабатываются беспилотники аэростатного типа (дирижабли) и с гибким крылом (дельтапланы).

В последнее время особое внимание уделяется ЛА с вертикальным взлетом и посадкой, которые совмещают качества аппаратов самолетного и вертолетного типов. Одним из таких видов ЛА являются конвертопланы. Но из-за большого количества аварийных ситуаций, связанных с переходом из вертикального режима полета в горизонтальный, конвертопланы массового распространения не получили.

Другим видом беспилотников являются ЛА, как правило, самолетной схемы, с вертикальным положением фюзеляжа при взлете и посадке. Данная компоновка предусматривает вертикальный взлет с последующим переходом в горизонтальный (самолетный) режим полета и посадкой на хвостовое оперение, на котором может быть установлено колесное шасси. Такие аппараты получили название «тейлситтеры» (от англ. tail-sitter, или tailsitter) [2].

Ключевыми особенностями «тейлситтеров» являются:

– сравнительно простая конструкция в связи отсутствием необходимости поворота двигателей (крыла) во время старта и в полете;

– независимость от взлетно-посадочных полос (далее – ВПП) или специальных стартовых комплексов, что позволит использовать их с палуб надводных кораблей и необорудованных площадок;

– относительно высокие энергоэффективность и скорость полета в самолетном режиме.

В начале 2000-х годов начинается достаточно динамичное развитие рынка технологий, связанных с прорывными открытиями в сегментах электронно-компонентной базы, полимерных материалов, протоколирования и др. Все это способствовало актуализации разработок объектов авионики и в совокупности с совершенствованием

конструктивно-компоновочных схем ЛА создало достаточный научно-технический задел для развития направления беспилотных «тейлситгеров».

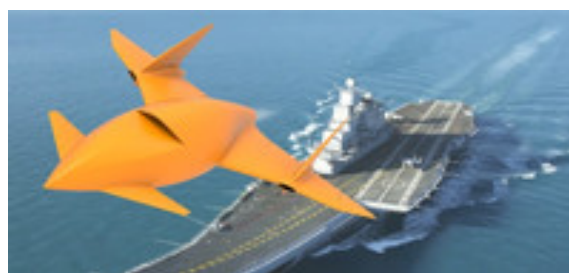
В Китае в 2013 году был представлен БЛА «Карди» VD200 (Cardi VD200). Его разработкой и созданием занимался авиационный проектно-исследовательский институт «Чэнду». Аппарат оснащен силовой установкой (СУ), состоящей из двух турбовинтовых двигателей с винтами диаметром 2 м.

В Европе значительные успехи по созданию «тейлситгеров» были достигнуты в Чехии и Швейцарии. Так, чешская компания «Нью спэйс технолоджиз» (New Space Technologies) разработала серию БЛА «Кантас» (Cantas). Первый прототип был продемонстрирован в ноябре 2016 года на международной выставке «Индоэфенс» в Джакарте (Индонезия).

На единой платформе разработаны три беспилотных аппарата, два из которых – «тейлситтеры», с отличающимися тактико-техническими характеристиками для решения различных задач: «Кантас-А» (Cantas-A) и «Кантас-Е» (Cantas-E) (рисунок 1).



Cantas-A



Cantas-E

Рисунок 1 – «Тейлситтеры» с отличающимися тактико-техническими характеристиками

«Кантас-А» оснащен гибридной силовой установкой из двух электрических и одного реактивного двигателей. Сочетание двух типов двигателей обеспечивает вертикальный взлет и посадку, а также относительно высокую скорость в горизонтальном полете (380 км/ч). Аппарат предполагается оснастить комплексом оптико-электронной разведки, а также подвесными управляемыми ракетами.

«Кантас-Е» оснащен гибридной СУ, состоящей из двух электродвигателей и одноцилиндрового двухтактного бензинового двигателя внутреннего сгорания, которая обеспечивает относительно большую (до 18 ч) продолжительность полета.

В Швейцарии в 2017 году компанией «Вингтра» разработан беспилотный аппарат (размах крыла 1,25 м) с электрической СУ. При задании оператором координат промежуточных пунктов маршрута аппарат выполняет полет по плану и совершает посадку в указанном месте. Для транспортировки БЛА помещается в специальный контейнер. В комплект с аппаратом входят резервные элементы питания и зарядные устройства, пульт дистанционного управления и портативная метеостанция. Боевой расчет комплекса составляют два-три человека.

Наиболее проработанными перспективными проектами в области создания «тейлситгеров» обладают США.

Летательный аппарат «Флэксротор» разработан компанией «Аэровел» в 2011 году в рамках контракта с научно-исследовательской лабораторией ВМС США.

БЛА оснащен двухтактным поршневым двигателем. Диаметр его винта составляет 1,85 м. Хвостовая часть представляет собой установку из четырех опор, которые в полете складываются, образуя единую балку.

В 2015 году американской компанией МЛБ (MLB Company, Санта-Клара, штат Калифорния), при поддержке управления перспективных исследований МО США (ДАРПА), был разработан беспилотный аппарат «Ви-бэт» (V-BAT). Для обеспечения

устойчивой посадки БЛА требуется наличие специально подготовленной площадки размером не менее 2,5х2,5 м, что затрудняет его эксплуатацию в условиях пересеченной местности.

В 2015 году американская компания «Сикорский» совместно с исследовательским подразделением «Сканк уоркс» (Skunk Works) в рамках программы СВВП «Икс-плэйн» (X-Plane) представила эскизный проект аппарата «Ротор Блоун Винг» (Rotor Blown Wing). В состав силовой установки входят два турбовинтовых двигателя, обеспечивающие максимальную скорость полета до 670 км/ч.

С 2015 года американской фирмой «Нортроп-Грумман» в рамках совместной программы ДАРПА и научно-исследовательской лаборатории ВМС США проводятся работы по созданию прототипа БЛА «Терн» (TERN – Tactically Exploited Reconnaissance Node), способного взлетать и осуществлять посадку с палубы небольших кораблей.

Прототип БЛА «Терн» выполнен по схеме «бесхвостка». В носовой части установлены два соосных воздушных винта диаметром 3 м. Вращаясь в противоположных направлениях, они обеспечивают возможность производить вертикальный взлет и посадку. Аппарат оснащен поршневым двигателем внутреннего сгорания компании «Дженерал электрик» (General Electric). В качестве полезной нагрузки предполагается использовать универсальные подвесные модули контейнерного типа с разведывательной аппаратурой или управляемые ракеты.

Из анализа данных следует, что на сегодняшний день лидером на мировом рынке беспилотных «тейлситтеров» являются США, ведущие активные исследования и разработки легких («Флэксротор», «Ви-бэт»), средних («Ротор Блоун Винг») и тяжелых («Терн») БЛА с вертикальным взлетом и посадкой. В зависимости от функционального назначения по некоторым своим тактико-техническим характеристикам американские «тейлситтеры» в несколько раз превосходят аналоги.

Так, «Терн» на сегодняшний день самый крупногабаритный беспилотный «тейлситтер», имеющий максимальную дальность и высоту полета, способный нести полезную нагрузку максимальной массой. Кроме того, в октябре 2017 года «тейлситтер» «Флэксротор» установил рекорд по продолжительности полета среди аппаратов такого класса – 32 ч 8 мин. Сами разработчики считают, что она может составлять более 40 ч при благоприятных погодных условиях.

В 2017 году при участии специалистов компании «Аэровел» были также проведены испытания одновременно двух «тейлситтеров». В ходе них они выполнили дистанционно управляемый синхронный взлет, несколько пилотажных фигур и произвели посадку.

Таким образом, разработка беспилотных «тейлситтеров» в настоящее время является достаточно актуальным направлением, связанным с созданием многофункциональных образцов БЛА, способных эффективно решать поставленные задачи.

Возможно, что в ближайшей перспективе беспилотные «тейлситтеры», сочетая в себе преимущества аппаратов вертолетного и самолетного типов, будут массово применяться вооруженными силами иностранных государств. Наличие таких аппаратов на кораблях малого водоизмещения позволит значительно повысить их возможности по ведению воздушной разведки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Павлушенко, М. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития / М. Павлушенко, Г. Евстафьев, И. Макаренко. – М., 2005. – 610 с.

2. Лоськов, В. И. Перспективы развития малых и средних БЛА с вертикальным взлетом и посадкой / В. И. Лоськов // Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами : доклады и статьи ежегодной научно-практической конференции, Коломна, 2016 г. – Коломна, 2016. – С. 157–160.

УДК 355.23

Д.А. Дьяков, К.Е. Рогачевский, И.В. Рожков

Белорусская государственная академия авиации

**ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ
ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ**

Анализ использования беспилотных летательных аппаратов (далее – БЛА) в вооруженных конфликтах последнего времени позволяет сделать вывод о высокой эффективности боевого применения данных образцов вооружения военной и специальной техники как в интересах ведения разведки, так и для выполнения огневых и специальных задач. Кроме этого, идет постоянное совершенствование и обновление материалов и самих конструкций, улучшаются тактико-технические характеристики летальных аппаратов. Все эти факторы предполагают реализацию на практике опережающего принципа обучения специалистов по эксплуатации беспилотных авиационных комплексов в рамках единой системы подготовки.

На военном факультете в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации» подготовка специалистов по эксплуатации беспилотных авиационных комплексов осуществляется на кафедре беспилотных авиационных комплексов и боевого управления (далее – БАК и БУ).

Образовательный процесс осуществляется в соответствии с утвержденными учебными планами и программами. Особое внимание уделяется дисциплинам, связанным с практической подготовкой. Связующим звеном между ними является концепция модульности обучения.

С целью реализации определенных в образовательном стандарте [1] и квалификационных требованиях компетенций будущего авиационного специалиста на кафедре БАК и БУ разработана трехмодульная модель практического обучения по специализациям техническая и технологическая эксплуатация беспилотных авиационных комплексов (далее – БАК).

Первый компонент – подготовка специалистов с высшим образованием для государственной и гражданской авиации по специальности «Беспилотные авиационные комплексы» и двум специализациям: «Технологическая эксплуатация беспилотных авиационных комплексов» (операторы БЛА) и «Техническая эксплуатация беспилотных авиационных комплексов» (инженеры БАК). Срок обучения составляет 4 года [1]. В ходе обучения особое внимание уделяется практической подготовке, которая для специализации «Технологическая эксплуатация БАК» состоит из трех модулей:

Первый модуль – приобретение навыков в управлении БЛА в ручном режиме. Обучение проводится на технологической практике на первом курсе. Для этого используются модели БЛА самолетного и вертолетного (квадрокоптеры) с ручным управлением.

Второй модуль – приобретение первичных навыков в управлении БЛА в полуавтоматическом и автоматическом режимах. Обучение проводится на технологической практике на втором курсе с использованием учебно-тренировочных комплексов самолетного и вертолетного типа (рисунок 1).

Третий модуль – приобретение навыков в управлении тактических БЛА ближнего действия. Обучение проводится с использованием БЛА заказчика на технологической практике и войсковой стажировке на третьем и четвертом курсах.



Рисунок 1 – Учебно-тренировочные комплексы

Всего за период обучения курсанты выполняют по 25–30 управлений моделями БЛА, 10–15 управлений учебно-тренировочными комплексами и до 25 управлений БЛА.

Перед каждым модулем реализуется следующий цикл обучения [2]: приобретение систематизированных основ научных знаний (лекции), углубление и закрепление знаний, полученных на лекциях и самостоятельной работе с максимальным использованием тренажной базы (групповые занятия), формирование практических умений и навыков в разработке боевых и служебных документов, практического освоения БЛА, овладения методами их применения, эксплуатации и ремонта (практические занятия). Каждый модуль заканчивается учебной практикой в воинских частях.

В ходе практик курсанты получают также первичные навыки в выполнении задач по предназначению (фото, видео и ИК-разведка), а также навыки работы оператора целевой нагрузки.

Для поддержания приобретенных практических навыков, а также отработка действий в составе расчета БАК с учетом перспективных разработок БАК предусмотрена тренажная подготовка, которая проводится в течение каждого учебного года. Для этого используется комплексный тренажер подготовки расчета БАК (рисунок 2).

Результатом практической подготовки является готовность обучаемых к самостоятельному управлению тактических БЛА и выполнению задач по предназначению.

Второй компонент системы подготовки специалистов по эксплуатации БАК – переподготовка и повышение квалификации на курсах подготовки операторов БЛА, руководителей полетов БЛА и инженерно-технического состава БАК.

Длительность курсов обучения зависит от уровня первоначальной подготовки слушателей и варьируется от одного до двух месяцев.

Подготовка операторов БЛА состоит из двух этапов.

Первый этап – теоретическая подготовка. В процессе обучения изучаются основные руководящие документы по применению беспилотной авиации, формы и способы ее применения, основы организации полетов БЛА, функциональные обязанности должностных лиц, конструкцию и эксплуатацию БАК, а также эксплуатационные ограничения, порядок действий в особых случаях в полете.



Рисунок 2 – Комплексный тренажер подготовки расчета БАК

Второй этап – практическая подготовка, которая проводится в центре подготовки и применения БАК где в течение 2–3 недель операторы проходят первоначальную подготовку по управлению БЛА, а затем основную на БЛА, состоящих на вооружении.

По окончании курсов слушатели допускаются к самостоятельному управлению БЛА.

Подготовка руководителей полетов БЛА и ИТС БАК также состоит из двух этапов: теоретической и практической.

На практической части курсов руководителей полетов приобретаются навыки и умения в организации и управлении полетами БЛА. Инженерно-технический состав на практике изучает инженерно-авиационное обеспечение полетов, осваивает техническую эксплуатацию БАК, при этом особое внимание обращается на выполнение оперативного ремонта БЛА.

По окончании курсов слушатели, успешно освоившие программу подготовки, получают свидетельства государственного образца и допускаются к самостоятельной эксплуатации БАК.

Таким образом, созданная на военном факультете в БГАА двухкомпонентная система практической подготовки специалистов по эксплуатации БАК позволяет обеспечить потребность военной организации государства в специалистах по эксплуатации БАК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Образовательный стандарт Республики Беларусь. Высшее образование. Первая ступень. Специальность 1-37 04 03 Беспилотные авиационные комплексы (по направлениям) : ОСВО 1-37 04 03-2017. Введ. 12.06.17. пост. м-ва образования Респ. Беларусь № 61. – Минск, 2017. – 43 с.

2. Об утверждении инструкции о порядке организации работы военного учебного заведения: Постановление Министерства обороны РБ, Министерства образования РБ от 5 марта 2008 года № 20/20 (в ред. Постановления Минобороны, Минобразования от 31 мая 2011 года № 23/23). – Минск, 2008. – 86 с.

УДК.365.42

О.А. Дьяченко, К.В. Сытько, В.А. Костюченко

*Белорусская государственная академия авиации***ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ
ОПЕРАТОРОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Важнейшей стороной, характеризующей уровень и качество военно-профессиональной подготовки операторов беспилотных авиационных комплексов (БАК), является способность к устойчивой и надежной работе в системе «человек-машина», основанной на опосредованных управленческих действиях, использующих эвристические методы деятельности и элементы творческого мышления в режиме «прием – передача» в любое время дня и ночи при любой самой неожиданной обстановке. Большое значение при этом имеет уровень физической подготовленности военнослужащих данной категории, относящихся к специалистам операторам БАК. Высокий уровень физической подготовленности, обеспечивает устойчивость их организма к физической нагрузке и ко многим неблагоприятным факторам среды обитания и деятельности. Уровень физической подготовленности этой и подобных ей категорий военных специалистов должен быть оптимальным, а сам процесс их подготовки, по возможности, наиболее разнообразным как по содержанию, так и по методике проведения занятий.

Обоснование требований к профессиональной подготовленности военнослужащих предполагает изучение их боеспособности в условиях, приближенных к боевым [1]. В процессе выполнения повседневных учебно-боевых задач операторами беспилотных летательных аппаратов (далее – БЛА) качество выполнения ими профессиональных действий практически не снижается, что позволяет сделать вывод об опосредованном влиянии психических качеств и психомоторных навыков на профессиональную работоспособность операторов БЛА [2].

Изучалась военно-профессиональная работоспособность операторов БЛА с различными уровнями развития психических качеств и психомоторных навыков при выполнении ими задач, приближенных к боевым в течение нескольких дней. Профессиональная работоспособность операторов определялась в процессе ежедневного контрольного управления БЛА с выполнением лётно-тактических задач, а уровень подготовленности – по результатам выполнения 10 различных упражнений.

Профессиональная подготовленность всех операторов была одинаковой. Различия имелись лишь в физической подготовленности операторов БЛА.

Проведенные исследования показали, что в первые дни, независимо от уровня физической подготовленности операторов БЛА, показатели выполнения ими военно-профессиональных приемов и действий улучшались или оставались без существенных изменений. По-видимому, это объясняется недостаточно высоким исходным уровнем военно-профессиональной тренированности операторов и незначительной величиной переносимых ими в первые дни физических нагрузок. В дальнейшем, по мере нарастания испытываемых операторами БЛА физических нагрузок, нервно-психических напряжений и развивающегося утомления, большинство показателей военно-профессиональной работоспособности всех операторов БЛА, как правило, ухудшалось. Так, к заключительному дню у хорошо физически подготовленных операторов БЛА одни показатели военно-профессиональной работоспособности ухудшились на 56 %, однако некоторые другие улучшились на 21 %. У слабо физически подготовленных операторов БЛА произошло снижение как одних, так и других показателей военно-профессиональной работоспособности – соответственно 69 % и 6 %.

Важно отметить, что лучшие результаты выполнения военно-профессиональных приемов и действий были у операторов БЛА с высоким уровнем развития координации движений, общей и статической выносливости, быстроты в действиях.

Проведенные исследования позволяют сделать следующие выводы:

1. Чем более сложные задачи решает операторы БЛА, тем в большей мере проявляется зависимость его военно-профессиональной работоспособности от уровня физической подготовленности;

2. В более сложных условиях отчетливо прослеживается зависимость военно-профессиональной работоспособности от уровня развития определенных физических качеств и форм их проявления.

Полученные результаты позволят обосновать характер и уровень требований к физической подготовленности операторов БЛА и на основе уточнить специальные задачи, перечень упражнений и нормативов для проверки и оценки их физической подготовленности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лушневский, А. К. Физическая подготовка военнослужащих / А. К. Лушневский, В. В. Руденик. – Минск : ГУ «РУМЦ», 2012. – 318 с.

2. Вервейко, С. М. Основы подготовки операторов беспилотных авиационных комплексов / С. М. Вервейко. – Минск: ВА РБ, 2014. – 217 с.

3. Суходолов, Н. С. Работа с военнослужащими по обеспечению успешной адаптации к условиям воинской службы : метод. пособие / Н. С. Суходолов, А. Г. Тицкий. – Минск, 2005. – 30 с.

УДК 355.41

Д.Ю. Богданов, И.А. Звонкович

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ) В ИНТЕРЕСАХ ВОЙСКОВОГО ТЫЛА

Анализ опыта и перспектив разработки и применения БЛА (БАК) в ходе войн (военных конфликтов) последнего десятилетия показал, что широкое их использование в современном военном конфликте является как в определенной степени инновацией, так и объективной тенденцией. Высокая эффективность БЛА (БАК) военного назначения обусловила высокий спрос на их разработку и производство (в 2020 г. мировые расходы на эти цели достигли 12 млрд долл., а к 2026 г. могут превысить 40 млрд долл. в год) [1, 2, 3].

Принимая во внимание, что мировыми лидерами в области производства БЛА (БАК) являются как военно-политические противники, так и союзники Беларуси, можно обоснованно предполагать, что современный военный конфликт, в котором могут принять участие ВС Республики Беларусь, будет характеризоваться интенсивным применением БЛА (БАК) широкого спектра задач тактического, оперативного и стратегического звеньев [4, 5].

Анализ нормативно-правовых основ и существующего порядка организации ТЛО ВС Республики Беларусь в военное время позволил выявить ряд проблемных вопросов в сложившейся практике ТЛО войск (сил). Так, до настоящего времени в полной мере не определен (не обоснован) порядок функционирования системы ТЛО войск (сил) в современном военном конфликте в условиях массированного, комплексного применения противоборствующими сторонами систем РЭБ, ВТО, роботизированных систем военного назначения, в том числе БЛА (БАК), не проанализированы перспективы их применения в интересах собственной системы ТЛО войск (сил).

В рамках решения этой сложной научно-прикладной задачи в ВА Республики Беларусь проводятся исследования по обоснованию ОШС и способов применения БЛА (БАК) в интересах ТЛО войск (сил) в военное время.

В целях оценки эффективности применения БЛА (БАК) для рекогносцировки предполагаемых маршрутов перемещения и районов размещения подразделений (частей) и ПУ тыла в рамках совместного стратегического учения вооруженных сил Республики Беларусь и Российской Федерации «Запад-2021» были спланированы и проведены экспериментальные исследования.

Для проведения исследования привлекались: расчет БЛА «Supercam S350» (3 человека) и рекогносцировочная группа полевого отдела хранения горючего (ПОХГ) 2657 базы горючего (7 чел. на автомобиле УАЗ-469 со средствами РХР и связи).

Задача выполнялась в параллельном режиме рекогносцировочной группой и БЛА. Этапы выполнения задачи хронометрировались.

Оценка эффективности применения БЛА (БАК) для рекогносцировки предполагаемых маршрута выдвижения и района размещения подразделения (части) и (или) ПУ тыла производилась по комплексным показателям (операционным свойствам), в качестве которых выступали:

результативность (R) – характеристика способности операции обеспечить результат, ради которого она проводится;

ресурсоемкость (C) – характеристика объема ресурсов, привлекаемых для проведения операции;

оперативность (T) – характеристика длительности выполнения комплекса мероприятий.

Набор частных показателей эффективности выполнения задач рекогносцировки представлен в таблице 1.

Таблица 1 – Набор частных показателей эффективности рекогносцировки

Частные показатели		
результативности (достоверность представленных данных)	оперативности	ресурсоемкости
R_1 – о проходимости маршрута;	T_1 – время, затраченное на постановку задачи;	C_1 – трудозатраты на выполнение задачи;
R_2 – о пропускной способности маршрута;	T_2 – время, затраченное на выполнение задачи;	C_2 – расход материальных ресурсов на выполнение задачи;
R_3 – о наличии барьерных рубежей и возможности их преодоления;	T_3 – время, затраченное на обработку полученной информации;	C_3 – расход технического ресурса ТС на выполнение задачи
R_4 – о потенциальной угрозе воздействия ДРГ (НВФ);	T_4 – время, затраченное на представление результатов	
R_5 – о возможности скрытного перемещения (размещения);		
R_6 – об условиях инженерного оборудования района (технического прикрытия маршрута);		
R_7 – об РХО на маршруте и в районе;		
R_8 – о наличии вблизи района водосточников и качестве воды в них;		
R_9 – о СЭО в районе;		
R_{10} – о наличии местной ПЭБ		

Численные значения частных показателей эффективности определялись:

показателей результативности – на основе оценки достоверности данных, полученных рекогносцировочной группой (вариант 1) и расчетом БЛА (вариант 2) путем сопоставления с эталонными данными (были зафиксированы экспериментальной группой заранее – в ходе рекогносцировки района проведения эксперимента);

показателей оперативности – путем хронометрирования соответствующих этапов выполнения задачи;

показателей ресурсоемкости – аналитически и по фактическим данным.

Свертка значений частных показателей эффективности в обобщенный показатель была проведена с использованием аналитического выражения:

$$\mathcal{E} = k_R \sum_{i=1}^{10} k_i R_i + k_T \sum_{j=1}^4 k_j T_j + k_O \sum_{h=1}^3 k_h O_h, \quad (1)$$

где \mathcal{E} – обобщенный показатель эффективности выполнения задачи;

k_R, k_T, k_O – нормированные коэффициенты относительной значимости комплексных показателей (операционных свойств);

k_i, k_j, k_h – нормированные (внутри группы) коэффициенты относительной значимости частных показателей;

R_i, T_j, O_h – приведенные значения частных показателей.

Приведенные значения частных показателей рассчитаны как соотношение соответствующих значений: фактического (зафиксированного) к эталонному (наиболее предпочтительному из зафиксированных).

Результаты оценки эффективности применения БЛА (БАК) для рекогносцировки предполагаемых маршрутов выдвижения и района размещения подразделения (части) и (или) ПУ тыла позволяют утверждать о том, что использование данного типа ТС позволяет:

обеспечить результативность выполнения данной задачи на имеющемся уровне (проигрыш по условиям эксперимента составил 0,94%), а при использовании дополнительных целевых нагрузок БЛА (дозиметры РХО, устройства отбора проб и др.) существенно повысить ее;

повысить оперативность выполнения задачи в 2,15 раза.

Уровень совокупных затрат при этом возрастет в среднем на 23,9%. Расчетное значение совокупного прироста эффективности выполнения задач рекогносцировки за счет использования БЛА (БАК) по условиям эксперимента составило 34,8%.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Быков, И. М. Научно-техническая кооперация предприятий ОСЭ при разработке БАК различного уровня. Перспективы дальнейшего развития / И. М. Быков, В. В. Кулага // 7 Международная научная конференция по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения : сб. науч. ст. / Гос. военно-пром. комитет Респ. Беларусь. – Минск, 2017. – С. 17–20.

2. SIPRI [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.sipri.org>. – Date of access: 23.09.2021.

3. Беспилотная авиация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://uav.ru>. – Дата доступа: 20.01.2021.

4. Стрельников, Д. Концептуальные взгляды командования ВВС США на развитие беспилотной авиации / Д. Стрельников // Зарубежное военное обозрение. – 2017. – № 5. – С. 51–61.

5. Беспилотники в сирийском конфликте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.google.com/amp/s/russiancouncil.ru/amp/analytics-and-comments/analytics/bespilotniki-v-siriyscom-konflikte>. – Дата доступа: 19.01.2021.

УДК 355.586

А.Е. Зинкович, А.В. Довгелевич, К.Е. Будько

Белорусская государственная академия авиации

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ПРИМЕНЕНИЮ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Одной из целей современного образовательного процесса является его информатизация. Информатизацию в значительной степени можно реализовать за счет внедрения в учебную, учебно-методическую и научную работу интерактивных информационных технологий. Что, ожидаемо, приведет к повышению качества и эффективности обучения специалистов, в том числе и в военной сфере.

Новые возможности использования информационных технологий позволяют сократить время на поиск и доступ к необходимой учебной и научной информации, высвободить время на самостоятельную подготовку как обучающихся, так и профессорско-преподавательского состава и совершенствование педагогического мастерства [1].

На военном факультете в УО «Белорусская государственная академия авиации» осуществляется подготовка авиационных специалистов по применению и эксплуатации беспилотных авиационных комплексов. В результате изучения военных дисциплин, обучающиеся овладевают рациональными методами работы командира, познают искусство ведения боя. У них формируется такое важное качество, как творческое тактическое мышление, военно-профессиональная культура, вырабатываются умения проводить анализ, делать сравнения, сопоставлять и систематизировать факты, выделять главное, существенное, формулировать выводы, обосновывать свои предложения, доказывать и отстаивать принятое решение.

Данные умения и их реализация невозможны без внедрения коммуникационных и информационных технологий в сферу подготовки авиационных специалистов. Этот процесс позволяет совершенствовать методологию и стратегию содержания воспитания, создавать методические системы обучения. Разработанные компьютерные тестирующие и диагностирующие методики должны обеспечить систематический оперативный контроль и оценку уровня знаний обучающихся, повышение эффективности обучения.

Применение современных средств интерактивных технологий, таких как электронные версии занятий, электронные учебники, электронные учебно-методические комплексы, обучающие программы являются актуальными для современного профессионального образования. Все шире внедряются такие учебные технологии, как симулятор, 3D-Макет, интерактивная доска и т. д.

При действиях в современных условиях командир обязан предусмотреть все возможные варианты развития событий. Базой для развития технологий могут служить 3D карты местности, с помощью которых обучающийся сможет представить объемную картину местности, рассчитать необходимые показатели и т. п. Также существуют различные тактические симуляторы. В реальной обстановке без определенных знаний и навыков невозможно командовать личным составом. В подготовке к боевым действиям может помочь симулятор, в котором обучающийся сможет отработать все необходимые навыки.

Инновационный подход отмечается во всех развитых иностранных государствах. Все большее место в подготовке личного состава занимают тренажерные комплексы и системы различного типа. Это объясняется, прежде всего, экономическими соображениями, а также высокой эффективностью обучения, в ходе которого можно воссоздавать и многократно повторять процесс тренировки, сопровождая его моделированием наиболее сложных, близким к критическим ситуаций.

В настоящее время в Вооруженных Силах отмечается широкое применение технических средств обучения, в том числе тренажеров и имитаторов, в процессе подготовки военнослужащих. Это позволяет значительно снизить финансовые и материальные затраты на эксплуатацию авиационной и другой техники, а также сократить количество несчастных случаев при одновременном увеличении пропускной способности учебных мест за период тренировки. Наблюдается постоянное внедрение в военные учебные заведения и войска последних достижений в области науки и техники.

Основными требованиями к инновационным технологиям должны быть простота и доступность использования, совместимость со многим аппаратными и программными платформами и продуктами, независимо от их особенностей, возможность дальнейшего совершенствования данной программы или технологии.

Таким образом, в условиях динамичного развития современного общества и усложнения его технической и социальной инфраструктуры важнейшим стратегическим ресурсом становится информация. Интенсивно развивающиеся информационные технологии находят все большее применение во всех сферах жизни общества. Не является исключением также сфера образования, а в частности профессиональная подготовка военных специалистов.

Все выше изложенное позволит сформировать личность будущего авиационного специалиста по применению беспилотных авиационных комплексов в условиях активного внедрения интерактивных информационных технологий в образовательный процесс.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Специализированный образовательный портал Инновации в образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://sincom.ru>. – Дата доступа: 15.11.2021.

УДК 681.51

П.В. Иванишин, К.В. Волк

*Республиканское производственное унитарное предприятие
«Завод точной электромеханики»*

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ КАНАЛА КРЕНА ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Система управления осесимметричного летательного аппарата (ЛА) включает несколько подсистем. Одной из важнейших подсистем управления является система стабилизации по крену (ССК). Она необходима для обеспечения качественного функционирования:

- спутниковой навигационной подсистемы;
- головки самонаведения;
- каналов поперечного управления ЛА.

Поэтому проектирование эффективной ССК является актуальной научно-технической задачей. Цель проектирования ССК: обеспечение заданных показателей качества в условиях воздействия существенно нестационарных параметров ЛА в полете, а также внешних возмущений.

Проектирование ССК включает следующие этапы:

- 1) выбор базовой структуры ССК;
- 2) оценку параметров передаточной функции (ПФ) ЛА;
- 3) получение уравнений для прямой цепи ПФ ССК с ЛА;
- 4) выбор параметров ССК;
- 5) проверка устойчивости ССК путем построения логарифмических частотных характеристик;

6) структурно-параметрическая оптимизация ССК (при необходимости);

7) проверка работоспособности ССК в условиях возмущающих воздействий на имитационной математической модели в различных условиях полета.

Типовая структурная схема ССК осесимметричного ЛА, реализованная с использованием современной комбинированной навигационной системы, приведена на рисунке 1.

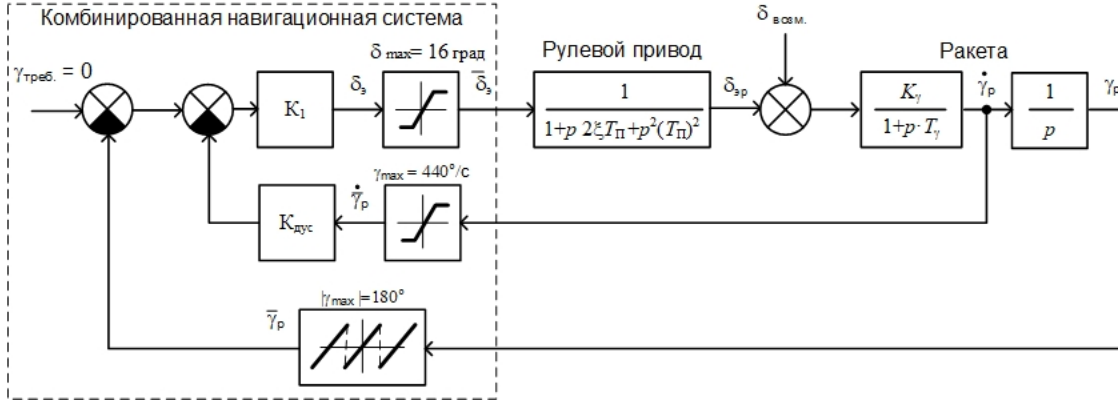


Рисунок 1 – Типовая структурная схема ССК осесимметричного ЛА, реализованная с использованием современной комбинированной навигационной системы

В основе комбинированной навигационной системы бесплатформенная навигационная система (БИНС), которая корректируется по данным глобальных навигационных спутниковых систем. В качестве особенностей структурной схемы отметим наличие нелинейных звеньев в цепях обратных связей (ОС) по угловой скорости и углу крена:

- типа «ограничитель» в цепи ОС по угловой скорости, вызванная диапазоном измерения угла скорости используемых в БИНС гироскопов на уровне $\pm 440^\circ$;
- типа «аналого-цифровой преобразователь» в цепи ОС по углу крена, вызванная диапазоном измерения угла крена в БИНС от -180° до $+180^\circ$;
- нестационарные значения передаточной функции ЛА в зависимости от условий полета.

Для оценки параметров ПФ ЛА использовалась аналитическая методика оценки аэродинамических характеристик и моментов ЛА [1]. Характер изменения динамических коэффициентов в канале крена изделия и основных параметров траектории полета ЛА приведена на рисунке 2.

На рисунке 2 видна существенная зависимость от времени полета параметров a_1 , a_3 , определяющих коэффициент преобразования изделия по крену, и постоянной времени T_γ . Многократное изменение параметров ПФ изделия по крену вызвано существенным изменением скоростного напора, массы и момента инерции изделия на активном участке полета и при разделении ступеней.

Для анализа устойчивости ССК с использованием логарифмических частотных характеристик найдем выражение для ПФ прямой цепи:

$$W(p) = \frac{K_1 \frac{1}{(1 + p2\xi T_{II} + p^2 T_{II}^2)} \frac{K_\gamma}{(1 + pT_\gamma)}}{1 + K_1 \frac{1}{(1 + p2\xi T_{II} + p^2 T_{II}^2)} \frac{K_\gamma}{(1 + pT_\gamma)} K_{дус}} \frac{1}{p} \quad (1)$$

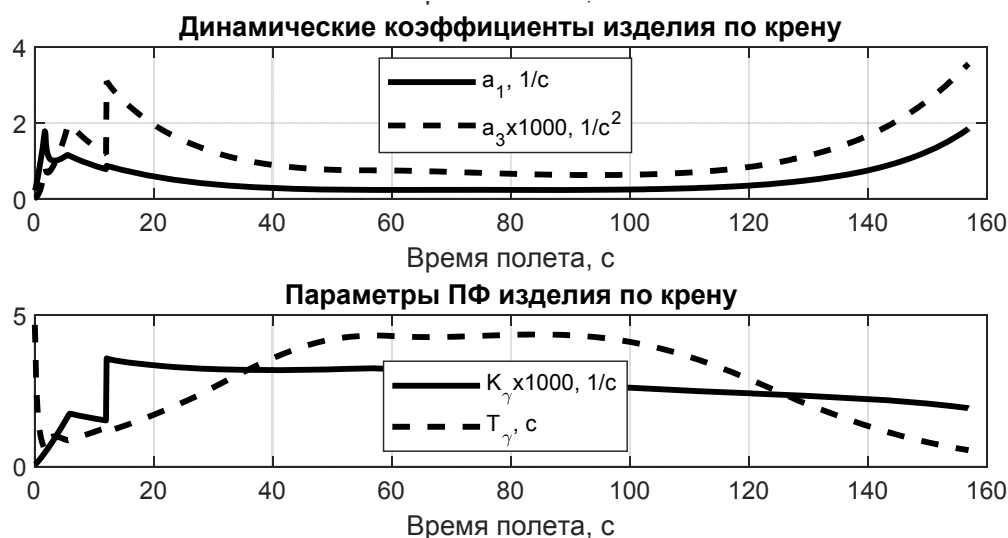


Рисунок 2 – Характер изменения динамических коэффициентов в канале крена изделия и основных параметров траектории полета ЛА

После преобразований ПФ прямой цепи (1) с учетом разложения знаменателя на множители с использованием формулы Кардано, получим:

$$W(p) = \frac{K_1 a_3' T_a}{p T_{II}^2 \left(\left(\operatorname{Re}(x_{2,3}) \right)^2 + \left(\operatorname{Im}(x_{2,3}) \right)^2 \right) (1 + p T_a) (1 + p 2 \xi_k T_k + p^2)}, \quad (2)$$

где $T_a = -1 / x_1, [c]$;

$$T_k = \frac{1}{\sqrt{\left(\operatorname{Re}(x_2) \right)^2 + \left(\operatorname{Im}(x_3) \right)^2}}, [c]; \quad \xi_k = \frac{\operatorname{Re}(x_2)}{T_k \left(\left(\operatorname{Re}(x_2) \right)^2 + \left(\operatorname{Im}(x_3) \right)^2 \right)}, [1];$$

где x_1, x_2, x_3 – соответственно вещественный и два комплексно-сопряженных корня кубического уравнения, составленного по полиному знаменателя (1); a_3' – динамический коэффициент эффективности аэродинамических элеронов, $[1/c^2]$.

Результаты оценки устойчивости ССК на второй секунде полета приведены на рисунке 3.

Для обеспечения заданных динамических свойств ССК с учетом требования по обеспечению устойчивости используются параметрическая и структурная оптимизация ССК. Результаты работы ССК осесимметричного ЛА на начальном этапе полета, полученные с использованием имитационной математической модели в среде MATLAB, приведены на рисунке 4.

Приведенная методика проектирования может использоваться для синтеза ССК любых ЛА.

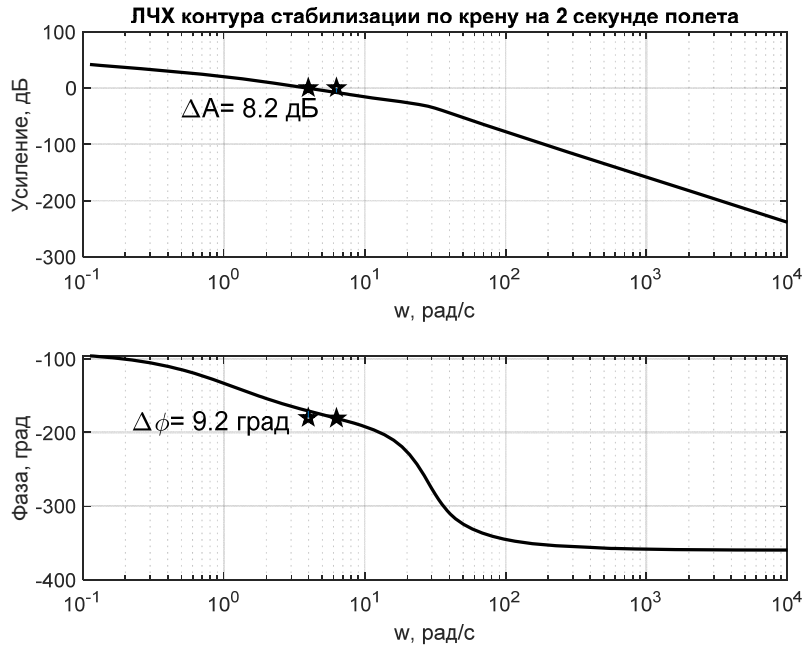


Рисунок 3 – Результаты оценки устойчивости ССК на второй секунде полета

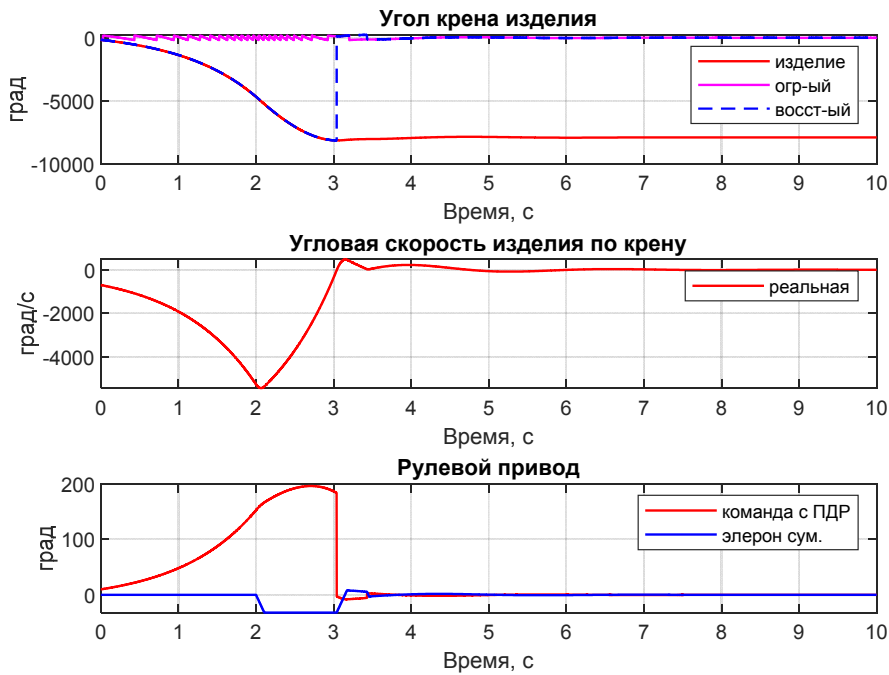


Рисунок 4 – Результаты работы ССК осесимметричного ЛА на начальном этапе полета

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волк, К. В. Методика определения параметров передаточной функции гиперзвукового осесимметричного летательного аппарата / К. В. Волк, П. В. Иванишин, Т. С. Лавицкая // Вестник ВА Респ. Беларусь. – 2018. – № 4. – С. 25–32.
2. Мизрохи, В. Я. Проектирование управления зенитных ракет / В. Я. Мизрохи. – М. : Экслибрис-Пресс. – 2010. – 252 с.

УДК 629.735

А.Г. Капустин, А.Д. Баранов

Белорусская государственная академия авиации

РАДИОУПРАВЛЯЕМАЯ МОДЕЛЬ ESO-DARK ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ

В настоящее время актуальна проблема загрязнения водоемов. Анализ состояния водоемов обычно проводят при помощи беспилотных авиационных комплексов и радиоуправляемых моделей. При этом используют такие способы, как сбор проб воды, ловля планктона и мониторинг биоразнообразия. Однако создание, обслуживание и организация мониторинга с помощью моделей менее затратно, чем беспилотных комплексов [1].

Разработанная радиоуправляемая модель ESO-Dark предназначена для: наблюдения за водными объектами; ловли зоопланктона, отбора проб воды; разведки обстановки на акватории; наблюдения за соблюдением правил рыбалки, правил поведения на воде.

Модель ESO-Dark имеет узкий плоскодонный корпус (длина 45 см) с поплавками. Поплавки служат для уменьшения трения при движении модели, увеличения устойчивости и скорости. Для большей устойчивости используются тонкие поплавки с большим размахом между ними (34 см). Для движения используется бесколлекторный мотора VM2815h 3700kv в сочетании с регулятором оборотов Hobbywing Seaking 60A [2]. Подбор гребного винта варьируется от погодных условий на акватории (при волнении 0–3 баллов по шкале Бофорта используется винт шага 47x40, при 4–5 баллах – винт подбирается экспериментально). Для задания маршрута движения по воде применяется контроллер АРМ ArduPilot. При выполнении функции наблюдения на модели установлена FPV камера АКК K1961 с антенной круговой полимеризации. Выбор именно этого типа антенны обусловлен тем, что качество передаваемого сигнала выше, чем у дипольных антенн.

При испытаниях модель выполняла мониторинг экологического состояния озер Витебского района (восемь озер, см. таблица 1). Модель ESO-Dark собирала материалы для исследования зоопланктона. При исследованиях было установлено, что небольшие озера наиболее уязвимы в условиях интенсивной антропогенной нагрузки. Их состояние является индикатором многофакторного воздействия на экологическую ситуацию в целом и на близлежащих территориях.

Для определения уровня чистоты и заселенности озер, пробы зоопланктона брались не только у берега, но и в отдалении от него. При выполнении данной задачи к торцу прикрепляется сачок, из мельничного газа. Ходовые испытания показали, что сопротивление сачка не мешало судну идти нужным курсом.

Для просмотра и подсчета большинства организмов использовался стандартный бинокулярный микроскоп с 16–60 кратным увеличением и окуляром с мерной линейкой [3]. В итоге определены организмы, принадлежащие к отряду Daphniiformes [4]. Всего в изученных озерах присутствует 10 видов дафниеобразных. Анализ проб позволил оценить видовое β -разнообразие зоопланктона в изученных озерах. Так озеро Полонское отличается сниженным β -биоразнообразием. Из-за регулярного использования этого озера для отдыха горожанами, присутствие бытовых и хозяйственных объектов на его берегах и прохождение в непосредственной близости от него автотрассы оказывает отрицательное воздействие на экологическое состояние водоема. Озера Шевино и Летцы проявляют так же сниженную степень биоразнообразия. В целом просматривается тенденция к снижению видового разнообразия в озерах вблизи автотрасс и хозяйственных объектов. Рассчитана сапробность изученной группы озер. Все восемь озер проявляют степени сапробности от 1 до 2. Полученные данные укладываются в α – β – сапробную зону.

При этом озера Белое, Полонское и Новка имеют наименьший индекс сапробности (от 1,33 до 1,4), что говорит о малом содержании в их водах органических загрязняющих веществ и их принадлежности скорее к о-сапробным водоемам с достаточно слабо загрязненными водами.

Таблица 1 – Структура зоопланктон озер Витебского района

№	Вид	Озеро							
		Шевино	Летцы	Белое	Полонское	Бернское	Островитское	Безымянное	Новка
1	Коловратки <i>Rotatoria</i>	+	+	-	-	-	+	-	-
2	<i>Acroperus harpae</i>	-	-	-	-	-	-	+	+
3	<i>Chydorus sphaericus</i>	-	-	-	-	-	-	+	-
4	<i>Alonella nana</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
5	<i>Eurycerus lamellatus</i>	-	+	-	-	-	-	-	-
6	<i>Diaphanosoma brachyurum</i>	+	+	+	+	-	+	+	+
7	<i>Daphnia hyalina</i>	-	-	+	-	-	-	-	-
8	<i>Daphnia cuculata</i>	+	-	-	-	+	+	-	-
9	<i>Daphnia galeata</i>	-	-	-	-	+	-	-	-
10	<i>Bosmina longirostris</i>	+	-	-	-	-	-	+	-

Радиоуправляемая модель Eco-Dark показала эффективность при испытаниях. Модель доказала свою способность к применению в исследованиях водной экосистемы. В ходе испытаний модели были выявлены следующие недостатки: при волнении свыше пяти баллов (по шкале Бофарда) у катера уменьшается скорость и управляемость, при грозе создаются помехи, препятствующие стабильной передаче сигнала управления и обратной передаче видеосвязи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотный летальный аппарат (дрон) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php/>. – Дата доступа: 29.10.2021.
2. Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / под ред. проф. В. А. Абакумова. – СПб. : Гидрометеоздат, 1992. – 246 с.
3. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий. – СПб. : ЗИН, 1995. – Т. 2. – Ракообразные. – 627 с.

УДК 004.932.4

О.В. Ковриго, Д.А. Рахоцкий, В.В. Нечаев

Военная академия Республики Беларусь

ИММИТАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕТА БЛА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМИТИРУЮЩИХ ПОМЕХ

Современные вооруженные конфликты характеризуются ростом интенсивности применения малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) одноразового применения, для огневого поражения живой силы, средств артиллерии и противовоздушной обороны, а также другой бронированной техники [1].

Физическое уничтожение самих малогабаритных БЛА осложнено их малыми размерами, низкой эффективной площадью рассеивания и высокой маневренностью [2]. Поэтому наиболее универсальным и эффективным способом уничтожения является радиоэлектронное подавление каналов управления и спутниковой радионавигации БЛА.

Для радиоэлектронного подавления каналов управления и навигации БЛА применяются активные маскирующие и имитирующие помехи.

Радиоэлектронное подавление спутниковой радионавигационной системы (СРНС) БЛА маскирующими помехами приводит к нарушению ее функционирования, отсутствию навигационной информации на борту БЛА и как следствие срыву выполнения боевой задачи. Факт воздействия таких помех очевиден. Поэтому, выполнение задач БЛА в условиях применения маскирующих помех может быть обеспечено путем использования навигационной информации от других источников.

Имитирующие помехи служат для внесения ложной информации в подавляемые радиоэлектронные средства [2]. Радиоэлектронное подавление СРНС такими помехами приводит к уходу БЛА с маршрута полета за счет создания ложного навигационного поля и срыву выполнения боевой задачи. Имитирующие помехи по своей структуре подобны полезным сигналам подавляемых средств, поэтому вскрытие их воздействия весьма затруднительно. Помехи такого типа, часто называют «*спуфингом*» – *подменой* навигационных данных местоположения.

Наиболее оптимальным методом защиты от «спуфинга» является метод комплексного решения навигационной задачи с ее взаимным решением по данным, как от спутниковой радионавигационной системы, так и от инерциальной навигационной системы [3]. Однако применение данного метода для малогабаритных БЛА нецелесообразно, поскольку подразумевает увеличение как экономических затрат, так и массогабаритных характеристик, вследствие использования инерциальной навигационной системы. В качестве альтернативного источника навигационных данных местоположения может быть рассмотрена оптико-электронная система (ОЭС) БЛА. Сопоставление навигационных данных местоположения СРНС с относительной траекторией полета, построенной с использованием ОЭС, позволяет вскрыть воздействие «спуфинга» и в дальнейшем осуществлять выполнение задачи по заданному маршруту.

В докладе рассматривается имитационно-математическая модель (ИММ) процесса полета БЛА в условиях воздействия имитирующих помех, разработанная в графической среде (Unity). Принцип построения относительной траектории полета по изображениям местности, полученных от ОЭС БЛА), основан на поиске смещения одного изображения относительно другого, путем определения аргумента максимума корреляционной матрицы смещения двух изображений.

Функциональная схема ИММ полета БЛА включает кинематическое звено, СРНС, ОЭС, блок определения смещения, блок пересчета и решающее устройство (рисунок 1).

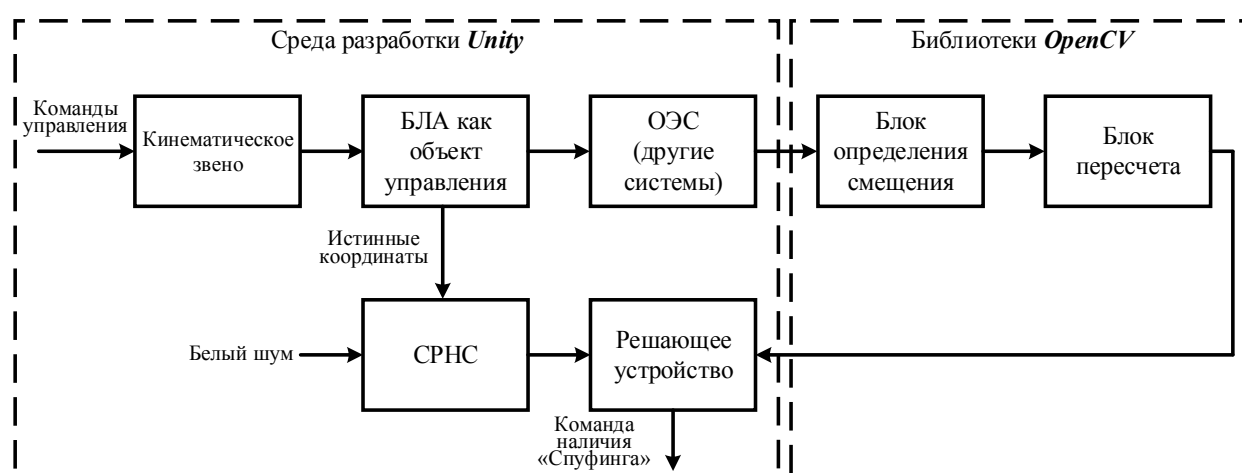


Рисунок 1 – Функциональная схема ИММ полета БЛА

Кинематическое звено предназначено для расчета смещения БЛА, которое поступает на блок объекта управления и приводит к смещению БЛА и ОЭС. В последующем, изображение из ОЭС поступает в блок библиотек *OpenCV*, с помощью которых определяется текущее смещение БЛА в пикселях. Смещение БЛА пересчитывается в метры, исходя из параметров ОЭС и высоты полета. Далее в решающем устройстве определяется ошибка смещения БЛА.

Пример построения траектории полета БЛА по информации от ОЭС и СРНС в имитационно-математической модели представлен на рисунке 2.

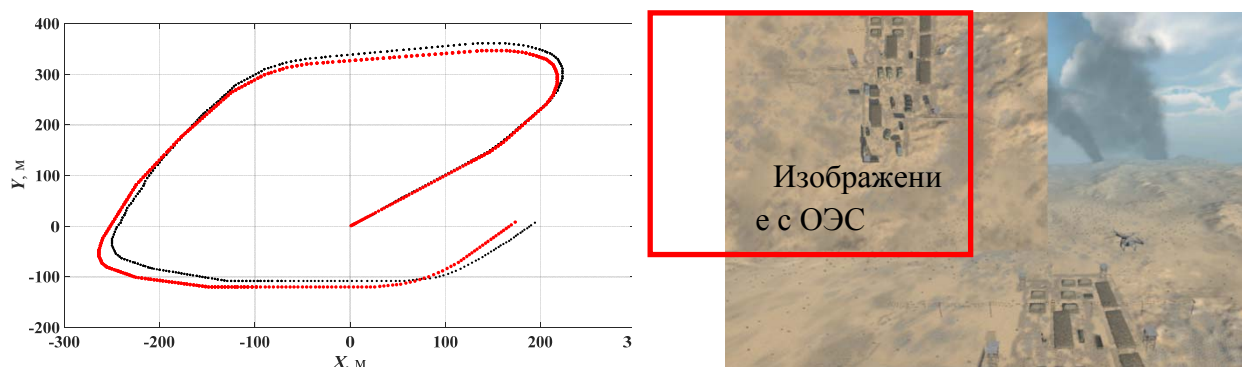


Рисунок 2 – Пример построения траектории полета БЛА по информации от ОЭС и СРНС в имитационно-математической модели

Разработанная имитационная математическая модель отображает процессы полета БЛА в условиях воздействия имитирующих помех и позволяет оценить возможность и целесообразность применения других источников навигационных данных местоположения при «спуфинге».

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Боевое применение беспилотных аппаратов в Нагорном Карабахе. – М. : ООО «СТАТУС», 2021. – 124 с.
2. Борьба с беспилотными летательными аппаратами : учебное пособие / В. И. Литвиненко, Ю. В. Ногинов ; под общ. ред. А. П. Макарова. – М. : КНОРУС, 2021. – 148 с.
3. Дао, Х. К. Принципы обнаружения преднамеренных помех, воздействующих на аппаратуру потребителей спутниковых радионавигационных систем / Х. К. Дао, Д. Д. Ступин, Р. А. Шевченко. – Журнал радиоэлектроники. – 2019. – № 5. – С. 25–35.

УДК 159.91

Д.Н. Козлов, К.О. Асядовский, К.С. Игнатков

Белорусская государственная академия авиации

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛЕТОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Вопросы безопасности применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) во всем фазовом пространстве ожидаемых условий эксплуатации (ОУЭ) представляют серьезную научно-техническую проблему. Один из аспектов данной проблемы – обеспечение безаварийного применения БЛА, исключающего неконтролируемое падение БЛА на землю и связанное с этим непреднамеренное нанесение ущерба жизни, здоровью людей и их имуществу на земле.

Решение данной проблемы рассмотрим на примере летной эксплуатации трансзвуковых БЛА на режимах полета близким к предельно допустимым по условиям безопасности полета.

Важнейшими особенностями летной эксплуатации БЛА на данных режимах полета являются [1, 2]:

полная автономность полета БЛА от момента старта до посадки. Данное обстоятельство предопределяет невозможность какого-либо вмешательства в траекторное управление беспилотным летательным аппаратом в процессе полета, то есть невозможность коррекции введенной на земле в навигационно-пилотажный комплекс (НПК) БЛА заданной программы полета;

преобладание неустановившихся режимов полета;

значительное расширение диапазона эксплуатационных углов атаки и знакопеременных перегрузок;

выполнение полетов на максимальную практическую дальность полета на предельно малой возможной высоте.

Для определения возможных путей решения проблемы обеспечения безаварийного применения БЛА необходимо, прежде всего, провести системный анализ факторов, влияющих на безопасность полета БЛА, сформировать перечень аварийноопасных режимов полета БЛА.

Основными причинами авиационного происшествия БЛА (аварии, катастрофы) являются:

1. Отказ маршевого двигателя или его систем, вследствие чего произойдет неконтролируемое падение БЛА на землю.

2. Отказ (сбой) бортовой системы управления (вычислитель, доплеровский измеритель скорости и угла сноса, радиовысотомер малых высот) БЛА, следствием чего будет невыполнение полетного задания (отклонение от заданного путевого угла, нарушение пространственно-временного прохождения промежуточных пунктов маршрута, отклонение от заданной высоты полета и т. п.) и посадка БЛА в нерасчетном районе, что может привести к частичному (или полному) разрушению БЛА.

3. Превышение основных ограничений для БЛА, связанных, в основном, с летной эксплуатацией БЛА в условиях сильной турбулентности атмосферы, а также в режиме полета с огибанием горного сложно-пересеченного рельефа местности, несоблюдение которых недопустимо по условиям безопасности полета при исправной работе систем и оборудования.

4. Некорректный учет комплекса случайных факторов, влияющих на практическую дальность полета [3], при проведении инженерно-штурманского расчета дальности и продолжительности полета (РДП).

К случайным факторам, вызывающим возможное отклонение (увеличение) фактических характеристик расхода топлива БЛА от принятых при РДП, относятся [4, 5]:

отклонение аэродинамических характеристик БЛА в процессе изготовления и эксплуатации планера БЛА от характеристик, принятых, по результатам испытаний в аэродинамических трубах и уточненных на этапе летных испытаний;

отличие значений балансировочного отклонения элевонов от значений, полученных при летных испытаниях;

отклонение фактической величины тяги маршевого двигателя в процессе его изготовления и эксплуатации от величины, принятой по результатам стендовых испытаний маршевого двигателя;

отличие расходных характеристик маршевого двигателя от характеристик, полученных при летных испытаниях БЛА;

отличие фактического распределения температуры воздуха от принятого при расчетах дальности и продолжительности полета;

отличие фактического распределения атмосферного давления по высоте от принятого при расчетах дальности и продолжительности полета;

отличие фактических значений скорости и направления ветра по маршруту полета от прогнозируемого;

навигационные погрешности;

погрешность стабилизации заданного высотно-скоростного режима полета;

отличие величины располагаемого запаса топлива от принятого при расчетах дальности и продолжительности полета (технологический разброс емкости топливных баков при их изготовлении, разброс по времени работы маршевого двигателя на земле).

Случайные факторы, влияющие на дальность полета, учитываются, при проведении инженерно-штурманского расчета дальности и продолжительности полета, величиной гарантийного технического запаса топлива.

Гарантийный технический запас топлива – масса топлива, учитывающая возможное отклонение (увеличение) фактических характеристик расхода топлива БЛА от принятых при РДП, обусловленное комплексом случайных факторов.

Следствием некорректного учета величины гарантийного технического запаса топлива при проведении РДП может быть авиационное происшествие, заключающееся в неконтролируемом падении БЛА на землю по израсходованию всего объема располагаемого запаса топлива.

5. Некорректный учет факторов, влияющих на безопасность маневров в вертикальной плоскости при огибании БЛА рельефа местности или искусственных сооружений.

Следует также учитывать возможное уменьшение геометрической высоты полета над рельефом местности, обусловленное большими положительными температурами, при которых, из-за недостаточной тяги маршевого двигателя набор высоты может сопровождаться уменьшением скорости и, как следствие, увеличением угла атаки. Для предотвращения выхода угла атаки за допустимое значение, система управления БЛА уменьшает значения заданного угла тангажа, что приведет к уменьшению угла наклона траектории и скороподъемности летательного аппарата. Для предотвращения столкновения БЛА с землей необходимо увеличить значения минимально-допустимой высоты полета.

Факторы, влияющие на безопасность маневров в вертикальной плоскости при огибании БЛА рельефа местности, учитываются путем рационального выбора минимальной безопасной высоты полета при РДП БЛА.

Следствием некорректного учета факторов, влияющих на рациональное определение минимально-допустимой безопасной высоты полета БЛА, может быть авиационное происшествие, заключающееся в столкновении БЛА с рельефом или искусственными сооружениями.

На основании анализа основных факторов, влияющих на безопасность полета БЛА, можно сформировать перечень наиболее аварийноопасных режимов их полета:

полет БЛА на максимальную практическую дальность на минимально-возможной высоте полета;

полет БЛА в режиме огибания рельефана минимально-возможной безопасной высоте при управлении высотой полета по информации от высотомера малых высот;

полет БЛА на максимальную практическую дальность на минимально-возможной безопасной высоте в режиме огибания рельефа при управлении высотой полета по информации от высотомера малых высот.

Способы предотвращения авиационного происшествия БЛА (или минимизация его последствий) заключаются, прежде всего, в:

резервировании контура управления БЛА, то есть комплексировании систем ориентации и навигации различных типов. Причем комплексированы не только системы, но и отдельные датчики первичной информации, измеряющие одни и те же параметры. При этом неисправность какой-то системы ориентации и навигации БЛА (или датчиков первичной информации) не приведет к аварии или катастрофе;

разработке рационального алгоритма функционирования НПК БЛА не допускающего превышение основных ограничений (по углу атаки или коэффициенте подъемной силы, максимальной скорости или числу М полета, динамическому скоростному напору) для БЛА, связанных с эксплуатацией БЛА в целом, при исправной работе систем и оборудования;

в рациональном учете комплекса случайных факторов, влияющих на практическую дальность полета, при проведении инженерно-штурманского расчета дальности и продолжительности полета (РДП);

в рациональном учете факторов, влияющих на безопасность маневров в вертикальной плоскости при огибании БЛА рельефа местности или искусственных сооружений, при определении безопасной высоты полета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мосов, С. П. Беспилотная разведывательная авиация стран мира: история создания, опыт боевого применения, современное состояние, перспективы развития : монография / С. П. Мосов. – Киев : Румб, 2008. – 160 с.

2. Лифанов, Ю. С. История создания БПЛА ScanEagle компанией Insitu / Ю. С. Лифанов // Об экономическом, научно-техническом и военном потенциале государств-участников СНГ и технических средствах его выявления. Серия: «Техническое оснащение спецслужб зарубежных государств». – 2009. – № 12. – С. 15–18.

3. Меньшаков, Ю. К. Виды и средства иностранных технических разведок / Ю. К. Меньшаков. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 655 с.

4. Гулевич, С. П. Методика определения гарантийного технического запаса топлива и практической дальности полета беспилотного летательного аппарата / С. П. Гулевич, С. А. Исаев // Проблемы безопасности полетов. – 2000. – № 5. – С. 14–21.

5. Гулевич, С. П. Обеспечение безаварийного применения беспилотного летательного аппарата по топливу при выполнении полетов в условиях холмистой местности / С. П. Гулевич, Б. В. Александровский // Проблемы безопасности полетов. – 2001. – № 7. – С. 13–17.

УДК 623.74

П.А. Коломиец, В.В. Лесков, А.В. Переславцев

*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)***К ВОПРОСУ РЕМОНТА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Беспилотные летательные аппараты (БпЛА) – одно из наиболее динамично развивающихся направлений авиационной техники во всем мире. В основе изготовления составных элементов БпЛА лежат полимерные волокнистые композиционные материалы (ПВКМ). Для изготовления деталей корпуса БпЛА представляется перспективным применение ПВКМ с волокнистым армирующим наполнителем с основой в виде полиэфирных, фенольных, силиконовых, эпоксидных смол. Применение определенного вида смолы подразумевает создание ПВКМ с определенными физико-химическими и эксплуатационными свойствами, которые недостижимы в традиционных конструкционных материалах, созданных на различных основах (металлическая, углеродная, керамическая и т. д.).

Ресурс работы БпЛА, разработанных и построенных с применением ПВКМ, как правило, в несколько раз выше чем у ЛА, построенных с использованием только традиционных авиационных металлических сплавов, что объясняется значительным снижением удельного расхода топлива за счет рациональной эксплуатации авиационной техники, сокращением потерь горючего, а также повышением экономичности двигателей, улучшением весовых и аэродинамических характеристик ЛА.

При эксплуатации БпЛА неизбежны повреждения. Они могут быть как видимые невооруженным взглядом, так и неразличимые без применения каких-либо специальных средств или методик. Такие повреждения возникают на микроуровне, поэтому их выявление и ликвидация затруднены. Уязвимое место у ПВКМ – это полимерная матрица и именно в ней могут образовываться трещины в процессе различных нагружений на протяжении всего времени эксплуатации БпЛА.

Рассматривая общий принцип восстановления микроструктуры, самозалечивающиеся системы можно разделить на две группы – внутреннюю и внешнюю. Отличие присутствует в химической природе процесса восстановления.

С точки зрения запуска процесса самозалечивания системы можно классифицировать на *автономную* (самовысвобождение «лечащего» агента при возникновении дефекта) и *неавтономную* (проявление внешнего (например, теплового) воздействия для активизации процесса самовосстановления).

Внешнее самозалечивание – процесс внедрения в ПВКМ различных модификаторов, например каучуков (эластомеров), термопластов, капсул с «лечащим» агентом [1, 2].

Самым простым способом заполнения трещины и предотвращения ее роста является технология введения в матрицу термопласта в виде отдельной фазы. В качестве термопласта предлагается применение сополимера полиэфира, полученного из винил-7,7-диметиллоктана, дивинилбензена и сополимера бутадиена с добавлением термопласта на основе терефталевой, изофталевой кислот и 1,4-бутандиола [3]. В [4] в качестве термопласта предлагается применение сополимеров метилакрилата. При возникновении дефекта детали ее нагревают до температуры плавления термопласта, вследствие чего он заполняет свободную полость образованную трещиной. Движущей силой протекания реакции могут оказаться силы поверхностного натяжения, силы тяжести, но из-за того, что термопласт находится в матрице полимера, создание избыточного давления затруднительно и энергоемко, вследствие чего, процесс проходит за счет диффузии. Также, можно отметить то, что у данного способа нет срока годности и при плавлении термопласта не остается полостей, что затрудняет развитие еще одной трещины в этом же месте (рисунок 1).

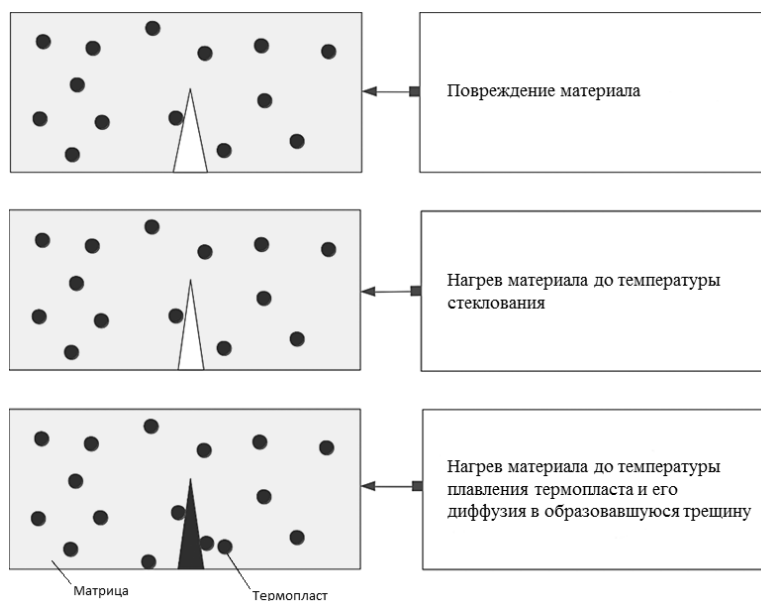


Рисунок 1 – Схема работы термопластичных лечащих компонентов

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тхакур, В. К. Самовосстанавливающиеся полимерные нанокомпозитные материалы : обзор / В. К. Тхакур, М. Р. Кесслер // Полимер. – 2015. – Т. 69. – С. 369–383.
2. Самовосстанавливающаяся эпоксидная смола, упрочненная термопластом / А. Р. Джонс [и др.] // Полимер. – 2015. – Т. 74. – С. 254–260.
3. Шампань, Дж. Влияние уровня изоляции и локального нагрева на эффективность заживления самовосстанавливающихся композитов из твердых частиц / Дж. Шампань, С. С. Панг, Л. Гоцян // Композиты : Часть В. – 2016. – Т. 97. – С. 344–352.
4. Механические свойства модифицируемых композитов, содержащих самовосстанавливающиеся термопластичные агенты / Дж. Ли [и др.] // Композиты : Часть В. – 2014. – Т. 62. – С. 10–18.

УДК 623.74

С.С. Копункин, Д.С. Власов, В.В. Лесков

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ РЕМОНТА СОСТАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Согласно определению, одобренному Ассамблеей Международной организации гражданской авиации (ИКАО), «беспилотный летательный аппарат (БПЛА) представляет собой воздушное судно без пилота..., которое выполняет полет без командира воздушного судна на борту и либо полностью дистанционно управляется из другого места с земли, с борта другого воздушного судна, из космоса, либо запрограммировано и полностью автономно». В России в последние годы разработке и созданию БПЛА с улучшенными характеристиками также уделяется самое пристальное внимание. Это связано, в том числе, и с разработкой и применением новых технологий, новых высокопрочных конструкционных материалов в авиастроении. Применение композиционных материалов (КМ) при проектировании и изготовлении, в том числе БПЛА, позволяет снизить вес планера летательного аппарата (ЛА) на 30–40 % относительно ЛА, изготовленных из традиционных металлических сплавов. В процессе проектирования планера БЛА рассматриваются полезная нагрузка, дальность, скорость, высота, время полета, срок

службы, коэффициент перегрузки. Уделяется внимание возможности уменьшения массы БЛА исходя из внешних геометрических размеров, аэродинамики, силовой установки и физических и механических свойств используемых материалов (прочность, жесткость, плотность) с учетом технологии изготовления деталей из них. Достижения в развитии и совершенствовании БпЛА в связи с применением новых КМ, компактных и мощных двигательных установок, миниатюризацией различных датчиков, гироскопов, сервоприводов, систем управления и отсутствие человека делают возможным эксплуатацию БпЛА в условиях более экстремальных, нежели пилотируемые ЛА.

В основе изготовления составных элементов БпЛА лежат полимерные волокнистые композиционные материалы (ПВКМ). Для изготовления деталей корпуса БпЛА представляется перспективным применение ПВКМ с волокнистым армирующим наполнителем с основой в виде полиэфирных, фенольных, силиконовых, эпоксидных смол. Применение определенного вида смолы подразумевает создание ПВКМ с определенными физико-химическими и эксплуатационными свойствами, которые недостижимы в традиционных конструкционных материалах, созданных на различных основах (металлическая, углеродная, керамическая и т. д.).

В ходе эксплуатации БпЛА возникает ряд проблем, связанных с:

- возникновением больших аэродинамических нагрузок (как, например, при скручивании хвостовой части);
- обеспечением посадки (так как нагрузка, оказываемая на фюзеляж в момент посадки, в несколько раз превышает нагрузку в полете);
- подверженностью материалов конструкции влиянию окружающей среды.

При эксплуатации БпЛА неизбежны повреждения. Они могут быть как видимые невооруженным взглядом, так и неразличимые без применения каких-либо специальных средств или методик. Такие повреждения возникают на микроуровне, поэтому их выявление и ликвидация затруднены. Уязвимое место у ПВКМ – это полимерная матрица и именно в ней могут образовываться трещины в процессе различных нагружений на протяжении всего времени эксплуатации БпЛА.

С точки зрения запуска процесса самозалечивания системы можно классифицировать на *автономную* (самовысвобождение «лечащего» агента при возникновении дефекта) и *неавтономную* (проявление внешнего (например, теплового) воздействия для активизации процесса самовосстановления).

Внешнее самозалечивание – процесс внедрения в ПВКМ различных модификаторов, например каучуков (эластомеров), термопластов, капсул с «лечащим» агентом [1, 2].

На рисунке 1 представлены этапы появления и роста трещины с дальнейшим самоизлечением микроструктуры. Начальная стадия процесса (*а*) – зарождение и последующий рост трещины. Находящиеся на траектории разрастания трещины микрокапсулы разгерметизируются (*б*) с последующим химическое взаимодействие с катализатором и заполнением пространства трещины содержимым микрокапсулы (*в*). В качестве содержимого капсулы применялся поли (бетааминоэфир) в растворителе этилфенилацетате, термоустойчивом до 180°C при затвердевании. Поверхность микрокапсул покрывалась тонким слоем полидопамина. В [2] упоминается, что в результате временное сопротивление образца с микрокапсулами (массовое содержание микрокапсул составило 5 %) увеличилось на 26 % относительно эталона без микрокапсул. При нагреве опытного образца до 180°C в течение 1 часа уровень вязкости разрушения достиг 67 %. Необходимо отметить, что при нагреве до 130°C разгерметизации микрокапсул не произошло. В результате проведенных мероприятий рост трещины и, соответственно, разрушение прекращается. Возможность самовосстановления микроструктуры лимитирована количеством лечащего агента, процесс возможен однократно. Применение вышеуказанных материалов в матрице полимера повышает ударную вязкость, не позволяет магистральной трещине разрастись по всему объему

детали. Есть схожий процесс остановки роста трещины с помощью мономеров; они представляют собой микрокапсулы с агентом, связывающим полимер. К негативным последствиям относится образование пустот в месте разрыва микрокапсулы. Процессы, протекающие при заживлении магистральной трещины, представлены на рисунке 1.

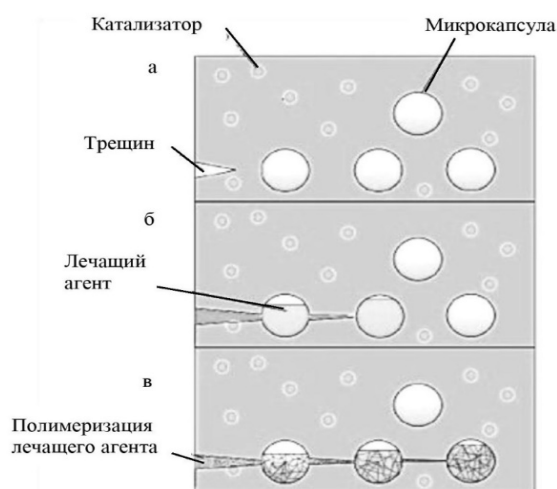


Рисунок 1 – Процесс заживления магистральной трещины:
а – инициирование трещины; б – высвобождение лечащего агента; в – отверждение

При внедрении в микроструктуру ПВКМ каучуков (эластомеров) будут происходить другие процессы, нежели описанные выше. Интенсивность приложенного напряжения во «главе» трещины уменьшается при приближении трещины к каучуковой фазе. В отличие от применения микрокапсул с лечащим агентом существенным недостатком данной технологии является то, что при вхождении в капсулу каучука трещина имеет свойство разветвляться (рисунок 2).

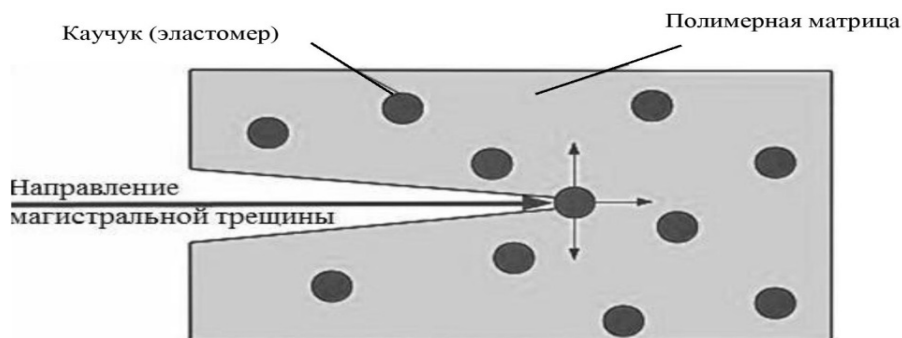


Рисунок 2 – Направление и разветвление трещины в полимерной матрице

Внутреннее самозалечивание – использование химических связей в качестве связующего в полимере. Самый привлекательный из новых способов – это самозалечивание полимера с помощью реакции Дильса-Альдера [3] в которой за счет химической реакции распада и выделения конденсата в виде первоначальных связей происходит сращивание трещины без образования пустот. В связи с этим, получается, что реакция протекает постоянно, если к нему прикладывать тепловое воздействие, так же с ее помощью не остается пустот в материале после сращивания трещины. К недостаткам

данного метода относят необходимость подведения теплоты. Схема протекания обратимой реакции Дильса–Альдера представлена на рисунке 3.

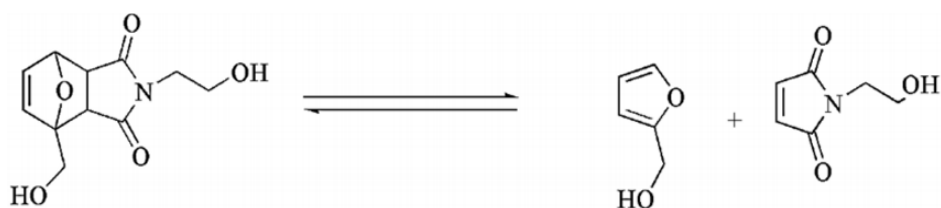


Рисунок 3 – Механизм протекания реакции Дильса–Альдера

Каждый описанный выше процесс самозалечивания имеет как положительные стороны, так и недостатки. В зависимости от условий эксплуатации БПЛА необходимо выбирать способ самозалечивания. Например, при наличии зарождающегося расслоения ПВКМ и возможности теплового воздействия, применение реакции Дильса–Альдера будет эффективно. В случае отсутствия возможности устранения образовавшегося дефекта в сжатые сроки, применение микрокапсул с лечащим агентом окажется оправданным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тхакур В. К. Самовосстанавливающиеся полимерные нанокомпозитные материалы : обзор / В. К. Тхакур, М. Р. Кесслер // Полимер. – 2015. – Т. 69. – С. 369–383.
2. Самовосстанавливающаяся эпоксидная смола, упрочненная термопластом / А. Р. Джонс [и др.] // Полимер. – 2015. – Т. 74. – С. 254–260.
3. Туркенбург, Д. Х. Термообратимые сшитые эпоксидные смолы на основе Дильса–Ольхи для использования в самовосстанавливающихся композитах / Д. Х. Туркенбург, Х. Р. Фишер // Полимер. – 2015. – Т. 79. – С. 187–194.

УДК 623.746.-519

Ю.Г. Краевский, О.Е. Игнашева, П.И. Савелов

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

ВАРИАНТ ИСПОЛНЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В настоящее время для решения сложных, трудоемких и опасных для человека задач все шире используют робототехнические комплексы, условия и способы применения которых постоянно ужесточаются, что требует повышения их функциональных характеристик. Многофункциональные беспилотные авиационные летательные комплексы (далее – МБАК) обеспечивают проведение разведки, обнаружения, распознавания и автоматического сопровождения наземных объектов, мониторинга границ и территорий, измерения и выдачи координат объектов удара в реальном масштабе времени, в том числе при неустойчивой связи в условиях непреднамеренных и преднамеренных помех между беспилотным летательным аппаратом (далее – БЛА) и наземным пунктом управления. При этом устанавливаемые на БЛА в качестве полезной нагрузки опτικο-электронные системы (далее – ОЭС) являются органами технического зрения для операторов МБАК. Как правило, ОЭС выполняются на гиросtabilизированной платформе (основании). Одной из важных задач при разработке

БЛА является создание интегрированных ОЭС, когда в одной конструкции объединены несколько функционально взаимосвязанных оптико-электронных систем, при этом уровень интеграции приборов (оптики, приема и обработки видеосигналов, обработки и отображения информации и т. д.) определяет уровень функциональных возможностей ОЭС [1].

Основными критериями при проектировании ОЭС для БЛА являются [2]:

многоканальность (комплексирование разноспектральных изображений, использование дальномеров, в первую очередь – лазерных);

оптическая, механическая и электронная интеграция отдельных подсистем и каналов в одной ОЭС;

автоматизация процессов юстировки различных каналов ОЭС;

обеспечение встроенного контроля состояния ОЭС;

обеспечение режима автоматического сопровождения выбранного объекта;

стабилизация линии визирования;

модульность исполнения;

сопряжение с другими источниками информации на борту БЛА (навигационная и другие бортовые системы);

высокая степень использования цифровых методов обработки информации.

Одной из основных задач ОЭС является обеспечение получения высококачественного изображения. В настоящее время известно несколько способов решения задачи получения качественного изображения посредством ОЭС, расположенных на БЛА [3]:

разработка новых или усовершенствование имеющихся подвесов для модулей получения информации;

разработка конструктивов стабилизации;

выбор рациональных вариантов расположения устройств наблюдения (оптических и инфракрасных модулей, лазерных датчиков);

разработка методов математической фильтрации данных модулей получения информации;

разработка методов обработки и представления изображений и пр.

Республиканским унитарным предприятием «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси (предприятие) разрабатываются различные ОЭС для БЛА собственной разработки и производства. Одной из разрабатываемых ОЭС является система, в которой используются несколько модулей получения информации (телевизионный, инфракрасные узкого и широкого поля зрения, лазерный дальномер). Для такой системы одним из существенных вопросов является стабилизация узла (подвеса), в который будут встроены модули получения информации.

Эксплуатация ОЭС показала, что применение 2-х осевой стабилизации подвеса на больших значениях приближения, либо применение длиннофокусных объективов оптических систем недостаточно, а применение электронной стабилизации подвеса не всегда оправдывает результаты. Поэтому при проектировании новой ОЭС было принято решение применять 3-х осевую стабилизацию по крену, для чего в конструкцию была добавлена дополнительная ось вращения оптического блока. Стабилизация оптического блока по крену ограничена в диапазоне $\pm 20^\circ$, что достаточно при применении ОЭС на БЛА самолетного типа. Вращение дополнительной оси обеспечивается при помощи ультратонкого подшипника и дополнительного двигателя, который при помощи ременной передачи поворачивает оптический блок.

При помощи предварительных расчетов были определены значения моментов, необходимых для позиционирования и стабилизации оптического блока, и выбраны бесколлекторные двигатели. Контроллер управления стабилизацией, плата видео

стабилизации и захвата цели располагаются внутри подвижного купола. Электрические соединения через оси вращения по углу места и тангажу обеспечиваются капсулированными скользящими контактами, а соединение в оси крена обеспечивается обычным жгутом. Оптический блок выполнен в виде независимой рамы и спроектирован с возможностью юстировки объективов и лазерного дальномера.

Таким образом, применение 3-х осевого гиростабилизированного подвеса позволит применять видео-модули с большим оптическим увеличением и улучшить качество стабилизации без применения цифровой стабилизации на основе изображения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бельский, А. Роль и место оптико-электронных и лазерных систем в современных и перспективных комплексах бортового оборудования вертолетов / А. Бельский // Новые разработки оптико-электронных и лазерно-локационных систем и технологий для летательных аппаратов : материалы III Тематическая научно-техническая конференции X юбилейного международного форума «Оптические системы и технологии – OPTICS-EXPO 2014», Москва, 11–14 ноября 2014 г. / ВДНХ. – М., 2014. – 106 с.

2. Чадаев, А. В. Требования к системе управления оптико-электронными приборами беспилотных летательных аппаратов: постановка задачи исследования / А. В. Чадаев // Молодой ученый. – 2019. – № 42 (280). – Режим доступа: <https://moluch.ru/archive/280/63165/>. – Дата доступа: 04.11.2021.

3. Якушенков, Ю. Тенденции развития оптико-электронных систем 3-го поколения для экологического мониторинга / Ю. Якушенков // Оптика в науке и технике : материалы научно-практической конференции X юбилейного международного форума «Оптические системы и технологии – OPTICS-EXPO 2014», г. Москва, 11–14 ноября 2014 г. / ВДНХ. – М., 2014. – 106 с.

УДК 004.932:629.7.05

Ю.Ф. Яцына, П.И. Савёлов, А.А. Лобатый

*РУП «НПЦ Многофункциональных беспилотных комплексов»,
Белорусский национальный технический университет*

АЛГОРИТМЫ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ОПТИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Увеличение автономности управления беспилотным летательным аппаратом (БПЛА) обусловлено необходимостью уменьшения степени влияния человеческого фактора, служащего причиной 26 % аварий БПЛА. Важным поводом для внедрения новых алгоритмов управления является также высокий уровень отказов (17 % отказов от общего количества) БПЛА при потере сигнала GNSS.

Навигационная аппаратура современных БПЛА реализована с использованием приемников сигналов спутниковых навигационных систем GPS/ГЛОНАСС и бесплатформенной инерциальной навигационной системой (БИНС). Основным недостатком этой системы является накопление ошибки позиционирования из-за инкрементальной природы алгоритмов работы БИНС при отсутствии сигнала GNSS.

Поэтому разработка систем навигации и курсовой устойчивости, которые позволят уменьшить отклонения летательного аппарата от установленного маршрута полета является актуальной. Наиболее оптимальным решением этой задачи является построение систем автономного позиционирования, основанных на технологиях компьютерного зрения.

Целью данной работы является определение оптимальных алгоритмов функционирования системы оптической навигации БПЛА на основе телевизионного изображения, без применения систем спутниковой навигации.

В качестве алгоритмов автономной навигации используются метод SLAM (simultaneous localization and mapping) – метод одновременной локализации объекта и построения карты местности.

В методах SLAM карта представляет собой некоторый структурный тип данных, содержащий в себе информацию о локализации БПЛА и ориентиров. Объекты окружающей среды представляют собой множество точек и их координат. При решении задачи SLAM происходит распознавание ориентиров, которые являются изначально выделенными объектами, координаты которых используются для оценивания локализации БПЛА.

Существует множество алгоритмов реализации метода SLAM, отличающихся друг от друга использованием разных аппаратных средств и алгоритмов вычислений [1].

Наиболее распространенными из них являются Vision SLAM (V-SLAM), Distributed Particle SLAM (DP-SLAM), Extended Kalman Filter SLAM (EKF-SLAM) и Fast-SLAM.

Основой базового алгоритма EKF-SLAM является фильтр Калмана, который представляет собой форму байесовского фильтра. Чтобы использовать фильтр Калмана для оценки аппроксимации SLAM, необходимо выполнить допущение: модель движущегося объекта и модель ориентира должны быть линейными с аддитивным гауссовским шумом.

FastSLAM имеет два основных преимущества перед EKF-SLAM. Во-первых, с учетом оценки карты местности в отдельных оценочных ориентирах, обусловленных последовательным проходом БПЛА, FastSLAM может эффективно вычислять полный последующий SLAM. Обновление движения, обновления ориентира и вычисление весов важности могут быть выполнены за постоянное время для каждой точки. Алгоритм FastSLAM можно использовать для построения карты местности с более чем миллионом ориентиров [2].

Visual-SLAM (V-SLAM) является одним из методов SLAM, который основан только на визуальной информации, получаемой от телевизионных камер.

Техническая сложность алгоритмов V-SLAM намного больше по сравнению с методами, которые используют датчики измерения расстояния вместо телевизионных камер. Сложность алгоритмов связана с необходимостью позиционирования БПЛА в режиме реального времени и одновременного синтеза двумерной (или трехмерной) карты местности, что требует высокопроизводительных вычислительных ресурсов для обработки больших потоков информации.

Структура большинства алгоритмов V-SLAM состоит из следующих трех модулей: инициализация (initialization), отслеживание (tracking), картографирование (mapping).

Для реализации V-SLAM необходимо задать определенную систему координат, что позволит оценивать положение камеры и объектов окружающей среды. Поэтому при инициализации должна быть определена глобальная система координат, а часть окружающей среды будет рассматриваться как локальная система координат. Положение камеры вычисляется из соответствий точек путем решения задачи Perspective-n-Point (PnP) [3].

Кроме того большинство алгоритмов V-SLAM предполагают, что параметры встроенной камеры предварительно откалиброваны и известны. Процесс позиционирования заключается в поиске точек (объектов) интереса, наблюдаемых на изображении, полученном от телевизионных камер, и ассоциации данных с синтезированными точками карты местности. При увеличении количества рассматриваемых точек интереса, увеличивается точность позиционирования и сложность требуемых вычислений.

Для определения объектов, зафиксированных на изображении местности при помощи телевизионных камер и синтеза карты местности относительно местоположения БПЛА, в настоящее время, применяются следующие методы алгоритмов распознавания

объектов на изображении, основанных на границе между заранее определенным объектом и фоном [4]:

1. Контурный анализ применяется для выделения и анализа контура объекта. Такой подход использует анализ свойств яркости, то есть разрывности и однородности;

2. Анализ разрывности сводится к делению изображения на небольшие области и поиску резких перепадов сигнала яркости;

3. Анализ однородности представляет собой разбиение изображения на однородные участки по определенному критерию. Процесс фильтрации основан на перемещении маски фильтра между всеми точками и выделении тех, которые имеют яркость, отличающуюся от окружающего фона;

4. Метод Канни применяется для идентификации границ объекта, используя два порога, для так называемых «сильных» и «слабых» границ. При такой методике «слабые» границы возникают только в случае, если они соединены с «сильными». Алгоритм показывает высокую результативность при очень зашумленных изображениях, однако требует существенных временных затрат.

Таким образом, установлено, что разработка систем оптического позиционирования БПЛА при помощи обработки информации телевизионного канала, с учетом критерия оптимизации по точности позиционирования и обеспечения быстродействия работы системы позиционирования, в режиме реального времени, представляется возможным при использовании метода V-SLAM.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. MarketResearch.com. Simultaneous Localization and Mapping (SLAM) Technology for Robotics, UAVs, AR, and Cars. (by BIS Research, on July 18, 2018) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://blog.marketresearch.com/simultaneous-localization-and-mapping-slam-technology-for-robotics-uavs-ar-and-cars>. – Date of access: 15.11.2021.

2. FastSLAM: A Factored Solution to the Simultaneous Localization and Mapping Problem [Electronic resource] / M. Montemerlo [et al.] // AAAI-02 Proceedings / AAAI Workshops – Edmonton: AAAI. – 2002. – Mode of access: <https://www.aaai.org/Papers/AAAI/2002/AAAI02-089.pdf>. – Date of access: 15.11.2021.

3. Klette, R. Computer Vision: Three-Dimensional Data from Images / R. Klette, K. Schluns, A. Koschan. – Singapore : Springer, 1998. – 392 p.

4. Форсайт, Д. А. Компьютерное зрение. Современный подход / Д. А. Форсайт, Ж. Понс. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2004. – 928 с.

УДК 623.462.22

А.В. Лопухов, А.И. Федоров, В.Р. Драгун

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ПОВЫШЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО УСКОРЕНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Задача анализа системы управления (СУ) заключается, прежде всего, в исследовании управляемости рассматриваемого объекта, обеспечивающей заданную маневренность, следовательно, и его целевую эффективность. Управляемость беспилотного летательного аппарата (БЛА) [1] является качеством СУ, под которым понимается совокупность ее свойств, характеризующих степень выполнения функции управления полетом БЛА по заданной траектории с наименьшим конечным промахом. Эти свойства достигаются путем выбора облика СУ, расчета ее параметров и характеристик, удовлетворяющих основным требованиям технического задания. Бортовая система стабилизации БЛА является одной из главных частей СУ, именно она оказывает существенное влияние на формирование характеристик маневренности.

Управление полетом БЛА, согласно рисунку 1, осуществляется на основе двух стадий регулирования:

- 1) стадия ликвидации начального промаха $t_0 - t_2$;
- 2) стадия установки балансирующего положения $t_2 - t_4$.

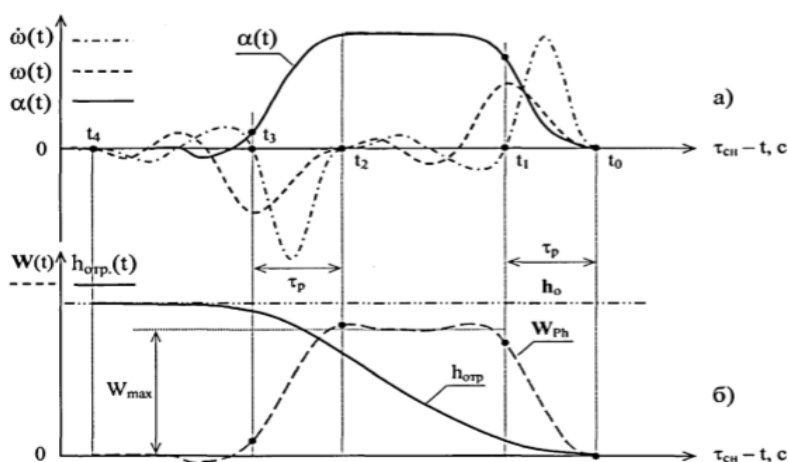


Рисунок 1 – Формирование управляющих характеристик БЛА на этапе ликвидации начального промаха

В данных стадиях, главную роль играет система стабилизации, которая управляет колебательным движением БЛА и созданием боковых ускорений (перпендикулярных продольной оси) по командам, вырабатываемым в контуре управления. Она представляет собой замкнутую систему регулирования, включающую БЛА как объект регулирования, измерительные устройства: датчики угловых скоростей, линейных ускорений, углов поворота системы координат, образующие обратные связи, и исполнительные устройства (рулевые приводы, двигатели управления).

Основные требования к системе стабилизации БЛА сводятся к обеспечению:

- заданной маневренности (располагаемых перегрузок, времени реакции, а также допустимого перерегулирования);
- заданного движения по крену (угловой или скоростной стабилизации);
- устойчивости контура упругих изгибных колебаний корпуса БЛА;
- времени и точности углового разворота, связанных осей и вектора скорости при вертикальном старте БЛА.

Для выполнения предъявленных требований бортовая система стабилизация должна формироваться в виде трехканальной системы автоматического регулирования, состоящей из каналов тангажа, курса (стабилизации поперечного движения) и крена (стабилизации продольного движения). При этом каналы стабилизации поперечного движения (тангажа и курса) обычно идентичны.

Анализ аэродинамического способа создания управляющих сил и моментов выявил параметрические ограничения, относящимся к бортовой системе стабилизации БЛА, недостаточная для надежного перехвата цели маневренность, следовательно, и дальность (время) самонаведения дополнительно вызывается факторами внешних воздействий, обусловленными изменением условий применения (изменение высоты полета, дальности действия, скрытности и маневра, скорости цели и т. д.). Эти факторы требуют от БЛА в нужный момент быстро создавать соответствующую перегрузку (нормальное ускорение), то есть иметь большое быстродействие для ликвидации внешнего воздействия.

Обеспечение заданной эффективности БЛА при расширении условий его применения может осуществляться различными способами. Примерами возможных способов являются: повышения скорости БЛА, улучшение его аэродинамических

характеристик, параметров СУ и др. Однако эти способы расширяют целевые возможности БЛА в сравнительно небольшом диапазоне высот. Кроме того, они могут приводить к нежелательному увеличению начальной массы БЛА, что не гарантирует высокий технический уровень модификации БЛА и рациональное использование массовых ресурсов. Расширение целевой эффективности, в широком представлении, сводится к мерам повышения характеристик маневренности БЛА.

Перспективным способом повышения маневренности БЛА является применение газодинамического способа создания управляющих сил и моментов. БЛА с аэродинамическим управлением в зависимости от выявленных параметрических ограничений может не выполнить целевую задачу при новых сложившихся условиях применения, таких как увеличение скорости, уязвимости, высоты полета и дальности целей. Новые условия применения требуют уменьшения дальности захвата цели головкой самонаведения, то есть уменьшения времени самонаведения. Это диктует необходимость повышения маневренности БЛА, которая при аэродинамическом управлении обуславливается недостаточным быстродействием и максимальным управляющим ускорением. Единственный путь к решению задачи продления жизненного цикла закупленных БЛА в этих условиях представляет собой создание модификаций. При этом перспективной оказывается модификация на основе дополнения газодинамического управления к базовому объекту, что имеет место достижения высокого технического уровня за счет рационального использования массовых ресурсов базового БЛА.

Для сравнения было проведено моделирование максимального управляющего ускорения для аэродинамического и комбинированного способов создания управляющих сил и моментов, результаты которого представлены на рисунке 2.

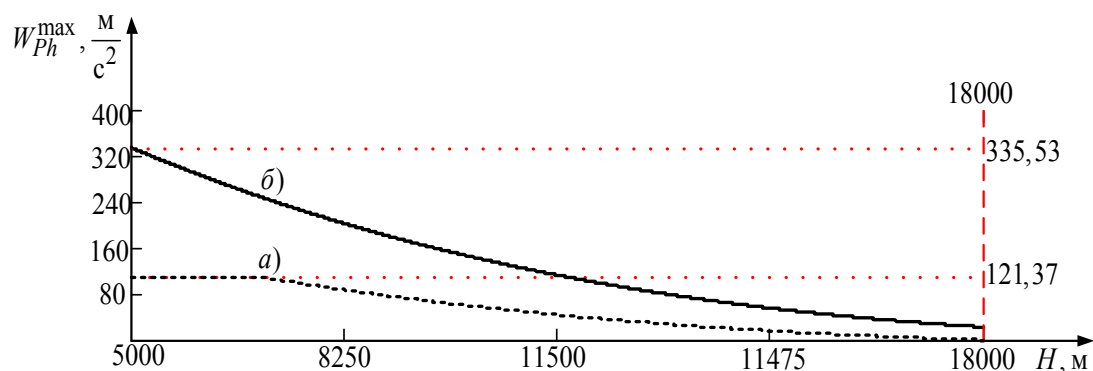


Рисунок 2 – Изменение максимального управляющего ускорения:
а) аэродинамическое; б) комбинированное управление

Из рисунка 2 видно, что управляющее ускорение (а) достигает своего максимума ($121,37 \text{ м/с}^2$) на высоте 5790 м, а при увеличении высоты стремительно уменьшается, поэтому уменьшаются и маневренные свойства ЗУР, а следовательно, и вероятность поражения цели на средних и больших высотах (например, на высоте 18000 м максимальное управляющее ускорение составляет $11,49 \text{ м/с}^2$). На графике (б) видно, что управляющее ускорение достигает максимального значения ($335,53 \text{ м/с}^2$) на высоте 5000 м, а на высоте 18000 м управляющее ускорение составляет $23,789 \text{ м/с}^2$. Благодаря использованию комбинированного способа создания сил и моментов максимальное управляющее ускорение ЗУР увеличилось более чем в 2 раза.

Таким образом, применение комбинированного способа создания управляющих сил и моментов приведет к повышению маневренности, обеспечит точное наведение и надежное поражение СВН, особенно на конечном участке траектории полета (в районе точки встречи ЗУР с целью).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Проектирование зенитных управляемых ракет / И. С. Голубева [и др.] ; под общ. ред. И. С. Голубева. – М. : Издательство МАИ, 1999. – 728 с.

УДК 358.4

И.А. Лукьянчук, И.В. Рожков

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

РОЛЬ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ В СИСТЕМЕ ВООРУЖЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ АРМИИ

В современных войнах и локальных конфликтах активное участие принимают высокоточные образцы вооружения и военной техники. Довольно четко просматривается новый принцип – огневое поражение противника на предельных дальностях с воздушно-космических направлений. Возникает необходимость в повышении информационной обеспеченности наземных войск тактического уровня. Одним из наиболее эффективных средств повышения боевых возможностей соединений, частей и подразделений различных видов и родов войск являются беспилотные авиационные комплексы (БАК).

БАК представляет собой целевую авиационную систему, включающую летательный аппарат без экипажа – БЛА, средства наземного обеспечения, подготовки и применения в соответствии с назначением летательного аппарата.

В общем случае в состав БАК входят следующие основные подсистемы:

- наземный мобильный пункт дистанционного управления БЛА;
- необходимое количество БЛА (обычно от 2 до 12);
- средства для транспортировки и запуска БЛА;
- аппаратура связи для приема и передачи данных на БЛА.

Под БЛА (в общем случае) понимается летательный аппарат разового или многократного применения, оснащенный силовой установкой, использующий аэродинамический принцип создания подъемной силы и имеющий полезную (боевую) нагрузку и продолжительность полета, достаточную для выполнения задач по предназначению. Управление БЛА осуществляется с помощью бортовых программных устройств или оператором дистанционно.

Бурное развитие БАК в настоящее время во многих странах мира обусловлено рядом причин, связанных с возможностью их использования в тех условиях, в которых применение пилотируемых летательных аппаратов невозможно или нецелесообразно. Этими условиями являются: радиационное, химическое и бактериологическое заражение воздуха и местности в районе боевых действий; отсутствие аэродромов для базирования, взлета и посадки, современные высокоточные системы противовоздушной обороны (ПВО) противника.

Перечень основных задач, решаемых с помощью БАК в военных целях:

- ведение разведывательных полетов общего характера в горах или над водой: разведка и обнаружение на территории противника малоразмерных целей, определение дислокации войсковых соединений и оказание помощи командирам в руководстве боевыми действиями; выполнение полетов над позициями своих войск для получения информации об их дислокации (в труднодоступных районах);
- разведка и наблюдение за полем боя и корректировка артиллерийского огня;
- лазерное целеуказание местоположения цели;
- ведение радиоэлектронной борьбы (электронная разведка, радиотехническая разведка, разведка средств связи, радиоэлектронное противодействие, подавление радиоэлектронных средств);

- обеспечение радиорелейной связи;
- участие в учебных операциях в качестве воздушной мишени;
- охрана важных объектов;
- поражение наземных целей в зонах с сильной ПВО, где потери пилотируемых самолетов недопустимо велики;
- ведение воздушных боев и поражение воздушных целей.

Таким образом, БЛА способны решать практически те же задачи, что и пилотируемые летательные аппараты, однако, по сравнению с последними, обладают рядом преимуществ:

- высокая живучесть, ввиду меньшей радиолокационной заметности для средств ПВО во всех диапазонах длин волн излучений;
- возможность применения на сложном рельефе местности в условиях отсутствия аэродромных сетей;
- возможность увеличения продолжительности полета и пребывания в боевой готовности;
- меньшие срок и стоимость подготовки операторов пунктов дистанционного управления;
- сравнительно невысокая стоимость и возможность в короткие сроки организовать серийное производство;
- меньший срок подготовки к выполнению задач по предназначению;
- более простые и дешевые средства маскировки мест дислокации;
- возможность обслуживания БАК в полевых условиях;
- высокая мобильность подразделений БАК;
- оперативное обеспечение потребителей информацией (практически в реальном масштабе времени).

Однако, несмотря на вышеперечисленные достоинства, как и любой летательный аппарат, снабженный двигательной установкой и оснащенный комплектом электронной аппаратуры, БЛА в процессе своего боевого применения обладает рядом демаскирующих признаков: электромагнитным и тепловым излучением, шумовым сопровождением работающего двигателя и вращающимся винтом и т. п.

Погодные условия также накладывают ограничения на возможность применения БЛА. Использование малоразмерных БЛА невозможно при сильном дожде (ливне), в условиях высокой влажности воздуха, при среднем и сильном тумане, а также скорости ветра более 10 м/с.

Результаты применения БЛА в локальных войнах и вооруженных конфликтах рассматриваются в работах.

Беспилотные летательные аппараты активно применялись противоборствующими сторонами в ходе боевых действий на Ближнем Востоке в 1982 году (Арабо-израильская война). Операция получила название «Мир Галилее». В ходе сирийско-израильского конфликта в Ливане с обеих сторон активно применялись БЛА для решения задач воздушной разведки.

Вооруженными силами Израиля осуществлялось массированное применение малоразмерных БЛА «Scout» и «Mastiff», которые вскрывали расположения зенитных батарей противника и отвлекали на себя часть сил ПВО: небольшие по размерам БЛА принимались сирийскими операторами РЛС за боевые самолеты противника. В результате значительная часть позиций сирийских ЗРК, развернутых в Ливане, была уничтожена.

Успешное применение БЛА на ближневосточном направлении определило приоритетную задачу БЛА – разведка и доразведка отдельных целей и объектов.

В операции «Мир Галилее» в 1982 году БЛА-мишени впервые были использованы для имитации воздушных целей, не для тренировки собственных сил ПВО, а для обнаружения средств ПВО противника. В результате с помощью специально созданных БЛА-мишеней, оборудованных отражателями радиочастотного излучения для имитации

ударных самолетов, удалось практически полностью нейтрализовать систему ПВО арабских стран. Главной особенностью применения БЛА стало подсвечивание цели лазером, по которому ракеты с лазерной системой наведения наводились на цель ударными самолетами. Экипаж самолета уже не терял время на поиск, идентификацию и сопровождение цели, как это было ранее, а сосредотачивался только на применении вооружения.

В ходе операции «Буря в пустыне» против Ирака применялись разведывательные БЛА типа «Пионер». Комплекс состоял из 14–16 БЛА, а также наземной аппаратуры управления и приема данных, размещенной на двух автомобилях типа «Hummer».

В период операции «Буря в пустыне» было выполнено 483 полета БЛА «Пионер». Общий налет составил 1560 часов. С их помощью обнаруживались береговые пусковые установки, проводилось целеуказание ударным самолетам и вертолетам, велась корректировка огня корабельной артиллерии, а также поиск морских мин. Информация от разведывательных БЛА США при нанесении ударов по наземным целям в масштабе реального времени поступала на воздушно-командные пункты для наведения тактических истребителей.

Всего в ходе боевых действий в Ираке США потеряли 12 БЛА: два были сбиты, пять – повреждены от огня зенитных средств поражения, а пять – из-за отказа материальной части или ошибок операторов. Низкий коэффициент потерь объясняется небольшими размерами БЛА.

Анализ применения БЛА в локальных войнах и вооруженных конфликтах позволяет сделать вывод об их высокой эффективности.

Практика боевого применения войск показала, что активная борьба с БЛА (их поражение зенитным оружием) является чрезвычайно сложной, трудновыполнимой задачей и эффективна только при определенных условиях. Достаточно высокая эффективность борьбы с подобными воздушными целями с применением современных зенитно-ракетных комплексов достигается при своевременном обнаружении и обстреле БЛА *средних и больших* размеров. При этом высокие потенциальные возможности зенитных средств при обстреле таких БЛА могут реализоваться достаточно успешно лишь в пределах заявленных тактико-технических характеристик зенитных комплексов и при наличии специально подготовленных, хорошо обученных боевых расчетов.

Таким образом, на **современных театрах военных действий БАК способны успешно выполнять задачи по предназначению в условиях противодействия современных средств ПВО и могут** рассматриваться в качестве одного из важнейших средств повышения боевого потенциала вооруженных сил.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богатырев, А. А. Анализ применения беспилотных летательных аппаратов в вооруженных конфликтах конца XX – начала XXI века / А. А. Богатырев, А. А. Дмитренко // Динамика развития системы военного образования : сб. ст. II Междунар. науч.-практ. конф., Омск, 2020 г. / Омский гос. технич. ун-т ; сост. К. В. Костин. – Омск, 2020. – С. 3–11.

2. Еремин, Г. В. Малоразмерные беспилотники – новая проблема для ПВО [Электронный ресурс] / Г. В. Еремин, А. Д. Гаврилов, И. И. Назарчук // Интернет-журнал Армейский вестник. – 2015. – Режим доступа: <https://army-news.org/2015/02/malorazmernye-bespiletzniki-novaya-problema-dlya-pvo/>. – Дата доступа: 27.03.2015.

3. Куликов, А. Беспилотные летательные аппараты: невыполнимых задач нет [Электронный ресурс] / А. Куликов // Междунар. проект Д. Смирнова. – 2010. – Режим доступа: <http://army.lv/ru/Bespiletznie-letatelnie-apparati-nevipolnimih-zadach-net/2626/4259>. – Дата доступа: 29.07.2010.

4. Павлушенко, М. И. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития / М. Павлушенко, Г. М. Евстафьев, И. К. Макаренко. – М. : Права человека, 2005. – 611 с.

5. Полтавский, А. В. Беспилотные летательные аппараты в системе вооружения / А. В. Полтавский // Стратегическая стабильность. – 2009. – № 3 (48). – С. 36–42.

6. Полтавский, А. В. Боевые комплексы беспилотных летательных аппаратов / Полтавский А. В., Буроа А. А. // Научно-методические материалы / под ред. А. Н. Максимова. – М. : ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2005. – С. 219–230.

УДК 355.354

В.А. Лурье, А.О. Богомазов, И.Ю. Киватыцкий

Белорусская государственная академия авиации

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БОРЬБЫ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

Развитие технологий в последние годы позволило беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) стать одним из средств боевых действий, проведения диверсий и террористических актов. И если в начале развития БПЛА в военной сфере они выполняли вспомогательные функции разведки, то сегодня являются самостоятельной ударной силой, которая может доставить немало неприятностей и быть довольно весомым аргументом при разрешении различным военным конфликтам.

В зависимости от сферы и условий применения БПЛА способы борьбы с БПЛА могут иметь разносторонний характер:

превентивно-профилактические ограничения на полеты БПЛА, к которым относятся юридические, публично-информационные, административные и программные меры;

технические, с помощью которых будут решаться вопросы обнаружения и идентификации БПЛА, определения пространственного положения БПЛА и его оператора, прекращение функционирования (уничтожение, подавление) БПЛА.

Каждый из перечисленных способов требует отдельного анализа и исследования, но рассмотрим основные направления совершенствования борьбы с БПЛА при ведении боевых действий.

В современных условиях комплексы с БПЛА признаются одним из средств повышения боевых возможностей соединений (частей и подразделений) различных видов и родов вооруженных сил.

Одним из основных критериев оценки целесообразности боевого применения БПЛА является показатель «эффективность/стоимость», а именно – приведенная стоимость выполнения боевой задачи $P_{\text{вып бз}}$:

$$C_{\text{пр бз}} = C_{\text{бз}} / P_{\text{вып бз}}, \quad (1)$$

где $C_{\text{бз}}$ – полная стоимость выполнения боевой задачи; $P_{\text{вып бз}}$ – вероятность выполнения боевой задачи. Очевидно, что указанный критерий по своей природе является величиной, базирующейся на статистических данных. Полная стоимость выполнения боевой задачи $C_{\text{бз}}$ определяется как:

$$C_{\text{бз}} = N_{\text{пот}} \cdot C_{1\text{БПЛА}} + C_{1\text{ч}} \cdot T_{\text{п}} \cdot (N_{\text{БПЛА}} - N_{\text{пот}}) + C_{\text{бп}} + C_{\text{об}}, \quad (2)$$

где $N_{\text{БПЛА}}$ – количество БПЛА в наряде, выполняющем боевую задачу; $N_{\text{пот}}$ – количество потерянных БПЛА; $C_{1\text{БПЛА}}$ – стоимость одного БПЛА; $C_{1\text{ч}}$ – стоимость одного часа полета БПЛА; $T_{\text{п}}$ – продолжительность полета БПЛА при выполнении боевой задачи; $C_{\text{бп}}$ – стоимость израсходованных боеприпасов при выполнении боевой задачи; $C_{\text{об}}$ – стоимость обеспечения выполнения боевой задачи.

Вероятность выполнения боевой задачи $P_{\text{вып бз}}$ нарядом из $N_{\text{БПЛА}}$ однотипных БПЛА, определяется вероятностью $P_{\text{вып бз 1}}$ того, что хотя бы один БПЛА выполнит боевую задачу:

$$P_{\text{вып бз}} = 1 - (1 - P_{\text{вып бз 1}})^{N_{\text{БПЛА}}} \quad (3)$$

В последнем выражении вероятность выполнения боевой задачи одним БПЛА $P_{\text{вып бз 1}}$ является сверткой частных вероятностей выполнения этим БПЛА отдельных этапов боевой задачи:

$$P_{\text{вып бз 1}} = P_{\text{выл}} \cdot P_{\text{преод}} \cdot P_{\text{нав ц}} \cdot P_{\text{возд ц}}, \quad (4)$$

где $P_{\text{выл}}$ – вероятность своевременного вылета БПЛА, характеризует эффективность функционирования наземной системы управления и технических средств инженерно-авиационного и аэродромно-технического обеспечений; $P_{\text{преод}}$ – вероятность преодоления БПЛА зоны ПВО и зон РЭП, характеризует маневренные свойства БПЛА, эффективность выбора маршрута полета, устойчивость БПЛА и его бортового оборудования к воздействию поражающих факторов средств ПВО и РЭП; $P_{\text{нав ц}}$ – вероятность успешного наведения на цель, которая характеризует эффективность функционирования бортовых средств БПЛА, прицельно-навигационного комплекса и наземной системы управления; $P_{\text{возд ц}}$ – вероятность успешного воздействия по цели: для разведывательных БПЛА – успешное вскрытие разведываемых параметров цели, для ударных БПЛА – успешное поражение цели.

Отметим, что вероятности в последнем выражении являются условными, и каждая следующая вероятность принимает свое некоторое значение, при условии, что вероятности предыдущих этапов уже равны единице.

Анализ выражения для $C_{\text{пр бз}}$ показывает, что современные тенденции применения БПЛА идут по пути уменьшения их массогабаритных параметров, удешевления конструкции и повышению маневренности ($C_{1\text{БПЛА}} \downarrow$, $C_{1ч} \downarrow$, $C_{\text{бп}} \downarrow$, $C_{\text{об}} \downarrow$, $P_{\text{преод}} \uparrow$), объединения их в группы ($N_{\text{БПЛА}} \uparrow$), что приводит к тому, что даже при увеличении количества потерянных БПЛА ($N_{\text{пот}} \uparrow$), они примерно на том же уровне выполняют свою боевую задачу ($P_{\text{вып бз}} \approx \text{const}$, $C_{\text{пр бз}} \approx \text{const}$).

Вышеизложенный метод к оценке эффективности применения БПЛА не является единственным. Другая, альтернативная методика оценки эффективности применения БПЛА основана на учете таких факторов как живучесть БПЛА, возможности перераспределения функций в группе, особенностях решаемой задачи и т. д.

Исходя из вышеизложенного следует, что применение малых БПЛА со стороны противника является наиболее вероятным и эффективным. Поэтому поиск путей решения по противодействию данному классу БПЛА является проблемой уже сегодняшнего, а может быть и вчерашнего дня.

В Вооруженных Силах Республики Беларусь, как показали учения, данная проблема до сих пор эффективно не решена. Поражение малых БПЛА с применением стрелкового вооружения, зенитно-артиллерийского вооружения, не использующие комплексы автоматизированного целенаведения и ведения огня, практически показали свою бесполезность, причем с полным расходом своего боекомплекта. Поражение БПЛА ракетами зенитно-ракетных комплексов (далее – ЗРК) ставит вопрос об эффективности их применения, во-первых, по соотношению стоимость-эффективность, во-вторых, при массовом применении БПЛА возможно израсходовать весь боевой комплект ЗРК и оставить без прикрытия войска при последующем применении противником пилотируемой авиации, а также ракет высокоточного оружия. При это необходимо учитывать другую сторону медали экономической составляющей, такую как – потенциальный ущерб, который может быть нанесен БПЛА, и он может быть сопоставим

или превышать стоимость зенитной ракеты. При этом спрогнозировать потенциальный ущерб для командира при принятии решения в короткий промежуток времени в условиях применения БПЛА затруднительно.

Проблемными вопросами борьбы с малыми БПЛА являются:

низкие возможности средств разведки по обнаружению БПЛА в воздухе, связанные с малой эффективной площадью рассеяния БПЛА, использованием малых высот (дальность прямой видимости меньше, чем при полете на больших и средних высотах) и малых скоростей (отраженный сигнал может быть полностью или частично подавлен аппаратурой селекции движущихся целей радиолокационных станций (далее – РЛС)), режима радиомолчания;

низкие возможности по огневому поражению комплексов БПЛА, связанные с нахождением элементов комплексов БПЛА за пределами зоны поражения огневыми средствами, невозможность применения ЗУР с инфракрасными головками самонаведения (на малых БПЛА используются электродвигатели), а также ошибками наведения снарядов (ракет) при отсутствии системы дистанционного подрыва боевой части ЗУР, что приводит к несогласованности зоны срабатывания взрывателя и зоны разлета осколков;

низкие возможности средств радиэлектронной борьбы по подавлению элементов комплексов БПЛА, связанные со слабой эффективностью по радиоэлектронному подавлению линий и радиоэлектронных систем, обеспечивающих управление и функционирование комплексов БПЛА;

низкие возможности по имитации и маскировке объектов, связанные с отсутствием или недостаточным количеством штатных средств имитации и маскировки.

Анализ выявленных проблем позволил предложить следующие пути их решения.

разработка перспективных РЛС (имеющие на вооружении РЛС не обнаруживают БПЛА с ЭПР порядка $0,01 \text{ м}^2$ и меньше) с дальностью обнаружения до 10 км на высотах полета 100-300 м, и на дальностях 10–20 км на высотах до 1000 м, что позволит своевременно вести борьбу с БПЛА с учетом выдачи целеуказания и боевой работы ЗРК, до входа БПЛА в необстреливаемую зону.

использование комплексных средств разведки (оптико-электронной, средств теле- и фото-наблюдения в видимом и инфракрасном (ИК) диапазоне, средств акустической разведки, различных постов наблюдения на вероятных направлениях действия БПЛА, вынесенных от положения войск на расстояние, обеспечивающих действие войск ПВО);

разработка комплексных станций – постановщиков помех для систем навигации, управления полетом, каналов связи, радиолиний приема-передачи информации БПЛА в различных диапазонах радио и спутниковой связи, а также в сетях мобильных операторов связи, сетях Wi-Fi, WiMAX Mobile и LTE;

разработка средств поражения, способных электромагнитными импульсами воздействовать на радиоэлектронные элементы БПЛА;

разработка средств радиоэлектронной разведки (способных обнаруживать и своевременно выдавать целеуказание на средства поражения (подавления)) по направлениям многочастотной импульсной локации (комбинация зондирующих сигналов в сантиметровых и миллиметровых диапазонах частот с адаптивной перестройкой частоты в широкой полосе); маломощных моноимпульсных локаторов с использованием специальных методов обработки сигналов ФАР; РЛС с пассивным и полупассивным методами пеленгации; методов широкополосной радиолокации, основанных на обработке резонансных отражений;

при ведении боевых действий создавать единое информационное поле с сокращением времени передачи информации от средств разведки до средств поражения (подавления) БПЛА (развитие АСУ в соединениях, частях и подразделениях видов и родов вооруженных сил);

оборудование средств огневого поражения приборами автоматизации управления огнем, автоматизированными средствами обнаружения и сопровождения целей,

увеличение плотности огня путем использования скорострельных автоматов, имеющих несколько зенитных стволов;

применение на снарядах (ракетах) дистанционного взрывателя и увеличение поражающих элементов (например, использование готовых элементов);

расширение номенклатуры штатных комплектов имитации и маскировки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаренко, С. И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам : монография / С. И. Макаренко. – СПб. : Научное издание, 2020. – 153 с.

2. Анализ способов противодействия беспилотным летательным аппаратам для обеспечения безопасности защищаемых объектов / В. О. Егурнов // Вопросы оборонной техники. Серия 16: Технические средства противодействия терроризму. – 2018. – № 1–2 (115–116). – С. 51–58.

3. Леонков, А. В. Борьба с дронами: комплексный подход [Электронный ресурс] / А. Леонков, В. Мураховский // Арсенал Отечества. – 2019. – № 2 (40). – Режим доступа: <http://arsenal-otechestva.ru/article/1244-borba-s-dronami-kompleksnyj-podkhod>. – Дата доступа: 08.11.2021.

УДК 502.131

Б.А. Лях, Д.В. Морозов

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ОБЗОР ОСНОВНЫХ СПОСОБОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БЛА

Современные легкие беспилотные летательные аппараты (БЛА) имеют сигнатуры небольшой величины: БЛА делают из композитных материалов и пластика со специальной окраской и с особой комбинацией слоев, их небольшие бензиновые и тем более электрические двигатели мало излучают тепла и работают почти бесшумно. Поэтому, для эффективного выполнения задачи необходимо одновременное использование нескольких способов обнаружения.

Наибольшую уязвимость БЛА обуславливает наличие у них электромагнитного излучения. К электромагнитным демаскирующим признакам относятся:

сигналы бортового ответчика;

сигналы радиолокационных станций, отраженные от корпуса и агрегатов БЛА;

сигналы телевизионных ретрансляторов, широкоэмиттерных станций, базовых станций сотовой связи, отраженные от БЛА;

сигналы канала управления между наземным пунктом управления и БЛА, а также между БЛА и спутником-ретранслятором системы навигации;

сигналы бортовой радиолокационной станцией (РЛС) бокового обзора;

каналы обмена разведывательной информацией;

сигналы системы автоматической посадки на аэродром.

Основными способами обнаружения БЛА в электромагнитном спектре являются:

использование тепловизора инфракрасного диапазона волн;

использование камер оптического диапазона волн;

использование радиолокационных станций;

осуществление радиомониторинга.

Для выявления объектов с отличающейся от окружающей среды температурой используются инфракрасные тепловизионные камеры, что позволяет вести наблюдение за БЛА даже в условиях ограниченной видимости и в темное время суток. Использование камер оптического диапазона волн позволяют организовать визуальное наблюдение за

БЛА. Для получения наиболее информативных и стабильных результатов возможно точное совмещение тепловизионных снимков с видимым изображением [1, 2].

Основным средством обнаружения БЛА являются радиолокационные станции. В ряде случаев БЛА являются сложной целью для существующих РЛС. Эти аппараты имеют малую эффективную площадь рассеяния (ЭПР), из-за чего их обнаружение становится достаточно сложной задачей. В частности, снижается максимальная дальность обнаружения. Расчетные дальности обнаружения БЛА радиолокационными станциями, при различных значениях ЭПР БЛА, составляют:

РЛС метрового диапазона – 8–14 км для БЛА с ЭПР около $0,1 \text{ м}^2$ и 0,1– 1,5 км для БЛА с ЭПР, равной $0,01 \text{ м}^2$;

РЛС дециметрового диапазона – 9–16 км ($0,1 \text{ м}^2$) и 0,8–2,0 км ($0,01 \text{ м}^2$);

РЛС сантиметрового диапазона – 12–25 км ($0,1 \text{ м}^2$) и 1,4–2,8 км ($0,01 \text{ м}^2$).

Радиомониторинг позволяет организовать поиск, обнаружение, перехват и пеленгование радиосигналов, передающихся по каналам связи и управления БЛА.

Задачами радиомониторинга являются:

- спектральный анализ в реальном времени;
- поиск излучений от БЛА, измерение их параметров, сравнение с базой данных для определения их принадлежности;

запись радиосигналов со следующими параметрами (частота, время, уровень сигнала, спектрограмма и т. п.) и последующее их воспроизведение;

технический анализ радиосигналов в реальном времени или при отложенной обработке;

пеленгование БЛА.

Анализ источников глобальной сети «Интернет» показал, что для передачи видеосигнала от БЛА к пользователю применяются различные частотные диапазоны. Наиболее распространенные частоты для передачи видео с БЛА: 900 МГц, 1,2, 1,3 ГГц, 2,4 ГГц, 5,8 ГГц. Как известно, чем ниже частота и больше длина волны, тем больше проникающая способность, но больше физические габариты антенны. В каждом частотном диапазоне выделено определенное число каналов связи. Например, в диапазоне 5,725 – 5,825 – 32 канала. Это позволяет пилотам подбирать разные каналы при совместных полетах, не мешая при этом друг другу управлять устройством.

Способы воздействия на БЛА с помощью радиоэлектронных средств подавления и перехвата:

перехват канала управления БЛА;

подавление сигналов каналов управления и телеметрии БЛА;

внесение изменений в параметры работы бортовой электроники за счет воздействия ЭМИ;

подавление сигналов глобальных спутниковых навигационных систем.

Способы информационного воздействия на БЛА

подмена сигналов ГСНС (GPS-спуфинг);

получение доступа к управлению путем взлома зашифрованного канала связи или подмены данных авторизации;

получение доступа к управлению при использовании в БЛА открытых протоколов передачи данных и программного обеспечения;

получение доступа к управлению путем поиска уязвимостей или преднамеренно встроенных дефектов в алгоритмах протоколов передачи данных и программного обеспечения.

Таким образом, для достоверного (гарантированного) выявления БЛА необходимо использовать в комплексе несколько средств обнаружения. И эти средства должны дополнять друг друга, например, эффективность ведения радиолокационной разведки сильно зависит от ЭПР БЛА, окружающей среды, погодных условий. Радиоразведка бесполезна при полете БЛА в режиме «радиомолчание». Оптическая разведка также зависит от погодных условий. Однако нагромождение в одном месте множества средств

обнаружения требует значительных материальных и людских затрат. Поэтому для качественной защиты какого-либо объекта от несанкционированного доступа людей с помощью БЛА требуется учитывать необходимую степень защиты (противодействие только визуальному наблюдению или защита от БЛА с оружием), имеющихся денежных средств, количества и обученности обслуживающего персонала. А самое основное, для того чтобы это все работало, необходимо разработать подсистему управления, сбора и обработки полученных результатов. Эта подсистема должна обладать интеллектом для самостоятельного принятия решения, быть самообучаема и проста в обслуживании.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаренко, С. И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1 : Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения / С. И. Макаренко, А. В. Тимошенко, А. С. Васильченко // Системы упр., связи и безоп. – 2020. – № 1. – С. 109–146.

2. Макаренко, С. И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 2 : Огневое поражение и физический перехват / С. И. Макаренко, А. В. Тимошенко // Системы упр., связи и безоп. – 2020. – № 1. – С. 147–197.

УДК 623.746.-519

А.С. Мазуренко, И.П. Аниськов

РУП «НПЦ многофункциональных беспилотных комплексов»

КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОМАССИВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ СЪЕМКИ БЕСПИЛОТНЫМ АВИАЦИОННЫМ КОМПЛЕКСОМ

Задача контроля состояния леса с изучением его возможностей деградации для больших площадей произрастания леса решается с применением данных дистанционного зондирования (ДДЗ) со спутников с различными способами анализа крупномасштабных данных гиперспектральной съемки [1]. В настоящее время в открытом доступе для анализа состояния лесонасаждений и других посевов растений предоставляются спутниковые ДДЗ с пространственным разрешением 10 метров на один пиксель бесплатно и 3 метра на один пиксель на платной основе [2, 3]. Однако технологии анализа гиперспектральных ДДЗ со спутников во многом строгим образом предопределены и в климатической зоне Беларуси из-за частой сильной облачности сильно ограничены в применении. Поэтому для анализа деградации лесомассивов спутниковые гиперспектральные ДДЗ могут применяться для предварительного поиска и оценки степени деградации деградировавшей части леса. В настоящей статье рассматривается применение более пространственно точного гиперспектрального анализа ДДЗ, получаемых с применением беспилотного авиационного комплекса (БАК).

Для гиперспектральной съемки в рамках выполняемой в РУП «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» договорной работы по исследованию лесомассивов по вопросу их деградацию подготовлены для применения БАК самолетного типа «Бусел М50» с максимальной высотой съемки до 5000 метров [4]. От выбора высоты съемки зависит охват площади для мониторинга лесомассивов в рамках одного полета в выбранном районе выявления мест деградации леса, а также возможность выбора необходимого пространственного разрешения для получения необходимой детализации состояния леса. Для получения гиперспектральных ДДЗ применяется наиболее распространенный диапазон оптической съемки и в ближнем инфракрасном диапазоне 400–1000 нм, приемлемый для построения карт наиболее

распространенного вегетационного индекса $NDVI$, вычисляемого как отношение разности и суммы отражательной способности растительного покрова в красном и ближнем инфракрасном диапазоне. Сужение спектрального диапазона в ближнем инфракрасном поддиапазоне с верхней границы спутникового гиперспектрометра 2500 нм до наиболее распространенной верхней границы малогабаритных гиперспектрометров 1000 нм при сравнении зондирования с БАК со спутниковым зондированием в работе [1] ограничивает применимость методов этой публикации, в первую очередь, для оценки вероятности возникновения пожаров в летнее время, когда отсутствие облачности позволяет расширить мониторинг лесных угодий с БАК дополнением его всеохватывающими спутниковыми ДДЗ. Таким образом, расширение спектра задач по анализу состояния леса необходимым образом требует применения гиперспектральных ДДЗ как с БАК, так и космических орбитальных.

Способы выявления деградации леса основаны на анализе гиперспектральных спектров отражения, оценивающих особенности его фотосинтеза. Согласно исследованиям, с помощью гибко меняемого светодиодного освещения выявлено, что наиболее благоприятными режимами освещения для лучшего роста светолюбивых растений являются «интенсивности излучения в пределах 150–220 Вт/м², а оптимальный состав излучения имеет следующее соотношение энергий по спектру: 30 % – в синей области (380–490 нм), 20 % – в зеленой (490–590 нм) и 50 % – в красной области (600–700 нм)» [5]. Согласно этим данным оптимальное освещение для роста леса не под прямыми лучами солнца, а в теневой зоне солнечного света, в которой находится большая часть иголок или листьев лесомассива. В связи с тем, что именно на оптический поддиапазон красного света попадает 50 % поглощения из всех вегетативных индексов для анализа активности роста леса лучше подходит $NDVI$ индекс, наиболее чувствительный к отражению света растительным покровом в красном спектре. Наименьшее поглощение света растениями в зеленом оптическом поддиапазоне, поэтому здоровая растительность больше отражает зеленый свет и, соответственно, воспринимается как зеленая. Деградирующий лес в связи с его заболеваниями или даже частичным засыханием, а также в период засухи теряет перечисленные качественные особенности. Применяемые в настоящее время методы анализа гиперспектральных ДДЗ, в том числе и по анализу формируемых благодаря этим данным карт вегетационного индекса $NDVI$ позволяют не только отличать культуры растений между собой, но и оценивать их здоровый рост, важный для оценки возможной деградации.

Преобладающим пигментом, ответственным за преобразование энергии света в глюкозу, вырабатываемую в процессе фотосинтеза, в растении являются хлорофиллы, поглощающие в красном и синем спектре и отражающие в зеленом спектре, потому и выглядящие зелеными. В процессе фотосинтеза молекулы хлорофиллов постоянно разрушаются, так как используются, и снова вырабатываются. Накопление хлорофиллов в растении характеризует его здоровое состояние. Процессы поглощения света хлорофиллами имеют максимумы в красном и синем диапазонах. Главный максимум «хлорофилла a » в красном поддиапазоне, а главный максимум «хлорофилла b » в синем поддиапазоне. «Хлорофиллы – это молекулярные структуры, называемые хелатными комплексами, состоящие из дериватизированного порфиринового кольца и Mg^{2+} в качестве центрального иона» [6]. В процессе поглощения фотона света возникает состояние переноса электрона с последующей передачей его для процессов образования глюкозы и высвобождения при этом кислорода. Детальное изучение спектров поглощения Mg -порфиринов, образующих хлорофиллы, проводилось и в НАН Беларуси [7]. В этой публикации с помощью введения внешнего электрического поля моделировалось диполь-дипольное взаимодействие между близко расположенными молекулами хлорофиллов в растении. «Это взаимодействие приводит к понижению уровня энергии и, следовательно, к красному смещению максимумов поглощения» [6]. В итоге, спектр поглощения

растений смещается в сторону ближнего инфракрасного диапазона, оправдывая тем самым выбор для вычисления чувствительного к процессам фотосинтеза *NDVI* индекса не только отражательной способности растительного покрова в красном поддиапазоне, но и в ближнем инфракрасном поддиапазоне на частоте 800 нм.

Итак, в настоящей статье с детализацией процессов анализа гиперспектральных ДДЗ обосновывается выбор следующих способов оценки деградации леса:

– для предварительного крупномасштабного поиска и анализа районов деградации с низким пространственным разрешением лучше вовлекать в исследование доступные бесплатные спутниковые ДДЗ;

– в соответствии с российским опытом для оценки пересыхания леса и его пожароопасности необходимо активно привлекать ДДЗ в ближнем инфракрасном диапазоне;

– наиболее показательным для оценки качества здоровья леса является вегетативный индекс *NDVI*, вычисленный с помощью отношения разности отражательной способности растительного покрова в оптическом красном поддиапазоне на частоте 670 нм (максимума поглощения) и ближнем инфракрасном диапазоне на частоте 800 нм (верхней границы спектра поглощения, сместившегося в красную сторону из-за диполь-дипольного поглощения) к сумме этих отражательных способностей:

$$NDVI = \frac{R_{800 \text{ нм}} - R_{670 \text{ нм}}}{R_{800 \text{ нм}} + R_{670 \text{ нм}}}$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Использование гиперспектральной съемки в диапазоне 0,4–2,5 мкм для идентификации участков деградации лесов в районе подтопления и аэрогенного загрязнения территорий [Электронный ресурс] / О. В. Григорьева [и др.]// Гиперспектральные приборы и технологии : тезисы докладов. – Красногорск : ОАО «Красногорский завод им. С. А. Зверева», 2013. – 152 с. – Режим доступа: https://istina.msu.ru/media/publications/article/573/3f4/5312619/Sbornik_tezisov_konferentsii_GS_P_i_T_-2013.pdf. – Дата доступа: 03.11.2021.

2. OneSoil. Бесплатные приложения для точного земледелия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://onesoil.ai/ru/>. – Дата доступа: 03.11.2021.

3. EOS Crop Monitoring: Спутниковые технологии в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eos.com/ru/products/crop-monitoring/>. – Дата доступа: 03.11.2021.

4. Продукция научно-производственного центра «Беспилотные авиационные комплексы и технологии» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.icct.by/Docs/Exhibition/2014/17/UVS-TECH_2014_PhTI_RU.pdf. – Дата доступа: 03.11.2021.

5. Рост растений и светодиодное освещение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://etalonsvet.by/index.php?route=tlblog/tlblog&tlpath=blogs&tlblog_id=8. – Дата доступа: 03.11.2021.

6. Хлорофиллы – abcdef.wiki [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://deru.abcdef.wiki/wiki/Chlorophylle>. – Дата доступа: 03.11.2021.

7. Кузьмицкий, В. А. Изменение структуры электронных состояний молекулы Mg-мезо-мононитропорфина во внешнем однородном электрическом поле / В. А. Кузьмицкий, В. И. Гаель, А. С. Мазуренко // Журнал физической химии. – 1995. – Т. 69, № 2. – С. 276–281.

УДК 681.51

В.А. Малкин

Военная академия Республики Беларусь

КОНТУР СТАБИЛИЗАЦИИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРА

В настоящее время в качестве высокоточного оружия класса «земля – земля» широко используются управляемые реактивные снаряды (УРС) баллистического типа [1]. Особенностью управления такими летательными аппаратами является существенная нестационарность динамических характеристик объекта, обусловленная большим динамическим диапазоном изменения параметров набегающего потока. Указанные особенности приводят к тому, что для обеспечения приемлемых динамических характеристик контура стабилизации на всех режимах полета должна быть реализована адаптация параметров регулятора к изменению динамических характеристик УРС. Предлагаемая методика позволяет формировать переменные параметры регулятора в зависимости от изменения коэффициентов передаточной функции снаряда. Получены аппроксимирующие зависимости коэффициентов передаточной функции объекта управления (УРС) от его геометрических параметров и параметров набегающего потока. Разработана простая схема адаптивного регулятора в контуре стабилизации угла тангажа.

Структурная схема базового контура стабилизации по углу тангажа представлена на рисунке 1.

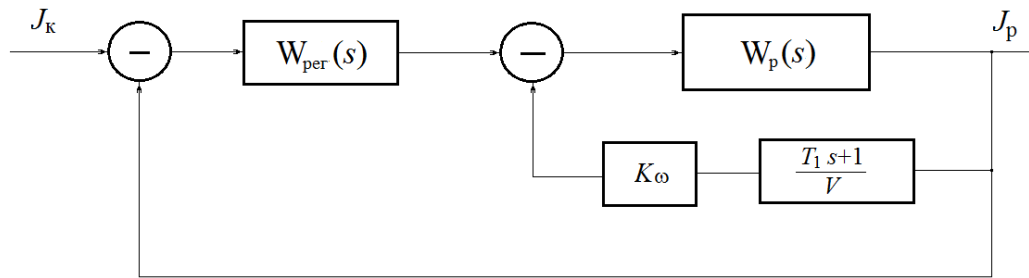


Рисунок 1 – Базовая структурная схема контура стабилизации БЛА

Предполагается, что передаточная функция ракеты представляет собой

колебательное звено $W_p(s) = \frac{K_p}{T_p^2 s^2 + 2\xi_p T_p s + 1}$, а рулевой привод, датчики угловой скорости и нормального ускорения ракеты являются безынерционными.

Продуктивным подходом к определению неизвестной передаточной функции регулятора является метод обратных задач динамики [2]. Для использования этого метода необходимо путем замыкания внутреннего контура демпфирования представить передаточную функцию разомкнутого контура стабилизации ракеты по ускорению $W_{кр}(s)$ в виде произведения

$$W_{кр}(s) = W_{рег}(s) W_{зд}(s),$$

где $W_{зд}(s) = \frac{K'_p}{(T'_p)^2 s^2 + 2\xi'_p T'_p s + 1}$ – передаточная функция замкнутого контура демпфирования.

В соответствии с принципом обратных задач динамики требуется определить такую передаточную функцию регулятора, которая обеспечит равенство замкнутой передаточной функции контура стабилизации некоторой желаемой передаточной функции

$W_{\text{ж}}(s)$. Обычно в качестве $W_{\text{ж}}(s)$ выбирают аperiodическое звено $W_{\text{ж}}(s) = \frac{1}{T_{\text{ж}}s + 1}$. Тогда передаточная функция регулятора может быть найдена из соотношения

$$W_{\text{кз}}(s) = \frac{W_{\text{рег}}(s)W_{\text{зп}}(s)}{1 + W_{\text{рег}}(s)W_{\text{зп}}(s)} = \frac{1}{T_{\text{ж}}s + 1}. \quad (1)$$

Из соотношения (1) следует, что передаточная функция регулятора равна:

$$W_{\text{рег}}(s) = \frac{1}{T_{\text{ж}}s W_{\text{зп}}(s)} = \frac{1}{T_{\text{ж}}K'_p} (T_p'^2 s + 2\xi_p' T_p' + \frac{1}{s}). \quad (2)$$

Таким образом, требуемая структура регулятора контура стабилизации продольным движением ракеты соответствует структуре ПИД-регулятора с переменными коэффициентами, зависящими от параметров передаточной функции замкнутого контура демпфирования. Коэффициенты ПИД-регулятора определяются соотношениями

$$K_{\text{п}} = \frac{2\xi_p' T_p'}{T_{\text{ж}}K'_p}, \quad K_{\text{д}} = \frac{T_p'^2}{T_{\text{ж}}K'_p}, \quad K_{\text{и}} = \frac{1}{T_{\text{ж}}K'_p}, \quad (3)$$

где $K_{\text{п}}$, $K_{\text{д}}$ и $K_{\text{и}}$ – коэффициенты передачи соответственно пропорциональной, дифференцирующей и интегрирующей ветвей ПИД-регулятора.

На основании аналитических соотношений для аэродинамических коэффициентов осесимметричных сверхзвуковых объектов, представленных в работе [4], получены аппроксимирующие функции для параметров передаточной функции УРС, которые зависят от скорости, скоростного напора, числа M и конструктивных параметров снаряда. Полученные зависимости легко могут быть реализованы в бортовом цифровом вычислительном устройстве снаряда. Структура адаптивного регулятора в контуре стабилизации продольного движения УРС представлена на рисунке 2.

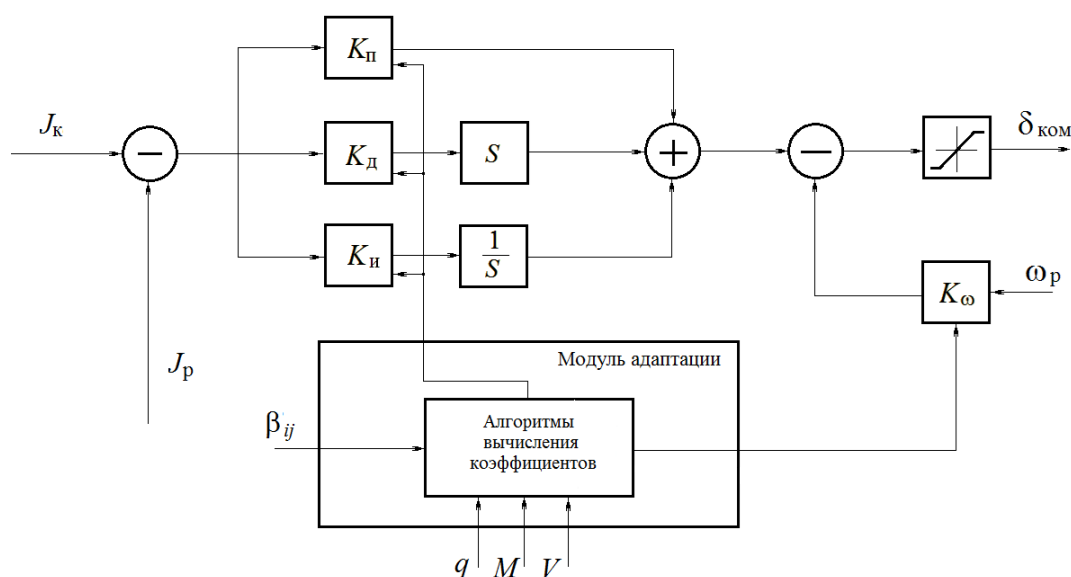


Рисунок 2 – Структура адаптивного регулятора

Входной информацией для работы регулятора является команда по ускорению J_k , а также параметры движения БЛА – нормальное ускорение J_p и угловая скорость вращения БЛА вокруг центра масс ω_p . Выходным параметром является требуемое значение отклонения руля $\delta_{ком}$, подаваемое на рулевой привод. В модуле адаптации вычисляются значения коэффициентов передачи регулятора в зависимости от параметров полета q , M и V . Константы β_{ij} , определяемые конструктивными параметрами УРС, вводятся в бортовой вычислитель заранее.

Работоспособность и качество предлагаемых адаптивных алгоритмов стабилизации проверялись путем математического моделирования контура стабилизации БЛА. На рисунке 3 показаны переходные процессы отработки ступенчатого воздействия по ускорению для адаптивного (рисунок 3, а) и неадаптивного (рисунок 3, б) контуров стабилизации. Для адаптивного контура коэффициенты регулятора изменяются в соответствии с предложенными алгоритмами, поэтому переходные процессы по переднему и заднему фронтам ступенчатого воздействия имеют экспоненциальный характер. В примере на рисунке 3 б) параметры регулятора запоминались в момент времени, соответствующий переднему фронту ступеньки, и далее не изменялись. Как видно из рисунка 3 б) переходный процесс при отработке заднего фронта задающего воздействия имеет колебательный характер.

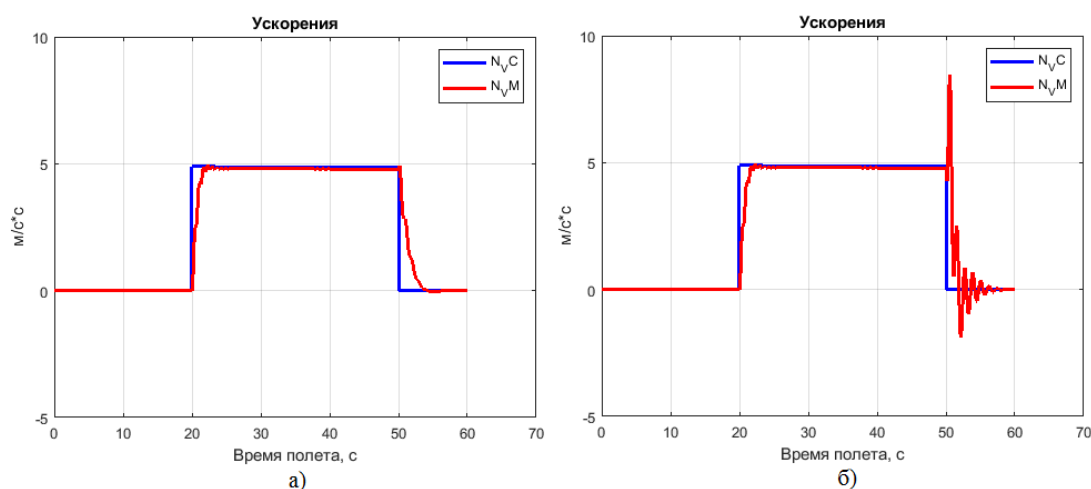


Рисунок 3 – Переходные процессы при отработке ступенчатого воздействия по ускорению адаптивным а) и неадаптивным б) контурами стабилизации УРС

Моделирование процесса управляемого полета БЛА с использованием нелинейной нестационарной модели летательного аппарата и предлагаемых алгоритмов стабилизации показало, что они обеспечивают устойчивую и качественную стабилизацию объекта во всем диапазоне условий его боевого применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лысенко, Л. Н. Наведение и навигация баллистических ракет : учеб. пособие / Л. Н. Лысенко. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2007. – 672 с.
2. Крутько, П. Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления / П. Д. Крутько. – М. : Машиностроение, 2004. – 406 с.
3. Мизрохи, В. Я. Проектирование управления зенитных ракет : учеб.-науч. изд. / В. Я. Мизрохи. – М. : ООО «Эклибрис-Пресс», 2010. – 252 с.
4. Краснов, Н. Ф. Аэродинамика / Н. Ф. Краснов. – М. : Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2010. – Ч. 2 : Методы аэродинамического расчета. – 416 с.

УДК 623.746.4

Р.А. Маманазаров

Высшее военное авиационное училище Республики Узбекистан

ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ БПЛА

Единый учебно-тренировочный комплекс подготовки специалистов наземной станции, комплекс управления воздушной разведкой и актуальностью новых бизнес-средств усовершенствования средств автоматизации подготовки специалистов по использованию беспилотных автомобилей, чтобы справиться с последствиями чрезвычайных ситуаций.

В настоящий время область применения этих комплексов стремительно расширяется. От качества подготовки операторов, специалиста наземных пунктов управления и технические персоналы во многом зависит эффективность и безопасность их работы. Следует широко использовать автоматизированные средства обучения, чтобы снизить затраты на обучение и переподготовку операторов, специалиста наземных пунктов управления и технические персоналы без применения БПЛА. Результаты практики показывают, что она обеспечивает повышение уровня индивидуальной подготовки и знание личного состава. Это достигается за счет использования единой базы геофизических данных и виртуальной информационной среды для боевого применения БПЛА на основе фоновых моделей целевой обстановки. В основе автоматизированной обучающей системы лежит единый учебно-тренировочный комплекс для обучения боевых расчетов комплексов НПУ с БПЛА [1, 2].

В состав учебно-тренировочный комплекс входят: Единый программно-технический комплекс для разработки, формирования и моделирования виртуальной информационной среды боевого применения комплексов с БПЛА; единый программно-аппаратный комплекс учебного класса;

Тренажер боевого расчета наземного пункта управления для отдельных типов комплексов с БПЛА. Автоматизированная обучающая система позволяет операторам теоретически и практически изучить порядок решения следующих типовых задач по подготовке и использованию комплексов с БПЛА: выделение территории комплекса с БПЛА и топогеодезическое соединение ЯЭУ на земле; планирование полетов и автоматизированная разработка программ полета БПЛА; мониторинг работы оборудования LPG и БПЛА с моделированием возможных отказов и аварийных ситуаций; взаимодействие с процедурными тренажерами для управления различными типами (короткой, малой и средней дальности) PUA; Обработка данных с БПЛА; получение и первоначальная обработка входящих данных просмотра; координировать привязку данных о нежелательных видах к цифровым картографическим данным или эталонному изображению местности; декодирование изображений путем выделения интересующих областей на изображении; идентификация и распознавание одиночных и групповых объектов%; взаимодействие с потребителями; формирование отчетных документов [3].

Работа автоматизированной обучающей системы осуществляется в следующих режимах: «Теоретическая подготовка»: усвоение знаний обеспечивается путем изучения, подготовленного преподавателем учебного материала, контроля уровня усвоения материала. Учебным материалом может быть текст, гипертекст, графика, аудио, видео информация. Уровень детализации информации определяется с учетом времени, отведенного на обучение, и уровня готовности изучавшего персонала с возможностью корректировки учебной программы в зависимости от результатов контроля знаний обучающихся. Уровень сложности разрабатываемых задач определяется возможностью корректировки учебной программы по результатам контроля знаний обучающегося с учетом времени, отведенного на обучение, и уровня подготовки изучавшего персонала.

Результаты контроля квалификации изучавшего персонала отображаются на экране монитора обучаемого и руководителя тренажа, а также на устройстве документирования.

«Тренировка»: прививает слушателю навыки самостоятельного решения задач по использованию комплекса с БПЛА. В этом случае это делается для предварительного просмотра правильной последовательности действий для решения указанной задачи, а также для выдачи предупреждения и предупреждающего сигнала при возникновении некорректных действий. Программное обеспечение автоматизированной системы обучения позволяет организовать на ее основе полный цикл учебного процесса, включающий следующие этапы: подготовка к обучению; организация обучения; подготовка учителя к урокам; подготовка студентов к урокам; проведение занятия; анализ результатов урока; учет и анализ результатов обучения и корректировка программы по результатам усвоения изучавшего персонала учебного материала. Как правило, современные симуляторы используют единую модель виртуальной реальности, созданную разработчиком при проектировании симулятора. С помощью этих установок учителя могут создавать макеты земельных участков для самостоятельного обучения [4]. Это позволяет операторам подготовиться перед полетом к решению любой задачи в конкретном районе.

Таким образом, обучение этой системы обеспечивает поддержку полного цикла теоретической и практической подготовки эксплуатирующего персонала комплексов БПЛА и может быть использована в высших учебных заведениях, учебных центрах, а также практических частях – для обучения эксплуатирующего персонала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Gormley, Dennis M. New Developments in Unmanned Air Vehicles and Land Attack Cruise Missiles / Dennis M. Gormley. – SIPRI Yearbook 2002: Armaments, Disarmament and International Security, 2003. – P. 34.
2. Грингард, С. Интернет вещей: Будущее уже здесь = The Internet of Things / С. Грингард. – М. : Альпина Паблишер, 2016. – 188 с.
3. Гапотченко, О. О. В ожидании нового Руста / О. О. Гапотченко // Военно-промышленный курьер. – 2003. – 24 декабря. – С. 3–6.
4. Слюсар, В. Радиоперехват связи с БПЛА : примеры реализации / В. Слюсар // Электроника: наука, технология, бизнес. – 2010. – № 5. – С. 56–60.

УДК 623.746.-519

А.М. Мацкевич, Е.П. Шаповал, В.И. Курилович

Белорусская государственная академия авиации

СИСТЕМА ПОИСКА И СПАСЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В настоящее время существует огромная проблема, связанная с поиском пропавших людей на большом пространстве. Данные мероприятия зачастую трудоемки, затратны по времени и весьма рискованны. Эти факторы обуславливают необходимость разработки новых поисковых алгоритмов. Применение беспилотных летательных аппаратов (БЛА) может быть оптимальным решением этого вопроса. Благодаря использованию в качестве целевой нагрузки высокотехнологичных камер и датчиков они способны сканировать большие пространства и предоставлять своим операторам снимки местности для дальнейшей обработки и поиска людей.

К примеру, в 2019 году спасатели частной компании REGA ежедневно приходили на помощь в среднем более чем трем десяткам людей как в Швейцарии, так и за рубежом. Новый двухметровый дрон, поставленный недавно на вооружение REGA, оснащен

камерами, датчиками для обнаружения мобильных телефонов, системой предотвращения столкновений в воздухе и разработанным в Высшей технической школе Цюриха (ETHZ) алгоритмом, который позволяет сканировать большие территории и самостоятельно распознавать людей на поверхности земли [1].

В следствие научного прогресса и интеграции БЛА в воздушное пространство их функционал существенно расширился [2]. На сегодняшний день, беспилотная авиация активно применяется в поддержке общественной безопасности. Подразделения министерств чрезвычайных ситуаций (МЧС) и других экстренных служб активно внедряют БЛА для поисково-спасательных работ и используют их наряду с другим оборудованием. Высокое качество беспилотников, надежность и долговечность делают их применимыми для решения широкого круга задач, опасных для человека.

В некоторых ситуациях при спасении человеческой жизни счет идет на секунды. Когда спасатели не могут добраться до пострадавшего, либо дорожная ситуация не позволяет своевременно привезти жизненно необходимый препарат, на помощь медикам и спасателям приходят беспилотники.

При природных и техногенных катастрофах, таких как разлив ядохимикатов и утечка газов, лесные пожары и лавины, БЛА могут использоваться для разведки ситуаций на местности и операций поиска и спасения пострадавших [3]. Более того, беспилотники могут эффективно обеспечить охват большой территории, не подвергая риску безопасность задействованного персонала.

Операции поиска и спасения с использованием традиционных воздушных судов (ВС), как правило, являются весьма дорогостоящими из-за расходов на техническое обслуживание, топливо и работу экипажей. Кроме того, классические типы ВС требуют специальных разрешений от органов аэронавигации, необходимую инфраструктуру и оборудованные взлетно-посадочные площадки. В связи с относительно небольшими размерами БЛА, их мобильностью, а так же отсутствием острой необходимости в развитой сети инфраструктуры для эксплуатации использование беспилотников в поисково-спасательной деятельности является более эффективным.

Существует два типа систем поиска и спасения при помощи БЛА: системы с применением одного беспилотника или системы с несколькими БЛА (рой). На первом этапе спасательная команда определяет район поиска и делит его на квадраты. Затем в блок управления БЛА закладываются необходимые поисковые координаты. Далее непосредственно начинается поисковая операция путем сканирования района обнаружения с помощью одного беспилотного летательного аппарата, оснащенного камерами видеонаблюдения или тепловизорами. После этого аэрофотоснимки или изображения в реальном времени из заданных поисковых квадратов отправляются в наземную систему управления (НСУ). Полученная информация анализируется спасательной командой. Алгоритм поиска с использованием роя БЛА похож на описанный выше, однако зона покрытия больше благодаря применению большего количества беспилотников.

Поисковые операции с применением беспилотной авиации имеет ряд важных аспектов:

- спасательная команда планирует маршрут и вычисляет оптимальную траекторию движения БЛА;

- запускается поисковый процесс с использованием метода обнаружения объектов (в том числе с помощью искусственного интеллекта) и предотвращения столкновений;

- информация, полученная от обследования заданной местности, передается на НСУ. В случае обнаружения объекта, его координаты фиксируются и передаются поисковой группе для дальнейшей эвакуации и спасения пострадавшего.

Таким образом, беспилотная авиация улучшает качество поисково-спасательных операций и их скорость. Это особенно актуально при ведении поиска на труднодоступных открытых земельных и водных пространствах [4].

Беспилотная авиация использует новейшие технологии, такие как тепловизоры, сканеры местности, датчики LIDAR и высококачественные камеры. Помимо этого, активно внедряется применение искусственного интеллекта. Он способен автоматически сканировать полученные данные и предоставлять необходимую информацию на НСУ. Этот метод намного эффективнее и безопаснее, чем человеческий поиск [5].

В Республике Беларусь Министерство по чрезвычайным ситуациям и Министерство обороны активно применяют БЛА для разведки, мониторинга и поиска. Помимо этого, беспилотники используются поисково-спасательными отрядами, зарекомендовав себя с лучшей стороны и существенно облегчив поисковый процесс. Однако из-за низкой степени интеграции БЛА в воздушное пространство их потенциал реализован не до конца. На сегодняшний день этот пробел восполняется разработкой новых Авиационных правил Департаментом по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Swiss drones to the rescue! [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.swissinfo.ch/eng/sci-tech/swiss-drones-to-the-rescue-/46184648>. – Date of access: 03.11.2021.

2. Waharte, S. Supporting Search and Rescue Operations with UAV's [Electronic resource] / S. Waharte, N. Trigoni. – Mode of access: https://www.cs.ox.ac.uk/files/3198/submission_waharte.pdf. – Date of access: 05.11.2021.

3. Unmanned Aerial Vehicles (UAVs): A Survey on Civil Applications and Key Research Challenges / H. Shakhathreh [et al.] // IEEE Access. – 2019. – № 1109. – P. 48572–48634.

4. Пчелин, И. Л. Разработка БПЛА для поисково-спасательных операций и переброски грузов / И. Л. Пчелин, Е. А. Нартов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2013. – № 9, Т. 1. – С. 254–255.

5. Северов, Н. В. Развитие, технология и эффективность робототехники в чрезвычайных ситуациях : монография / Н. В. Северов. – М. : Академия ГПС МЧС России, 2012. – Ч. 1. – 311 с.

УДК 629.7

А.М. Мацкевич, Д.О. Шпилевский, Н.Д. Дмитриев

Белорусская государственная академия авиации

АДАПТАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ПОД ТЕМПЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ)

За последнее десятилетие беспилотная авиация снискала большую популярность в развитых странах. Сегодня беспилотные авиационные комплексы (БАК) способны эффективно выполнять те задачи, которые ранее требовали больших человеческих ресурсов. Так же беспилотная авиация отлично зарекомендовала себя в военной сфере при ведении разведки, наступательного и оборонительного боя. Однако темпы развития БАК и степени их интеграции в повседневную жизнь опережают развитие нормативной базы, что не дает в полной мере раскрыть потенциал беспилотников.

В рамках третьего Глобального симпозиума Международной организации гражданской авиации (ИКАО) «DRONE ENABLE», прошедшем в сентябре 2018 года под эгидой «от адаптации к интеграции» Генеральным секретарем д-р Фан Лю было подчеркнуто: «В последние годы в мире наблюдается быстрое развитие технологий и операций, связанных с дистанционно пилотируемыми и беспилотными авиационными системами, в результате чего в авиационный сектор врываются тысячи новых участников

и множество новых товаров и услуг, которые необходимо инкорпорировать в глобальную авиационную систему [1]».

Прогнозируемый рост беспилотной отрасли представляет серьезную проблему с точки зрения регулирования и планирования воздушного пространства, для решения которой потребуются совершенно новые подходы к организации воздушного движения. Для решения этой проблемы ИКАО разрабатывает комплекс мер по управлению движением БАК – Unmanned Aircraft Traffic Management (UTM).

Для создания типовых правил по эксплуатации беспилотников Совет ИКАО провел сравнительный анализ воздушных законодательств стран – членов организации с целью выявления общих черт и передовой практики, которые могли бы быть внедрены широким кругом государств. Результатами этой деятельности являются ICAO Model UAS Regulation (Типовые правила ИКАО по БАК). Страны могут принять их полностью или частично, выбрав отдельные положения в дополнение к существующей нормативной базе по БАК.

Рассмотрим опыт адаптации и интеграции БАК в воздушное пространство на примере Российской Федерации. Правительство России совместно с Федеральным агентством воздушного транспорта Росавиация 25 октября 2021 года приняли Концепцию интеграции беспилотных судов в единое воздушное пространство [2].

Основной упор Концепции – обеспечение высокого уровня безопасности самих БАК, участников воздушного движения, объектов наземной инфраструктуры и людей. Также рассматривается вопрос пересмотра запретных зон для полетов. В соответствии с Федеральным законом от 30 июля 2020 года №291 «О внесении изменений в Воздушный кодекс Российской Федерации», БАК приравниваются к полноценным воздушным судам (ВС), что влечет за собой необходимость получения лицензии на управление. Соответственно на БАК распространяется действие приказа Министерства транспорта Российской Федерации от 9 марта 2016 года №48 «Об установлении запретных зон», который запрещает полет в некоторых зонах (к примеру, на рисунке 1 представлена карта запретных зон г. Москва и Московской области (МО). Концепция направлена на смягчение этих ограничений по всей стране.

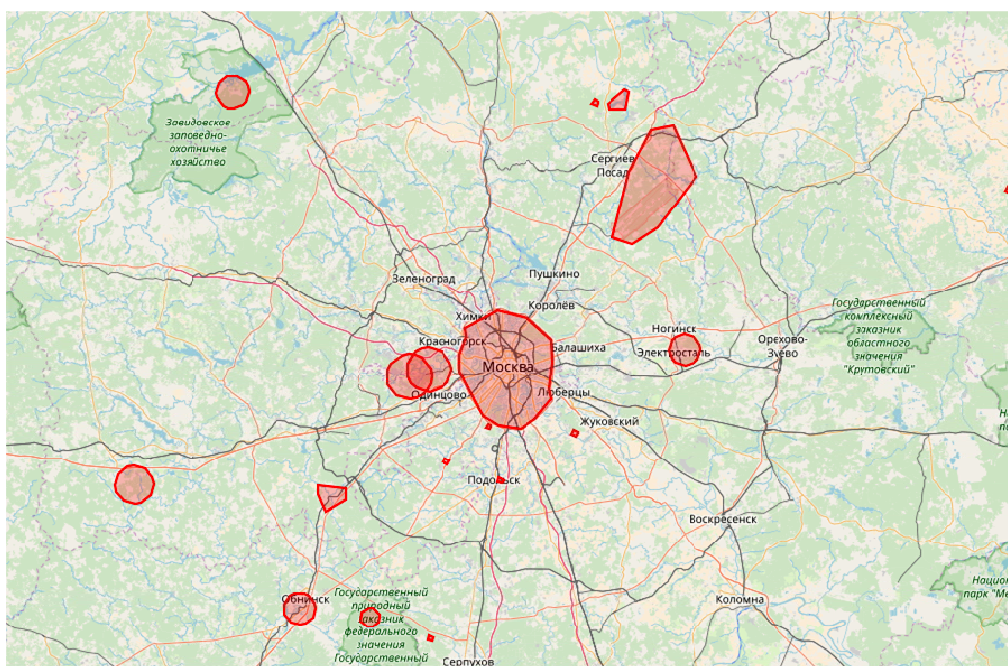


Рисунок 1 – Карта запретных зон г. Москва и МО для полетов авиационной техники (красным цветом отмечены запретные зоны для полетов ВС и БАК)

Как было отмечено выше, концепция предусматривает поэтапную интеграцию БАК к 2030 году. Рассмотрим каждый этап отдельно [3].

На первом этапе – до 2023 года – продлится организационный период, во время которого будут разработаны меры по упрощению процедур эксплуатации БАК и снятию ограничений для их полетов. Помимо этого, будут внедрены специальные сервисы для электронной регистрации беспилотников и их учета, а также установлены правила подготовки и выполнения полетов на БАК.

На втором этапе – до 2027 года – предусматривается разработка и внедрение новых технологий для обеспечения безопасности полетов БАК. Это будет достигнуто путем создания систем связи, навигации и наблюдения. Так же будет осуществляться разработка новых и усовершенствование действующих нормативных актов. На этом этапе начнутся пробные полеты БАК в едином воздушном пространстве.

На третьем этапе – до 2030 года – планируется завершить создание необходимой технической базы для обеспечения безопасности полетов БАК, внедрить цифровые технологии управления полетами беспилотных и пилотируемых воздушных судов в едином воздушном пространстве. Помимо этого, планируется принять разработанные и усовершенствованные нормативно-правовые акты, которые окончательно закрепят статус беспилотной авиации.

В связи с тем, что Концепция делает упор на повышении уровня безопасности, предлагается следующий комплекс мероприятий:

- установление критериев классификации БАК;
- установление дифференцированных критериев к подготовке авиационного персонала и полное лицензирование образовательной деятельности в этой сфере;
- аккредитация разработчиков и изготовителей БАК.

Отдельно стоит рассмотреть вопрос подготовки операторов БАК. Так как беспилотники планируются к интеграции в единое воздушное пространство, то требуется ужесточение правил подготовки таких специалистов. В соответствии с Концепцией предполагается пересмотр и доработка существующих образовательных стандартов. Упор в подготовке операторов БАК следует сделать на тренажерной подготовке с применением ситуационного моделирования рискованных ситуаций.

Вместе с разработкой и усовершенствованием нормативной базы необходимо решить ряд вопросов, связанных с технологической интеграцией беспилотников в единое воздушное пространство страны. Для этого необходимо создать и сертифицировать системы, позволяющие наблюдать, предупреждать и предотвращать как столкновения БАК между собой, так и столкновение БАК с пилотируемыми воздушными судами [2].

В Республике Беларусь на сегодняшний день Департамент по авиации Министерства транспорта и коммуникаций занимается разработкой новых и доработкой существующих Авиационных правил в области беспилотной авиации с учетом требований Типовых правил ИКАО и передового иностранного опыта.

Техническое развитие сегмента беспилотной авиации наряду с укреплением нормативно-законодательной базы несомненно откроет новые возможности для решения задач в сфере государственной безопасности и расширения гражданского применения БАК [4]. После окончания процесса по интеграции БАК в мировое воздушное пространство откроется перспектива по применению беспилотной авиации сначала в грузовых, а позже и пассажирских перевозках, что полностью изменит облик современной авиации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Генеральный секретарь ИКАО подчеркивает приоритетные задачи в области безопасной и согласованной организации воздушного пространства для беспилотных воздушных судов и дронов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.icao.int/Newsroom/Pages/RU/ICAO->

Secretary-General-stresses-safe-and-harmonized-airspace-management-priorities-for-unmanned-aircraft-and-drones.aspx. – Дата доступа: 01.11.2021.

2. Гусаров, Р. Закон для неба: как сделать беспилотники безопасными [Электронный ресурс] / Р. Гусаров. – 2021. – Режим доступа: https://www.rbc.ru/opinions/technology_and_media/20/10/2021/616ef90e9a7947809b6bcf0e. – Дата доступа: 05.11.2021.

3. Правительство утвердило Концепцию интеграции беспилотников в единое воздушное пространство России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://government.ru/news/43502/>. – Дата доступа: 07.11.2021.

4. International Civil Aviation Organization TV [Electronic resource]. – Mode of access: – <https://www.icao.tv>. – Date of access: 11.11.2021.

УДК 629.7

В.В. Медведев, С.А. Коршак

Белорусская государственная академия авиации

ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫЙ АЛГОРИТМ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ БЛА

Проблематика исследования направлена на создание методов и алгоритмов комплексирования информации, обеспечивающих повышение точности наведения при потере спутниковой информации. Это позволит повысить точность комплексных навигационных систем и улучшить технические характеристики образцов вооружения, на которых они используются.

Для обеспечения требуемой эффективности применения БЛА необходимо комплексирование ИНС и СНС. Существуют различные схемы комплексирования: отдельная, *слабосвязанная*, жестко связанная, глубоко интегрированная. В отдельной схеме комплексирования ИНС и СНС работают независимо друг от друга. При этом по данным СНС периодически проводится перезапуск алгоритма ИНС с новыми начальными условиями по координатам и скорости, данные от которых поступают от СНС. Все остальные схемы комплексирования основаны на использовании интегрального фильтра Калмана, который получает информацию о координатах и скорости от ИНС и СНС, вычисляет их оценки, компенсируя при этом ошибки как ИНС, так и СНС [2]. Схема разрабатываемого комплексного навигационного алгоритма представлена на рисунке 1.

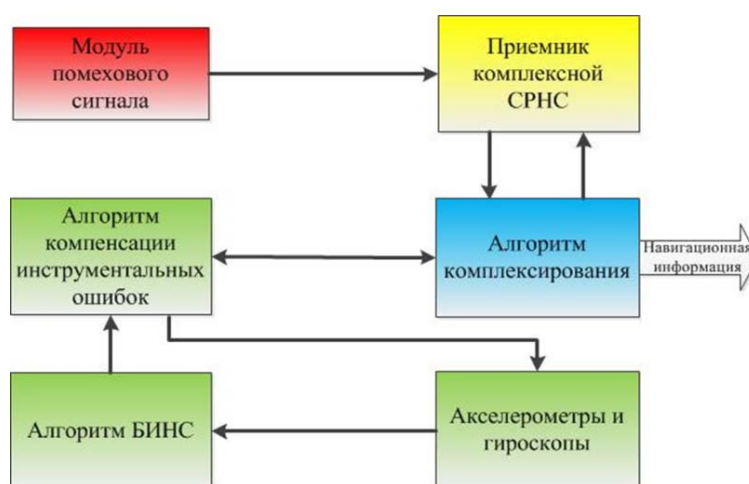


Рисунок 1 – Комплексный навигационный алгоритм

Существенное снижение точности навигационной системы при пропадании сигналов СНС может быть обусловлено: воздействием помех, отказами в работе спутникового приемника. Периодически отсутствующая информация от спутниковой

навигационной системы, делает систему *динамической системой со случайно изменяющейся структурой*.

Отличительной особенностью данной схемы является разработка модуля помехового сигнала.

Оценка точности наведения БЛА основана на моделировании ошибок БИНС с помощью математической модели комплексной навигационной системы, учитывающей инструментальные погрешности гироскопов и акселерометров. Это позволит определить систематические и случайные составляющие ошибок всех выходных навигационных параметров БИНС путем моделирования алгоритма работы инерциальной системы.

Имитационная математическая модель наведения БЛА с учетом ошибок БИНС разработана на основе исходной нелинейной пространственной модели наведения. Исходная модель описывает процесс наведения снаряда в прямоугольной стартовой системе координат. Для интеграции в исходную математическую модель имитационной математической модели БИНС необходимо выполнить дополнительные преобразования входных параметров БИНС, которые определяются особенностями измерения угловых скоростей и линейных ускорений инерциальными датчиками. Поскольку датчики угловых скоростей и акселерометры измеряют абсолютные значения соответствующих параметров, а математическая модель процесса наведения позволяет получить относительные ускорения и угловые скорости вращения снаряда, дополнительно *необходимо разработать* алгоритм восстановления полных значений выходных величин ДУС и акселерометров. Структурная схема ИММ наведения БЛА с учетом ошибок датчиков первичной информации представлена на рисунке 2.

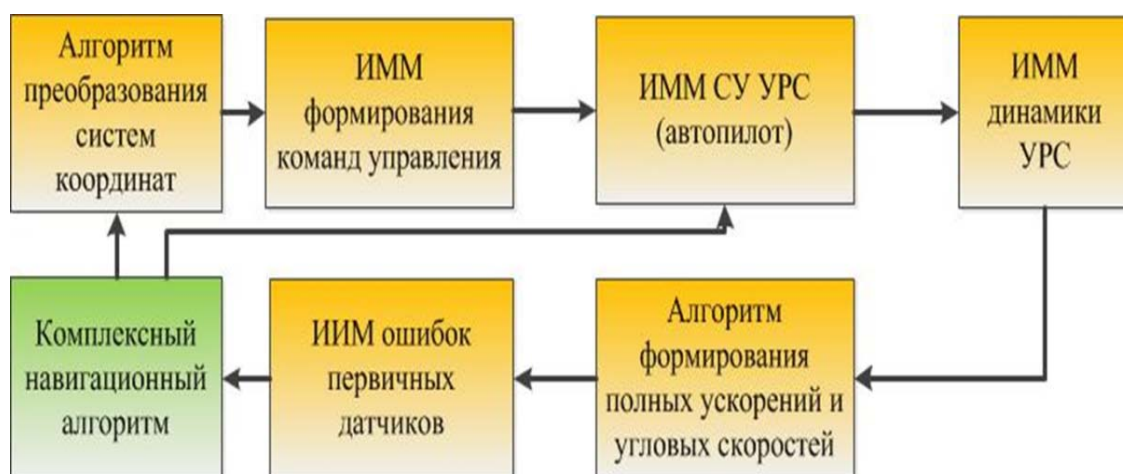


Рисунок 2 – Структурная схема ИММ наведения БЛА с учетом ошибок датчиков первичной информации

Зеленым цветом выделен блок комплексного навигационного алгоритма, входящий в состав общей структурной схемы ИММ наведения БЛА с учетом ошибок датчиков первичной информации.

В ходе исследования в качестве основных алгоритмов ориентации и навигации были рассмотрены алгоритмы ориентации и навигации в направляющих косинусах и в параметрах Родрига-Гамильтона. Достоинствами данных алгоритмов является то, что уравнения БИНС линейны, определены для любых углов рыскания, тангажа и крена. Размерность системы кинематических дифференциальных уравнений ориентации в параметрах Родрига-Гамильтона существенно меньше размерности системы кинематических уравнений Пуассона, что делает ее более привлекательной как для аналитического изучения задачи определения ориентации объекта с помощью БИНС, так и для ее численного решения на борту движущегося объекта [1].

В качестве математической модели БИНС был принят алгоритм с использованием одного кватерниона. Структура данного алгоритма может быть представлена в виде трех вычислительных модулей: модуля координат; модуля угловых скоростей; модуля кватерниона. Структурная схема алгоритма БИНС представлена на рисунке 3.

Модель позволяет рассчитывать координаты движущегося объекта и проекции относительной скорости на ребра связанного трехгранника, а также рассчитывать углы ориентации объекта управления (углы рыскания, крена, тангажа).

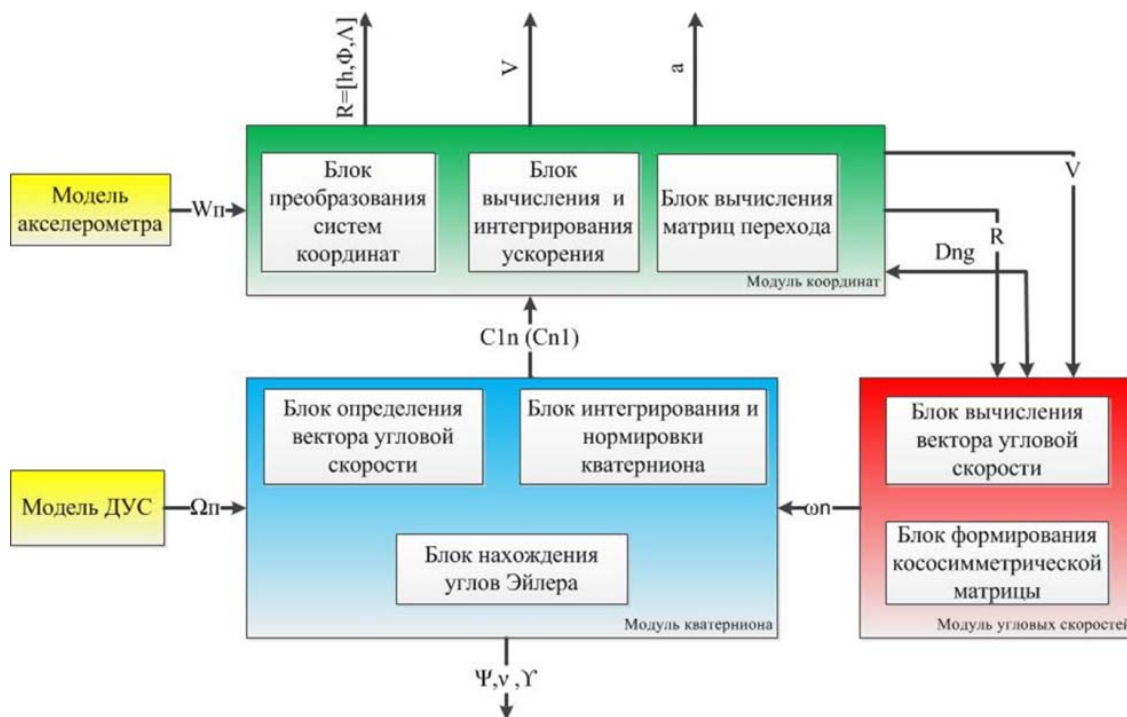


Рисунок 3 – Структурная схема алгоритма БИНС

Источниками информации в модели являются жестко установленные на борту движущегося объекта акселерометр и датчик угловых скоростей.

К начальным условиям моделирования относятся:

1. Модель движения объекта управления;
2. Объект находится под действием внешних воздействий, вызывающих относительно инерциальной системы координат гармонические незатухающие колебания;
3. Начальные значения проекций относительной скорости в географической системе координат, географические координаты, углы ориентации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матвеев, В. В. Инерциальные навигационные системы : учеб. пособие / В. В. Матвеев. – Тула : ТулГУ, 2012. – 250 с.
2. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / под ред. М. Н. Красильщикова, Г. Г. Себрякова. – М. : ФИЗМАЛИТ, 2005. – 280 с.

УДК 623.73

А.В. Мефедов

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УДАРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Одним из перспективных направлений развития военной авиации, которое бы значительно повысило эффективность ударных авиационных комплексов (АК), является создание комплексов с беспилотными летательными аппаратами (БЛА) и развитие тактики их применения. Анализ военных конфликтов последних десятилетий показывает значительное повышение роли беспилотной авиации, как при решении задач обеспечения других видов и родов войск, так и при решении разведывательных, ударных и специальных задач. Зарубежные страны, достигшие высоких результатов в создании и применении комплексов с БЛА вышли на значительный технологический уровень в области создания беспилотной авиации и развивают стратегию замещения пилотируемых АК комплексами с БЛА. На современном этапе идут работы над созданием новых ударных (разведывательно-ударных) БЛА, способных решать задачи в автономном режиме и в составе групп.

Наибольший интерес среди разработчиков, производителей и эксплуатантов в силовых структурах, а также экспертного сообщества, представляет объективный анализ состояния и определение реальных перспектив развития, места и роли ударных БЛА в составе Военно-воздушных сил (ВВС) за пределами пятого поколения. В настоящее время ведутся разработки принципиально новых БЛА типа «летающее крыло» с более широким диапазоном скоростей и высот полета, высокой маневренностью и значительной автономностью полета. Их отличительной особенностью является также использование технологий малозаметности в радиолокационном и инфракрасном диапазонах. Они рассчитаны на применение с различными, современными и перспективными авиационными средствами поражения (АСП) [1].

Наибольшего успеха в этой области добились американские компании Boeing с программой X-45 и Northrop Grumman с X-47. В 2003 году программы разработки боевых ударных БЛА X-45 в интересах ВВС и X-47 для Военно-морских сил (ВМС) Америки были объединены под общим руководством Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) – Управление перспективных исследований Министерства обороны (МО) Соединенных Штатов Америки (США). Объединенная программа получила обозначение J-UCAS (Joint UCAS). Два X-45A и один X-47A завершили программу летных испытаний в 2005 году, в том числе с выполнением боевого применения по наземным целям с использованием высокоточного оружия, расположенного во внутренних отсеках. Однако в 2006 году программа J-UCAS была закрыта, в том числе по причине расхождения концептуальных взглядов ВВС и ВМС США в условиях вновь введенных финансовых ограничений по перспективным программам [2].

Далее ВВС США сделали ставку на создание перспективного опционально-пилотируемого бомбардировщика нового поколения. В дальнейшем он получил обозначение LRS-B (Long-Range Strike-Bomber – дальний ударный бомбардировщик). Не исключена вероятность того, что в это время в Northrop Grumman началась засекреченная программа создания малозаметного разведывательно-ударного БЛА под обозначением RQ-180. В свою очередь американский флот пошел своим путем и принял решение продолжить финансирование программы UCAS-D по созданию в 2007–2013 годах полномасштабного демонстратора палубного базирования массой около двадцати тонн на базе X-47B. В программе участвовали два летных образца X-47B. Первый вылет был совершен в феврале 2011 года с задержкой около 9 месяцев от запланированного срока. 14

мая 2013 года X-47В выполнил первый взлет с помощью катапульты с палубы авианосца «Джордж Буш», а первую посадку на него же совершил в августе того же года. После завершения программы UCAS-D ВМС США намеревались начать программу Unmanned Carrier-Launched Surveillance and Strike (UCLASS) по созданию полноценного палубного беспилотного малозаметного разведывательно-ударного авиационного комплекса MQ-25 Stingray для выполнения боевых задач в условиях активного противодействия средств ПВО противника. Его планировали ввести в строй в начале 2020 года. В конкурсе планировали участвовать Northrop Grumman с X-47В, Boeing с восстановленным X-45С и General Atomics с БЛА Avenger. Однако в 2015 году ВМС США вместо UCLASS объявили о разработке палубного самолета-заправщика по программе Carrier Based Aerial Refuelling System (CBARS) [2].

На 10–12 лет отстают от американской европейской программы создания ударных БЛА. К ним относятся, прежде всего, такие аппараты, как британский Taranis (компания BAE Systems) и западноевропейский Neuron (головной разработчик – французская компания Dassault в кооперации с авиастроительными компаниями Италии, Швеции, Испании, Греции и Швейцарии). Neuron и Taranis выполнили первые полеты в 2012 и 2013 годах соответственно. В 2015 году было заявлено об успешном завершении программ. На следующий год Франция и Великобритания подписали соглашение о совместном финансировании и разработке компаниями Dassault и BAE Systems до 2030 года ударного БЛА по программе FCAS (Future Combat Air System) с использованием опыта создания демонстраторов Taranis и Neuron. Первый полет китайского демонстратора ударного БЛА Sharp Sword (разработка и производство корпорации AVIC) состоялся в 2013 году. Sharp Sword имеет значительное сходство с X-47В. Однако достоверной информации о ходе летных испытаний нет. Заявлялось лишь о планах поступления этого БЛА на вооружение в начале 2020 года [2].

Среди российской наиболее перспективной модели ударного, многоцелевого БЛА является «Охотник». По данной разработке опытно-конструкторским бюро (ОКБ) «Сухой» выполнена научно-исследовательская работа (НИР) «Охотник». Инновационный и уникальный в своем роде сверхтяжелый БЛА модели «Охотник» стал проектироваться в 2012 году, при этом изначальным исполнителем данного проекта выступала Российская самолетостроительная корпорация «МиГ», однако из-за ряда возникших сложностей, впоследствии наработки были переданы в опытно-конструкторское бюро (ОКБ) «Сухой», специалисты которого продолжили доработку этого БЛА. «Охотник» обладает массой около 20 тонн, при этом, планируется, что изделие сможет развивать крейсерскую скорость полета до 800 км/ч и преодолевать дистанции в несколько тысяч километров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Попов, С. А. Беспилотные летательные аппараты : справочное пособие / С. А. Попов, М. С. Иванов. – Воронеж : Научная книга, 2015. – 619 с.
2. Федосов, Е. А. Современное состояние и перспективы развития беспилотных авиационных систем XXI века. Аналитический обзор по материалам зарубежных информационных источников / Е. А. Федосов. – М. : НИЦ ФГУП ГосНИИАС, 2019. – 196 с.

УДК.365.42

А.В. Михалёв, А.С. Зайцев, Д.А. Кисель

*Белорусская государственная академия авиации***ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ОТБОР ОПЕРАТОРОВ
БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Надежность операторов беспилотных летательных аппаратов и беспилотных авиационных комплексов определяется их способностью выполнять в полном объеме возложенные на них задачи. Статистика показывает, что 20 % отказов технических систем «беспилотных летательных аппаратов» напрямую или косвенно завязана на ошибках операторов БАК. Ошибка тут определяется как невыполнение поставленной задачи, что можно связать с повреждением оборудования, программного обеспечения беспилотных летательных аппаратов и беспилотных авиационных комплексов, нарушением технологического процесса и т. д. [2].

Профессиональный отбор для операторов беспилотных авиационных комплексов представляется как специально организуемое исследование, основанное на четких качественных и количественных оценках, позволяющих не только выявить, но и измерять присущие человеку свойства, чтобы сравнить их с нормативами, определяющими пригодность к профессии [5].

Профессиональный отбор – это инструмент оценки качеств личности, которыми она обладает на предмет соответствия или несоответствия их конкретной профессии. Профотбор должен допускать к освоению профессии только тех, чьи способности будут соответствовать необходимым требованиям. Одновременно профотбор решает стратегическую задачу профориентации. Главное при этом, чтобы профессиональный отбор не был разовым актом, а стал обязательной процедурой с достаточным научным и методическим обеспечением [1].

При проведении профотбора необходимо учитывать, как уровень образования, опыта и подготовки, так и степень соответствия индивидуальных психофизиологических качеств данного человека к управлению беспилотных авиационных комплексов. Кроме этого должны рассматриваются и разные аспекты совместимости человека и техники:

1. *Антропометрическая совместимость* – это обязательный учет размеров тела человека. Возможности обзора внешнего пространства, положения (позы) оператора в процессе управления беспилотным летательным аппаратом.

2. *Коммуникационная совместимость* характеризует возможности оператора БЛА одновременно следить за показаниями индикаторов параметров полета, карты, визуальных данных, и корректировать их параметры с учетом особенностей полетного задания.

3. *Психофизиологическая совместимость* – определение чувствительности к органам управления БЛА, и скорости реакции на изменения обстановки и управления БЛА.

4. *Психомоторная (двигательная) совместимость* – согласование органов управления беспилотным авиационным комплексом с оптимальными возможностями человека в отношении прилагаемых усилий, затрачиваемой мощности, скорости и точности движений.

Следующие группы профессионально важных качеств должны исследоваться на профотборе: личностные (ответственность, долг и др.), интеллектуальные (оперативное, абстрактное мышление и т. д.), психические (психоземotionalная устойчивость и т. п.), психофизиологические (развитие глазомера, двигательные и моторные реакции и др.) и физические (мышечная сила, быстрота и т. д.) [3].

Психические возможности человека можно рассматривать как психологическую совместимость. Эффективность деятельности человека зависит от уровня психического

напряжения. Нередко превышение критического уровня ведет к снижению результатов вплоть до полной утраты работоспособности. Грамотно проведенный профотбор решает проблемы и психологической безопасности [4].

Также, при проведении профессионального отбора особое внимание должно отводиться изучению и анализу особенностей когнитивной сферы человека, способности к концентрации и переключению внимания, в том числе при наличии разного рода неблагоприятных воздействий (звуковых, световых), склонности к риску при принятии решений. На основании результатов отбора возможно включение в учебный процесс специальных занятий, повышающих профессионально-важные качества специалиста БЛА [3].

На сегодняшний день сложилось так, что основными идеологами профотбора являются врачи, а основными заказчиками и потребителями – специалисты БАК. И те, и другие в силу своей ментальности, обусловленной особенностями профессии, склонны к точным и объективным оценкам человека как индивида, особенностей его организма. При этом процедура профессионального психологического отбора ограничена вследствие необходимости обследования большого числа курсантов в короткий срок.

Вышесказанное позволяет заключить, что существующая система профессионального психологического отбора на обучение специалистов в области управления беспилотным авиационным комплексом нуждается в совершенствовании, в преодолении технократического подхода, который не учитывает личностные особенности испытуемых. Психодиагностический комплекс профессионального отбора должен быть ориентирован, в первую очередь, на рассмотрение будущего специалиста как субъекта профессиональной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дьяченко, М. И. Психологические проблемы готовности к деятельности / М. И. Дьяченко, Л. А. Кандыбович. – Минск : Изд-во БГУ, 1976. – 173 с.
2. Михалёв, А. В. Психологические особенности профессиональной деятельности операторов беспилотных авиационных комплексов / А. В. Михалёв, Н. К. Плавник // Социально-гуманитарные знания : тез. докл. XIV Респуб. науч. конф. молодых ученых и аспирантов, Минск, 29 нояб. 2017 г. / М-во образования Республики Беларусь, РИВШ. – Минск : РИВШ, 2017. – 231 с.
3. Платонов, К. К. Краткий словарь системы психологических понятий / К. К. Платонов. – М., 1984. – 174 с.
4. Михалёв, А. В. Формирование психологической компетенции специалистов в области управления беспилотными авиационными комплексами / А. В. Михалёв // Исторические и психолого-педагогические науки : сб. науч. статей. – Минск : РИВШ, 2019. – С. 220–229.
4. Пономаренко, В. А. Интеллектуальные способности и успешность летного обучения / В. А. Пономаренко, С. В. Алешин, И. М. Жданько // Физиология человека. – 1996. – Т. 22, № 4. – С. 86–90.
5. Першлевич, А. И. Особенности психологического отбора операторов беспилотных авиационных комплексов / А. И. Першлевич, Е. И. Бараева, Т. Ю. Шлыкова // Исторические и психолого-педагогические науки : сб. науч. статей. – Минск : РИВШ, 2019. – С. 25–35.

УДК 355.354

Е.А. Нестюк, А.Р. Михайлов

*Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»***МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АЭРОСЪЕМКИ**

Для организации эффективного решения задач аэросъемки беспилотными летательными аппаратами (БЛА) в различных районах и метеорологических условиях необходима разработка методики обоснования принятия рационального решения на применение конкретного типа БЛА для решения конкретной задачи аэросъемки.

На своевременность и эффективность принятых решений по выполнению задач аэросъемки негативно влияют шаблонный подход к оценке выполнения задачи и недооценка специфики применения беспилотной авиации, а также неудовлетворительный учет возможностей БЛА и целевой нагрузки.

Методика принятия решения по ведению аэросъемки БЛА должна включать:

- определения целей (задач) аэросъемки;
- определение показателей эффективности аэросъемки (количественных, вероятностных, пространственных, временных);
- определение критериев оценки эффективности выполнения задач аэросъемки;
- определение содержания и последовательности выполнения операций при выполнении полетного задания;
- порядок расчета значений показателей; порядок получения результата.

Оценка эффективности ведения аэросъемки может осуществляться с применением следующих основных показателей.

Пространственный показатель (S) – определяет максимальный размер района ведения аэросъемки конкретным типом БЛА. Зависит от времени нахождения БЛА (временной показатель) в воздушном пространстве заданного района, высоты полета при выполнении задачи, а также характеристики целевой нагрузки.

$$S = L_{\text{захв}} H_{\text{пол}} T_{\text{дзз}}, \quad (1)$$

где S – площадь района аэросъемки, L – ширина полосы захвата объективом целевой нагрузки, $H_{\text{пол}}$ – высота полета БЛА при ведении аэросъемки заданного района, T – время ведения аэросъемки (временной показатель).

Временной показатель (T) – время ведения аэросъемки в заданном районе. Зависит от максимального значения времени полета БЛА, за вычетом времени полета в заданный район и обратно, а также выбранной скорости полета на различных этапах выполнения задачи.

$$T = T_{\text{пол}} - T_{\text{п.вр}} - T_{\text{п.возвр}}, \quad (2)$$

где T – время ведения аэросъемки (временной показатель), $T_{\text{пол}}$ – максимальное время полета БЛА, $T_{\text{п.вр}}$ – время полета в район ведения ДЗЗ, $T_{\text{п.возвр}}$ – время полета из района ведения аэросъемки.

Количественный показатель (N) – количество объектов обнаруженных в районе ведения аэросъемки. В первую очередь данный показатель зависит от размера объекта и его типа.

$$N = \frac{S}{S_{\text{об}}} K_{\text{рас}}, \quad (3)$$

где N – количество объектов районов, S – площадь района аэросъемки, $S_{\text{об}}$ – площадь объекта аэросъемки, $K_{\text{рас}}$ – коэффициент, учитывающий расположения объектов относительно друг друга.

Вероятностный показатель (Р) – вероятность выполнения задачи по обнаружению, распознаванию и идентификации заданных районов в районе ведения ДЗЗ.

$$P = P_{\text{обн}} P_{\text{расп}} P_{\text{инд}}, \quad (4)$$

где Р – вероятностный показатель, $P_{\text{обн}}$ – вероятность обнаружения объекта, $P_{\text{расп}}$ – вероятность распознавания объекта аэросъемки на полученном изображении, $P_{\text{инд}}$ – вероятность идентификации объекта аэросъемки на полученном изображении.

Критерием эффективности выбранного варианта на ведение ДЗЗ является максимальное значение вероятности обнаружения объекта из всех разработанных вариантов при условии одинаковых временных и материальных затрат.

Данная методика предполагает проведение заблаговременного расчета показателей и критерия эффективности для каждого типа, эксплуатируемого БЛА, с различными типами целевой нагрузки, для различных видов объектов в различных условиях обстановки.

Расчет целесообразно выполнить с применением общедоступного программного обеспечения Microsoft Excel или ему аналогичному программному продукту.

СПИСОК ИСПОЛЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технические средства разведки иностранных государств : учеб. пособие / В. Н. Баранов [и др.]. – Минск : НИИ ВС Респ. Беларусь, 2016. – 219 с.
2. Дьяков, Д. А. Основы дешифрирования видовой информации: пособие / Д. А. Дьяков, А. Р. Михайлов, И. В. Рожков. – Минск : БГАА, 2018. – 54 с.
3. Карлович, М. Ф. Дешифрирование аэроснимков : учебно-методический комплекс / М. Ф. Карлович. – Минск : БНТУ, 2014. – 218 с.
4. Жилияев, В. В. Конспект лекций по дешифрированию / В. В. Жилияев. – Новополоцк : ПГУ, 2015. – 67 с.
5. Севастьянова, М. Н. Техника и технология аэрокосмической съемки : учебно-методическое пособие / М. Н. Севастьянова, С. А. Серебряков. – М. : МИИГАиК, 2015. – 58 с.

УДК 623.746, 621.397

А.Р. Бекиш, Д.С. Нефёдов

Военная академия Республики Беларусь

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Ведение воздушной оптико-электронной разведки является одним из наиболее распространенных вариантов применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Эффективность разведки зависит от внешних условий наблюдения, технических характеристик оптико-электронных систем (ОЭС), а также возможностей оператора. На современном этапе развития беспилотной авиации большинство разработанных ОЭС функционирует в одном из спектральных диапазонов (рисунок 1).



Рисунок 1 – Спектральные диапазоны ОЭС:

УФ – ультрафиолетовый; ТВ – телевизионный (видимый);

ТПВ – тепловизионный (инфракрасный)

Использование одного диапазона значительно ограничивает возможности ОЭС и не обеспечивает решение задачи обнаружения-распознавания объектов на изображениях в различных условиях обстановки. Особенно сильно эффективность ОЭС снижается при обнаружении замаскированных объектов в плохих метеоусловиях.

На современном уровне развития технологий возможна разработка мультиспектральных (спектрозональных) ОЭС, функционирующих в нескольких спектральных диапазонах. Мультиспектральные ОЭС, за счет комплексного учета отличий спектральной яркости изображений объектов в различных диапазонах длин волн, позволяют повысить качество формируемых изображений и обеспечивают более высокие вероятности обнаружения-распознавания. Обобщенная структурная схема мультиспектральной ОЭС представлена на рисунке 2.

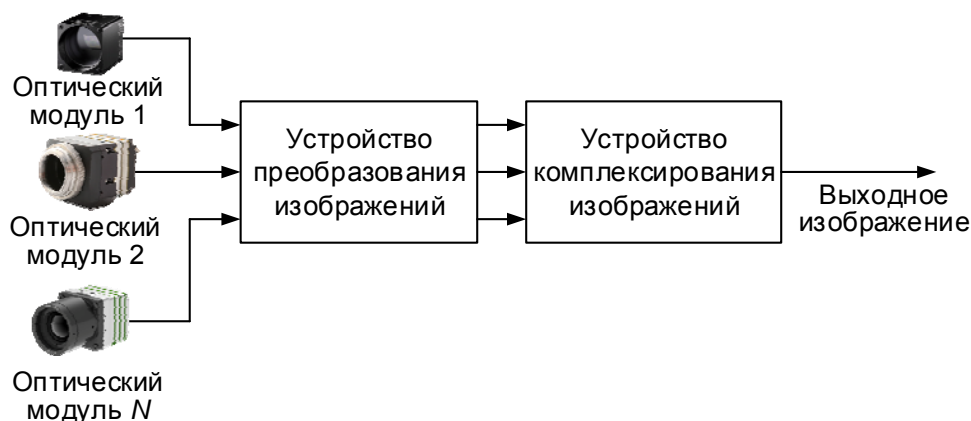


Рисунок 2 – Обобщенная структурная схема мультиспектральной ОЭС

Оптические модули мультиспектральной ОЭС регистрируют изображения в различных диапазонах длин волн. Устройство преобразования осуществляет пространственно-временную синхронизацию получаемых изображений с учетом полей зрения, разрешающей способности оптических модулей и движения носителя ОЭС. При необходимости преобразованию может предшествовать предварительная обработка изображений (шумоподавление, повышение локального контраста, нормирование яркостного диапазона и др.).

На заключительном этапе устройство комплексирования осуществляет обработку входных изображений с целью получения выходного изображения, качество и информативность которого выше чем у входных.

Первостепенное значение при разработке мультиспектральной ОЭС приобретает выбор объединяемых диапазонов спектра и алгоритмов комплексирования изображений с учетом их способности учитывать специфику диапазонов и иметь доступную аппаратную реализацию для обработки данных в темпе формирования изображений [1].

Анализируя спектральные диапазоны, существующие образцы и характеристики оптических модулей, целесообразно выделить три перспективных направления комплексирования изображений в мультиспектральных ОЭС для разведывательных БЛА:

- комплексирование ТВ (длина волны 0,4...0,76 мкм) и ТПВ изображений (длина волны 8...14 мкм);
- комплексирование мультиспектральных изображений в видимом и ближнем ИК диапазонах;
- комплексирование УФ, ТВ и ТПВ изображений.

На сегодняшний день первое из выделенных направлений построения мультиспектральных ОЭС является наиболее проработанным как в научно-теоретическом, так и практическом плане. Основные алгоритмы комплексирования, нашедшие широкое распространение включают [2]:

- взвешенное суммирование;
- объединение с приоритетом ТВ канала;
- метод главных компонент.

Основными преимуществами комплексирования ТВ и ТПВ изображений является относительная простота практической реализации, значительное расширение диапазона условий применения ОЭС, возможность адаптивного управления параметрами и видом алгоритма комплексирования в зависимости от выполняемых задач и условий применения.

В качестве примера, демонстрирующего высокую эффективность комплексирования ТВ и ТПВ изображений, на рисунке 3 представлены результаты обработки изображений методом объединения с приоритетом ТВ канала.

Основу функционирования алгоритмов комплексирования мультиспектральных изображений в видимом и ближнем ИК диапазонах составляют отличия в спектрах излучения различных объектов. Для примера на рисунке 4 представлены спектры излучения растительности и маскировочной сети в видимом диапазоне длин волн [3].

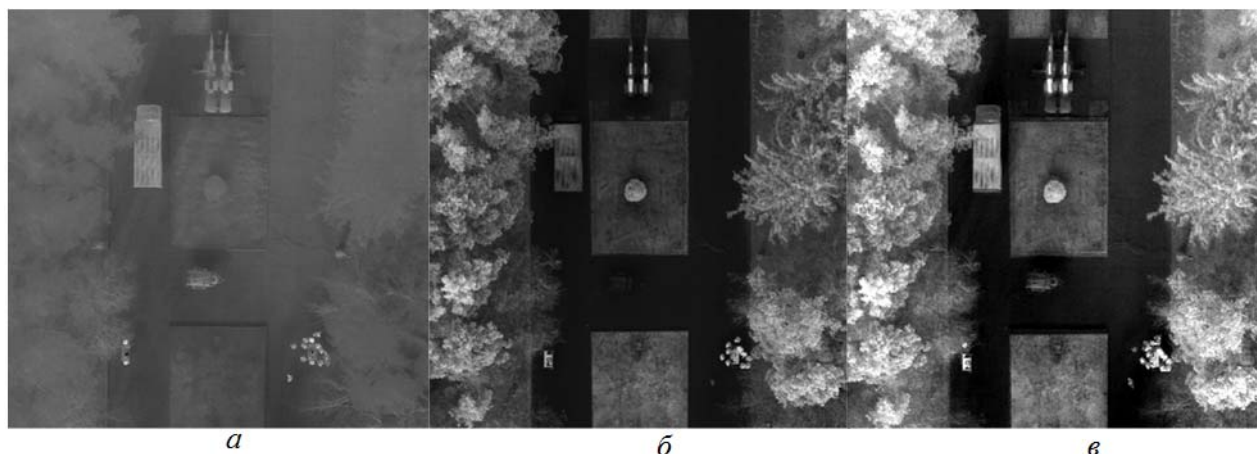


Рисунок 3 – Пример комплексирования ТВ и ТПВ изображений методом объединения с приоритетом ТВ канала:

a – исходное ТПВ изображение; *b* – исходное ТВ изображение; *в* – результат комплексирования

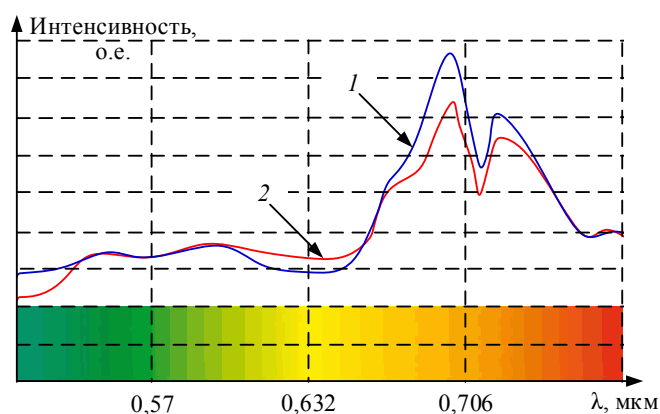


Рисунок 4 – Спектры излучения:

1 – растительность; *2* – маскировочная сеть

Как видно из рисунка 4, в узких поддиапазонах спектра видимого излучения (0,4...0,5 мкм, 0,62...0,7 мкм) объекты искусственного и естественного происхождения обладают различной отражательной способностью. Учитываются данные отличия с

помощью обработки мультиспектральных изображений для получения индексов (например, вегетационных).

Последнее из рассматриваемых направлений – комплексирование УФ, ТВ и ТПВ изображений является относительно новым. Известные применения УФ диапазона охватывают диагностику повреждений линий электропередач, криминалистическую экспертизу, обнаружение фактов запуска управляемых ракет. Предпосылкой для использования УФ диапазона для ведения воздушной разведки являются значительные отличия отражательной способности естественной растительности и искусственных материалов, из которых изготавливается одежда военнослужащих (рисунок 5).



Рисунок 5 – Изображение защитной одежды военнослужащего:
а – видимый диапазон; *б* – УФ диапазон

С точки зрения воздушной разведки использование УФ диапазона длин волн ограничивается сильным затуханием в атмосфере. Вместе с этим при ведении воздушной разведки на высотах до 300 м, с учетом существенных различий отражательной способности объектов в УФ диапазоне, данное направление представляется перспективным.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Обработка изображений в авиационных системах технического зрения / под ред. Л. Н. Костяшкина, М. Б. Никифорова. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2016. – 254 с.
2. Jitendra, R. R. Multi-Sensor Data Fusion with MATLAB / R. R. Jitendra. – London : CRC Press, 2010. – 534 p.
3. Кузнецов, А. Ю. Анализ спектральных характеристик маскировочного покрытия с применением видеоспектрометра / А. Ю. Кузнецов, С. С. Сергеев // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2016. – Т. 16, № 2. – С. 258–264.

УДК 355.354

А.А. Пашковский, Д.А. Павлов, А.Р. Михайлов

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС РАСЧЕТА ДАЛЬНОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНОГО АВИАЦИОННОГО АППАРАТА

Известно, что процесс принятия решения оператором БЛА с телевизионной целевой нагрузкой включает в себя три взаимосвязанных этапа: обнаружение, опознавание и идентификацию (интерпретацию) объектов [1, 2, 3].

Очевидно, что для отдельно взятой телевизионной системы максимальная дальность наблюдения соответствует первому этапу и нижнему ее порогу по информационной способности.

При проектировании телевизионной системы результатом расчета максимальной дальности считается установление требований в отношении ее энергетической (световой) чувствительности, которая определяется минимально необходимой освещенностью (экспозицией), действующей на входе фотоприемника. Однако на практике освещенность сцены может создавать экспозицию фотоприемника выше пороговой, а на первый план выходит задача обнаружения объекта с минимальным контрастом относительно фона. Тогда важен другой показатель – контрастная чувствительность телевизионной системы, которая определяется минимально необходимым контрастом объекта телевизионного наблюдения, который может быть обнаружен при пороговом отношении сигнал/шум фотоприемника телевизионной камеры.

Предлагаемая методика расчета ставит своей задачей экспресс-оценку этих показателей телевизионной системы БЛА по совокупности реальных технических параметров телевизионной камеры и метеорологических условий телевизионного наблюдения, исключая устройства записи, хранения и воспроизведения видеoinформации.

Оценка максимальной дальности

Выполним расчет максимальной дальности обнаружения объекта, воспользовавшись следующей формулой:

$$L = \frac{fH}{h} \frac{100}{\Delta}, \quad (1)$$

где f – фокусное расстояние объектива в мм, H – высота (размер) объекта в м, h – высота мишени матрицы ПЗС в мм, Δ – высота (размер) объекта в процентах в перерасчете на высоту раstra фотоприемника.

В соответствии с критерием Джонсона для визуального обнаружения объекта, появляющегося в поле зрения фотоприемника, необходимо в пределах проекции высоты объекта иметь, как минимум, две строки разложения. Тогда для матрицы ПЗС с числом активных строк в растре 576 параметр Δ составляет: $2/576 \times 100 = 0,35 \%$.

Предположим, что эквивалентная площадь рассеивания (ЭПР) цели составляет $4,4 \text{ м}^2$.

Принимая цель за условный квадрат, получаем высоту объекта $H = 2,1 \text{ м}$.

Пусть в телевизионной камере применена матрица ПЗС с форматом $\frac{1}{2}$ дюйма, поэтому высота мишени $h = 4,8 \text{ мм}$.

Очевидно, что для повышения дальности регистрации объектов при прочих равных условиях по соотношению (1), надо увеличивать фокусное расстояние объектива. Но этот параметр определяется заданной величиной минимального угла поля зрения телевизионной камеры.

Если угол поля зрения априори задан не менее (3×2) град., а матрица ПЗС уже выбрана, то $f = 120 \text{ мм}$.

Подставляя эти параметры в формулу (1), получаем, что $L = 15000 \text{ м}$.

Оценка метеорологических условий

При больших расстояниях от фотоприемника до объекта необходимо учитывать влияние рассеяния света в атмосфере, которое приводит к уменьшению контрастности входного оптического изображения. Причина этого состоит в том, что свет солнца и неба рассеивается по пути на частичках пыли, пыльцы или влаги и, попадая на зрачок объектива, суммируется со светом, приходящим от удаленных объектов контроля. В

результате оптический контраст объекта становится меньше. Закономерность изменения контраста K вдоль оптического пути определяется соотношением:

$$K = K_0 e^{-\sigma R}, \quad (2)$$

где K_0 – контраст объекта, R – расстояние до объекта в метрах, σ – постоянная величина, определяемая условием метеорологической дальности видения (МДВ).

По определению за величину МДВ принимается такое расстояние, с которого черный объект виден с контрастом 2 %. Следовательно, если МДВ = 20 км, то, подставляя в формулу (2) $R = 20000$ м, $K = 0,02$, $K_0 = 1,0$ и решая уравнение, получаем, что $\sigma = (1,95 \times 10^{-4}) \text{ м}^{-1}$. Поэтому формула (2) приобретает следующий вид:

$$K = K_0 e^{-1,95 \cdot 10^{-4} R}, \quad (3)$$

Для расстояния $R = 15$ км по соотношению (3) получаем величину контраста $K = 5,3\%$. Если расстояние $R = 10$ км, то контраст $K = 14,2\%$. Если МДВ = 10 км, то величина $\sigma = (3,91 \times 10^{-4}) \text{ м}^{-1}$, а показатели вторичного контраста объекта на тех же самых расстояниях будут другими. Реальный контраст объекта (K) всегда меньше единицы. Допустим, что он составляет 0,6 (60 %) и преобразование контрастов это учитывает [4, 5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Севастьянова, М. Н. Техника и технология аэрокосмической съемки : учебно-методическое пособие / М. Н. Севастьянова, С. А. Серебряков. – М. : МИИГАиК, 2015. – 58 с.
2. Старовойтов, В. В. Цифровые изображения: от получения до обработки / В. В. Старовойтов, Ю. И. Голуб. – Минск : ОИПИ НАН Беларуси, 2014. – 202 с.
3. Заказнов, Н. П. Теория оптических систем : учебное пособие / Н. П. Заказнов, С. И. Кирюшин, В. Н. Кузичев. – СПб. : Издательство «Лань», 2008. – 446 с.
4. Вознесенский, Н. Б. Основы оптики : конспект лекций / Н. Б. Вознесенский, Т. В. Иванова, А. О. Вознесенская. – СПб. : СПбГУ ИТМО, 2009. – 162 с.

УДК 355.354

М.А. Полторан, К.Е. Рогачевский

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ КАМЕР В КАЧЕСТВЕ ЦЕЛЕВОЙ НАГРУЗКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) находят применение во все более широком перечне отраслей человеческой деятельности. Одним из видов использования БЛА является поиск скрытых объектов как военного назначения, так и в гражданской сфере.

Основа выживаемости на поле боя – это маскировка. Современный камуфляж это больше, чем ткань, раскрашенная под цвет местности. В настоящее время **личный состав необходимо надежно маскировать в инфракрасном спектре**. Современная военная форма изготавливается с применением таких технологий, которые обеспечивают скрытность военнослужащего в ИК-диапазоне. Основным способом устранения инфракрасного излучения является так называемая «Тепловая маскировка». В нее входят спасательные одеяла (так называемые космические одеяла) изготовленные из майлара, которые не пропускают инфракрасное излучение. Ночью можно надеть спасательное одеяло как пончо, это помогает военнослужащим спрятаться от обнаружения

инфракрасной камерой. В жаркую погоду, когда температура воздуха 36–40°C, инфракрасная камера не может различить человека. В жаркую погоду, также следует прятаться в тепловой тени нагретых предметов (камней, стен зданий и т. д.) В холодную погоду толстый ватный бушлат или старая советская шинель значительно снижают тепловое излучение тела.

Но есть еще один способ обнаружить солдата на местности: с помощью сенсоров, работающих в ультрафиолетовом спектре. Ультрафиолетовое излучение позволяет существенно расширить восприятие человеком окружающего мира, поэтому чувствительные к нему устройства нашли применение в военной сфере. Промышленность производит достаточно большое количество камер для съемки в режиме реального времени в ближнем ультрафиолетовом спектре с длиной волны от 330 до 1250 нм. На снимке замаскированный солдат будет выглядеть ярким синим пятном, которое можно легко обнаружить с расстояния минимум 100 м.

Поиск в ультрафиолетовом диапазоне максимально эффективен в Арктике, где УФ-лучи особенно яркие. Также количество ультрафиолета увеличивается в сумерках на рассвете, в пасмурные дни. В таких условиях простые УФ-видеокамеры иногда могут быть даже более полезны, чем тепловизоры. УФ-камеры представляют значительную угрозу в заснеженных районах, поскольку снег отражает УФ-лучи лучше, чем большинство белых красок и антропогенных объектов. Системы фотографической разведки с простыми УФ-фильтрами могут легко выделить военные цели в виде темных пятен на заснеженной поверхности.

В густой листве УФ-камера тоже весьма полезный инструмент. Дело в том, что зеленая листва поглощает ультрафиолетовый свет, отражая всего 7 % излучения, в то время как большинство моделей камуфляжа отражают гораздо больше ультрафиолета. Песок в зависимости от содержания кремния отражает всего лишь около 3 % УФ-лучей, в то время как многие желтовато-коричневые и серые камуфляжные ткани – до 50 % и больше. Например, знаменитый костюм «Гилли», который используют американские снайперы, скрывает бойца в видимом свете так, что можно пройти буквально в шаге от замаскировавшегося бойца и ничего не заметить. Однако в УФ-диапазоне «Гилли» отлично виден.

Камеры ультрафиолетового диапазона способны решать целый ряд задач.

В первую очередь, это **отслеживание запусков ракет**. Как правило, для этих целей используются «солнечно-слепые» и «видимо-слепые» приемники. Однако применение мультиспектральных камер позволяет получить изображение не только факела пламени, но и корпуса ракеты, что расширяет возможности по противодействию этим видам вооружений.

Вторым распространенным применением является **обнаружение людей в маскировочных костюмах**. Современные технологии обеспечивают высокие показатели маскировки бойцов в видимом и инфракрасном диапазоне, но в ультрафиолетовой области спектра наблюдается высокий контраст между искусственными объектами и естественным фоном излучения. На рисунке 1 представлено видимое различие между инфракрасным и ультрафиолетовым снимком.

Видно, что на месте объекта на ИК-изображении наблюдается минимум сигнала, в то время как на УФ-снимке – максимум.

Возможности ультрафиолетовых сенсоров должны приниматься во внимание при маскировке личного состава, техники и оборудования. Ближний ультрафиолетовый спектр, прежде всего 320–400 нм, имеет удивительную способность отображать детали объекта даже на большом расстоянии. Модифицированная цифровая зеркальная камера с 400-мм объективом может обнаружить замаскированных солдат на расстоянии километра. Используя такие УФ-камеры, можно быстро изучить местность с высоты и определить координаты целей, которые считают себя хорошо замаскированными.

При использовании ультрафиолетовых камер в качестве целевой нагрузки на беспилотных летательных аппаратах можно вести разведку с целью: обеспечения посадки и навигации воздушных судов в сложных метеоусловиях (туман, снег, дождь), наблюдения объектов на фоне снежного покрова, предупреждения о старте ракет, активной оптической локация в условиях световых помех. Кроме того, в гражданском направлении ультрафиолетовые камеры на беспилотных летательных аппаратах могут применяться для диагностики в УФ-диапазоне линий электропередач (ЛЭП), контактных проводов и подстанций, спектральный анализ материалов и природных объектов.

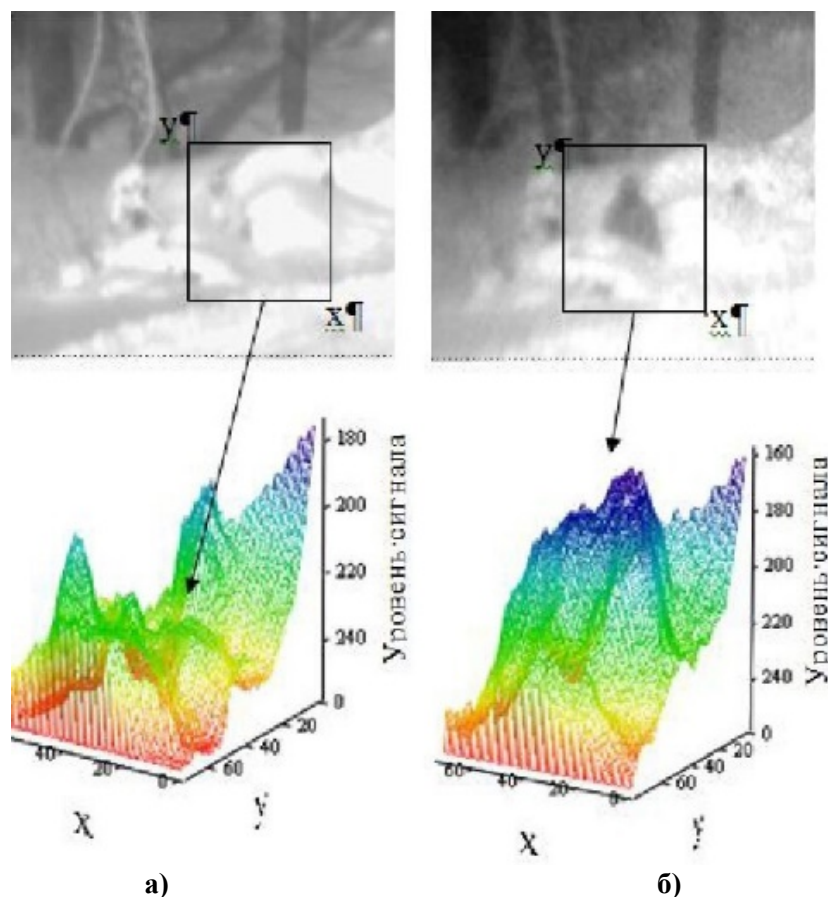


Рисунок 1 – Видимость человека в разных спектрах:
а) в инфракрасном спектре, б) в ультрафиолетовом спектре

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рябцев, А. Н. Ультрафиолетовое излучение / гл. ред. А. М. Прохоров // Физическая энциклопедия. – М. : Большая Российская энциклопедия, 1998. – Т. 5. – 760 с.
2. Борисов, Л. Б. Медицинская микробиология, вирусология и иммунология / Л. Б. Борисов. – М. : МИА, 2005. – С. 154–156.
3. Молчанов, А. Г. Лазеры в вакуумной ультрафиолетовой и рентгеновской областях спектра / А. Г. Молчанов // УФН. – 1972. – Т. 106. – С. 165–173.
4. Попов, В. К. Мощные эксимерные лазеры и новые источники когерентного излучения в вакуумном ультрафиолете / В. К. Попов // УФН. – 1985. – Т. 147. – С. 587–604.
5. Фадеев, В. В. Ультрафиолетовые лазеры на органических сцинтилляторах / В. В. Фадеев // УФН. – 1970. – Т. 101. – С. 79–80.

УДК 355.23

А.В. Пранюк, Д.А. Дьяков

Военный факультет в Белорусской государственной академии авиации

БАРРАЖИРУЮЩЕ-УДАРНЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ

Современный уровень развития технологий, их доступность и дешевизна позволяют создавать барражирующе-ударные беспилотные летательные аппараты (далее – БУ БЛА) в больших количествах. Такой небольшой по размерам аппарат – трудная цель для радиолокационных станций. А использование автономной навигационной системы позволяет ему преодолевать барьеры средств подавления сигналов GPS. По своим характеристикам это средство поражения напоминает маленькую крылатую ракету.

БУ БЛА – это разновидность разведывательно-ударного типа БЛА. Разница в том, что аппарат-камикадзе оснащен боеголовкой и погибает в случае боевого применения. Это гибрид крылатой ракеты и привычного нам беспилотника.

БУ БЛА приняты на вооружение многих стран мира. Данный тип БЛА оснащен боеголовкой, которая взрывается при соприкосновении с целью или в непосредственной близости от нее.

БУ БЛА доставляет специальную нагрузку по координатам цели, которые задаются вручную либо по изображению с целевой нагрузки наведения. К преимуществам системы относятся: высокая точность, скрытый запуск, бесшумность, простота применения [1].



Рисунок 1 – БПЛА-камикадзе AerialX и его пульт управления

Сложно переоценить роль БУ БЛА для проведения разведывательно-диверсионных операций. Можно ожидать, что в этом качестве они будут максимально интенсивно использоваться различными незаконными вооруженным формированиями, осуществляющими кустарное изготовление БУ БЛА на базе коммерческих моделей и отдельных компонентов.

БУ БЛА чаще всего представляет собой малогабаритный беспилотный летательный аппарат, способный нести несколько килограммов взрывчатки. Что дало основание специалистам назвать такие дроны «барражирующими боеприпасами». Их могут использовать для поражения живой силы, наземной и надводной боевой техники, военных и гражданских инженерных сооружений.

БЛА запускается из специальных наземных или надводных контейнеров, с помощью катапульт, реже с самолета-носителя. Посредством бортовой аппаратуры через канал связи, оператор управляет беспилотником, ведет наблюдение и поиск цели. В некоторых моделях БУ БЛА после обнаружения заданного объекта активируется программа самонаведения, и поражение цели происходит без вмешательства извне.

Носителями БУ БЛА могут стать самые разнообразные боевые единицы – армейские машины повышенной проходимости, грузовые автомобили [2]. А в качестве дополнительного вооружения они могут быть размещены в контейнерах на

бронетехнике – танках, БМП, БТР, артиллерийских системах, как сейчас размещают ПТРК. Могут быть реализованы варианты контейнерного размещения в различных массогабаритных исполнениях – переносных, автомобильных вариантах.



Рисунок 2 – Китайская система залпового запуска БПЛА-камикадзе позволяет осуществлять транспортировку и запуск 48 барражирующих боеприпасов CH-901 компании China Poly Defense

Мощность взрывчатого вещества у БУ БЛА, как правило, составляет несколько килограммов, дальность действия – десятки километров. Взрыв происходит при соприкосновении с целью либо на подлете к ней.

Основное преимущество данного типа БЛА перед крылатой ракетой заключается в дешевизне и простоте использования. В то же время БУ БЛА обладает меньшей поражающей силой, радиусом действия и скоростью полета.

Со временем БУ БЛА станут неотъемлемым элементом вооружения наземных подразделений, как стали таковыми минометы и ПТРК. Они могут использоваться и как оружие поддержки пехотных подразделений и как самостоятельный наступательный инструмент. БУ БЛА способны не только дополнить возможности минометов и ПТРК, но и во многих случаях заменить их. Сами по себе БУ БЛА во многом концептуально схожи с ПТРК условного четвертого поколения [3].



Рисунок 3 – Израильский ПТРК Spike-NLOS

Передача управляющих команд и видеоизображения может осуществляться по двухстороннему оптоволоконному кабелю или по радиоканалу. Подобные комплексы могут работать как в режиме «выстрелил и забыл», так и в режиме пуска без предварительного захвата цели, когда запуск боеприпаса производится из-за укрытия по примерным координатам заранее разведанной цели, невидимой оператором ПТРК, а захват цели осуществляется уже в процессе полета.

Если мы говорим о применении БУ БЛА против боевой техники, то в этом случае критерий стоимость/эффективность с высокой вероятностью будет в пользу атакующего боеприпаса, поскольку стоимость боевой техники всегда будет на порядок выше. Конечно, существует крайне устаревшая боевая техника, вроде использующихся еще в некоторых регионах танков времен Второй мировой войны или боевая техника, но в этом случае необходимо учитывать не только стоимость поражаемой цели, но и потенциальный вред, который она могла причинить.

Граничным условием БУ БЛА могла бы стать многоразовость БЛА, то есть возможность их возврата в случае, если подходящие для атаки цели не были обнаружены, с целью заправки и повторного использования.

Таким образом, подобные аппараты будут использоваться как для ведения воздушной разведки, так и для нанесения удара по наземным целям. При этом, оператор БУ БЛА может сразу уничтожить цель после ее обнаружения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барражирующие беспилотники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://robotrends.ru/robotopedia/barrazhiruyushie-bespilotniki>. – Дата доступа: 15.11.2021.

2. Ударные беспилотные летательные аппараты и противовоздушная оборона – проблемы и перспективы противостояния [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/331772628_Udarnye_bespilotnye летательные аппараты_i_protiv_ovozdusnaa_oborona_-_problemy_i_perspektivy_protivostoania. – Дата доступа: 15.11.2021.

УДК 358.4

Г.В. Бирич, И.В. Рожков

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ КАРТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Карта – графическое изображение земной поверхности на плоскости. Топографические карты играют исключительно важное значение в авиации. Любой полет без полетной карты запрещен. Полетная карта также является одним из документов воздушной навигации. Операторы беспилотных летательных аппаратов (далее – БЛА) должны уметь готовить полетную карту и пользоваться ею при выполнении управления БЛА.

По назначению авиационные карты подразделяются на полетные, бортовые аэронавигационные, специальные (карты погоды, искусственных препятствий, ориентиров коррекции, часовых поясов, звездного неба, справочные и другие), района заданного объекта, рабочие. По форме представления картографической информации авиационные карты могут быть аналоговыми (бумажными) или электронными (цифровыми картами с визуализацией на видеомониторе).

Общая подготовка полетных и маршрутно-полетных карт включает: обозначение Государственной границы Республики Беларусь, запретных и опасных зон, зон ограничения полетов, внеаэродромных средств радио-технического обеспечения (далее –

РТО) полетов; выделение характерных визуальных и радиолокационных ориентиров, обеспечивающих ведение ориентировки и коррекцию пилотажно-навигационной системы, снятие (определение) и нанесение их координат, выделение основных высот местности и нанесение искусственных препятствий.

Рабочие карты предназначены для сокращения времени, которое отводится лицу, организующему штурманское обеспечение полетов, на подготовку предложений для принятия решения на полеты, личной подготовки к постановке задачи, а также разработки полетных заданий и программ полета. Подготовка рабочей карты включает: обозначение Государственной границы Республики Беларусь; нанесение средств РТО полетов, данных их работы и рабочих областей, заданных объектов (полигонов), опорных ориентиров, аэродромов базирования и запасных аэродромов; нанесение элементов навигационной обстановки в районе полетов ВС; выбор и нанесение ортодромической системы координат.

Для беспилотной авиации в качестве полетной карты в основном используется карта в масштабе 1:200 000.

В качестве основных точек маршрута назначаются ориентиры, имеющие вертикальные размеры, обладающие хорошей визуальной контрастностью.

При прокладке маршрута на карту наносятся контрольные точки маршрута, безопасные высоты для каждого этапа маршрута полета.

Данные для выполнения полетов на малых и предельно малых высотах наносятся на карты крупного масштаба с приложениями (схемы, графики, фотоснимки).

Порядок прокладки маршрута на полетной карте при подготовке к выполнению полетов БЛА:

1. Обвести кружками черного цвета исходный пункт маршрута (далее – ИПМ), промежуточный пункт маршрута (далее – ППМ) и конечный пункт маршрута (далее – КПМ). Диаметр кружков – 8–10 мм.

В качестве ИПМ, как правило, берется аэродром вылета, КПМ – аэродром посадки, ППМ – наиболее характерные ориентиры.

2. Провести на карте черным цветом линию пути (внутри кружков линия пути не проводится).

3. Определить расстояния и заданные магнитные путевые углы между ППМ и записать их рядом с линией заданного пути. Расстояние записывается черным цветом в числителе дроби, а время, потраченное на преодоление данного участка в знаменателе, путевые углы со значком градуса – черным цветом за дробью в квадрате красного цвета. Расстояние учитывается в километрах, а время в минутах.

Магнитные путевые углы указываются на каждом изломе маршрута между контрольными ориентирами и при изменении магнитного склонения более чем на 2° .

4. Отметить на карте магнитные склонения красным цветом в красных кружках. При записи склонения указывается его знак, величина и значок градуса.

5. Обвести черными прямоугольниками командные высоты местности в пределах трассы, а в районе аэродрома – в радиусе 50 км.

Маршрут полета оператор БЛА изучает одновременно с подготовкой полетной карты. Изучение маршрута полета на карте должно дополняться изучением описаний воздушных линий, инструкций по производству полетов на аэродромах, изучением навигационной обстановки, а также использованием сведений операторов, ранее летавших по этому маршруту.

Таким образом, правильное составление полетной карты позволит предотвратить случаи опасного сближения и столкновения БЛА в воздухе, опасного сближения и столкновения БЛА с земной (водной) поверхностью, препятствиями. Качественно подготовленная полетная карта также позволит правильно рассчитать режимы полета БЛА и предотвратить случаи потери ориентировки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Авиационных правил штурманского обеспечения полетов государственной авиации Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление М-ва обороны Респ. Беларусь, 15 нояб. 2004 г., № 67 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: <http://etalonline.by/?type=card®num=w21833597p>. – Дата доступа: 15.11.2021.

УДК 681.51

В.И. Рубинов, И.Е. Ларечнев

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

РАЗРАБОТКА ТИПОВОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫХ И НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Анализ современных военных операций в последние годы показывает возрастающую роль беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в обеспечении разведывательной информацией командования различных видов и родов войск. В настоящее время БПЛА в основном применяются для выполнения задач разведки (включая наблюдение и обнаружение целей), хотя просматривается наращивание усилий для выполнения ряда других задач, включая:

- сбор информации, обеспечивающей принятие политических решений в кризисных ситуациях;
- радио- и радиотехническую разведку;
- радиационную, химическую и биологическую разведку;
- обнаружение мин и минных полей;
- создание помех радио- и радиотехническим средствам противника;
- управление огнем и целеуказание наземной и морской артиллерии;
- нанесение ударов по наземным целям (в перспективе борьба с воздушными целями);
- подавление ПВО противника;
- оценка результатов ударов, нанесенных по противнику;
- противоракетная оборона, включая обнаружение и уничтожение целей;
- ретрансляция сообщений и данных;
- сбор метеорологической информации и др.

Таким образом, беспилотные системы не только дополняют пилотируемые платформы, но и начинают выступать в качестве альтернативы последним. При разработке и создании БПЛА перед конструкторами встает важнейшая проблема по обеспечению системы автоматического управления и разведывательного оборудования точной навигационно-пилотажной информацией. Эти потребители являются достаточно критичными к точности информации, а современные серийные навигационные системы и системы воздушных сигналов (СВС) не удовлетворяют требованиям по точности и массогабаритным показателям. Анализ особенностей конструкции и требований со стороны разведывательного оборудования и системы автоматического управления к точности определения навигационных параметров позволил сформулировать требования к техническим характеристикам навигационного комплекса БПЛА. К таким техническим характеристикам навигационных систем можно отнести [1]: точность; зона действия; помехоустойчивость; скрытность действия; степень автономности.

Выполним разработку ИК ВСНП, который призван обеспечить все бортовые системы БПЛА точной и надежной пилотажно-навигационной информацией. Он включает

в себя бесплатформенную инерциальную навигационную систему на базе волоконно-оптических гироскопов и маятниковых компенсационных акселерометров, приемник СНС, а также магнитный датчик и СВС, реализованную на базе датчиков статического и полного давлений (рисунок 1).

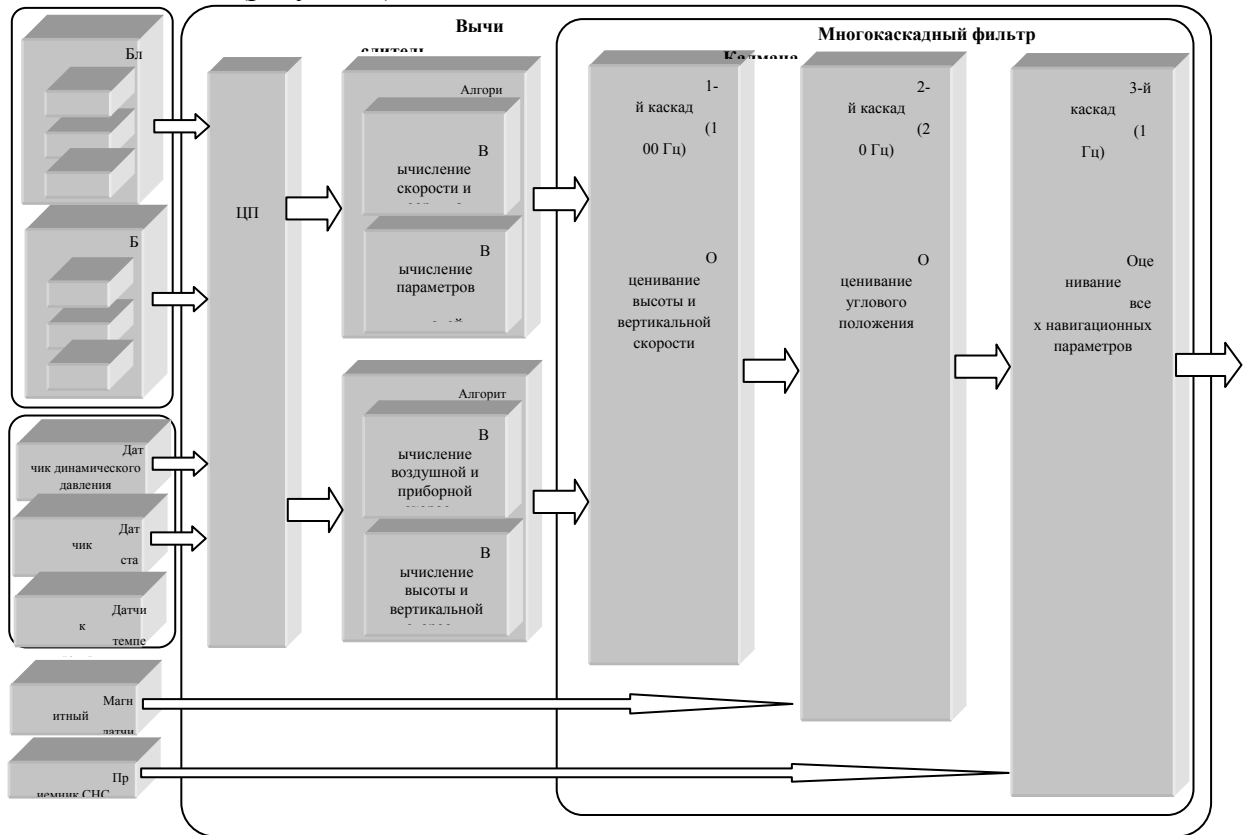


Рисунок 1 – Структурная схема ИК ВСНП

Сигналы акселерометров, гироскопов, датчиков статического и динамического давлений и датчика температуры поступают в аналоговом виде на вход аналого-цифрового преобразователя, на выходе которого формируются соответствующие цифровые коды. Далее эти сигналы поступают на входы алгоритмов, осуществляющих обработку первичной информации. В алгоритме БИНС производится вычисление координат, скоростей и угловой ориентации. В алгоритме СВС производится вычисление воздушной, приборной, вертикальной скорости и высоты. В вычислителе организована фильтрация пилотажно-навигационной информации на основе многокаскадного фильтра Калмана. Многокаскадность фильтра обусловлена различием частот поступления первичной информации. Так,

1-й каскад осуществляет оценку высоты и вертикальной скорости с частотой 100 Гц по сигналам вертикального канала БИНС и СВС,

2-й каскад осуществляет оценку углового положения с частотой 20 Гц по сигналам магнитного датчика и БИНС.

3-й каскад осуществляет оценку всех навигационных параметров с частотой 1 Гц.

Данные частоты обработки обусловлены темпом выдачи сигналов с датчиков.

Предлагаемая архитектура ИК ВСНП была реализована на основе имеющихся датчиков отечественного и зарубежного производства. Особенностью данной конструкции является то, что инерциальные датчики, датчики давления, вычислитель и приемник СНС объединены в единый блок. По объективным причинам антенна спутникового приемника и магнитный датчик вынесены наружу и подключаются к блоку с помощью разъемов.

Экспериментальная проверка работоспособности и точностных возможностей предлагаемого ИК ВСНП показала, что при соответствующей настройке разработанный комплекс в полной мере удовлетворяет требованиям по точности определения основных пилотажно-навигационных параметров, а именно:

- погрешность определения координат составляет $5 \div 25$ м (8 км за 1 час в автономном режиме);
- погрешность определения скорости составляет $0,1 \div 0,25$ м/с;
- погрешность определения ускорений составляет $0,001 \div 0,05$ м/с²;
- погрешность определения углов составляет $0,01 \div 0,1^\circ$ для тангажа и крена и $0,01 \div 0,3^\circ$ для курса;
- погрешность определения угловых скоростей составляет $0,001 \div 0,005$ град/с.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами : сб. ст. / 924 Государственный центр беспилотной авиации МО РФ ; под ред. А. С. Бодрова, С. И. Безденежных. – Коломна : 924 ГЦБА МО РФ, 2016. – 274 с.

УДК 623.746.-519

Д.А. Гаврилюк, Д.В. Ермолик, Н.А. Савчук

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИЕЙ ПРИ ВЕДЕНИИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

По состоянию на весну 2016 года в Сирии была развернута группировка из 70 российских беспилотных авиационных комплексов (далее – БАК), что составляет около 30 комплексов. В декабре 2016 года было сообщено о дополнительной переброске еще трех комплексов для мониторинга ситуации с соблюдением достигнутого к тому времени перемирия между правительственными войсками и оппозицией.

В Сирии были задействованы не только «сухопутные» БАК из состава армейских рот бригадного и дивизионного подчинения. Туда же были отправлены и БАК сформированных в 2013 году флотских эскадрилий БАК, укомплектованных беспилотными летательными аппаратами (далее – БЛА) «Орлан-10» и «Форпост».

Объединенный штаб российской группировки в Сирии сумел успешно применять БАК всех родов войск совместно. Так, флотские БАК использовались для наблюдения за ударами не только флота, но и Военно-космические Силы, а также в интересах наземных группировок союзников и России.

Помимо БЛА «Форпост», наиболее используемым типом БАК был «Орлан-10». Такой вывод можно сделать исходя из фото- и видеосвидетельств с замеченными БАК в Сирии, распространяемых Министерством обороны России видеозаписей, сделанных с БЛА и из известных потерь. Этому не приходится удивляться, так как «Орлан-10» составляют около трети всего парка российских БЛА.

Одновременно в воздухе зачастую находилось по несколько БЛА. Так, при первом боевом применении крылатых ракет «Калибр» с большой дизель-электрической подводной лодки проекта 06363 «Ростов-на-Дону» 8 декабря 2015 года, БЛА одновременно наблюдали пуск четырех ракет из подводного положения, их полет на части маршрута, а также все три цели, по которым они были применены. Это требовало привлечения не менее 4-5 БЛА одновременно только для наблюдения за этим ударом.

Наиболее массовыми задачами для российских БАК в Сирии являлась разведка целей для ударов авиации, оценка урона, корректировка артиллерийского огня сирийской

артиллерии. Последняя задача является сейчас одним из приоритетных направлений использования БЛА в Российской армии. Имеются многочисленные видеокadres наблюдения с БЛА результатов стрельбы как ствольной, так и реактивной артиллерии в Сирии.

В России до внедрения современных БЛА они отсутствовали полностью. На нынешнем этапе появилась возможность корректировать огонь всех типов артиллерии, включая дальнобойные реактивные системы залпового огня «Смерч» и оперативно-тактические ракетные комплексы. Программное обеспечение БАК «Орлан-10» и «Форпост» приспособлено для этой задачи, и они могут быть интегрированы в автоматизированные системы управления огнем артиллерии.

Более тяжелые комплексы «Форпост», оснащенные мощной оптикой, в подавляющем большинстве случаев использовались для наблюдения и контроля ударов по наиболее приоритетным целям. Это позволяло вести скрытое наблюдение со средних высот и расстояния, оставаясь незамеченными [1].

Выполнялись ими и другие задачи, от аэрофотосъемки и 3D-картографирования местности до сопровождения гуманитарных конвоев и поисково-спасательных операций. Так, после того, как вблизи границы с Турцией в горной местности упали обломки сбитого самолета Су-24М2, выживший член экипажа был обнаружен БАК «Орлан-10». Быстрое обнаружение позволило эвакуировать травмированного штурмана с территории, контролируемой вооруженными отрядами оппозиции [2].

Первоначально беспилотные комплексы размещались на авиабазе Хмеймим в Латакии. По мере расширения российского участия в наземной операции они были рассредоточены по территории Сирии. Смешанные подразделения, включающие БЛА «Форпост», требовали взлетно-посадочной полосы, поэтому размещались обычно на авиабазах. В период проведения наступления на восточную часть Алеппо с августа 2016 года одно из таких подразделений было расположено в международном аэропорту Алеппо. Известно также о базировании российских БАК на авиабазе Т-4 недалеко от Пальмиры, где они использовались в боевых действиях против ИГИЛ. Размещение БАК ближе к линии фронта позволяло применять их с большей оперативностью и увеличить время нахождения над целью.

Использование разведывательных БЛА Россией в Сирии оценивается как успешное.

Можно надеяться, что накопленный в Сирии опыт реального боевого применения разведывательных БАК поможет в освоении ударных БАК после поступления их в вооруженные силы России. Они будут интегрироваться в уже имеющуюся обширную инфраструктуру применения беспилотных аппаратов. Это позволит России сократить свое отставание в этой важнейшей сфере.

Первый из российских БЛА был потерян в Сирии 20 июля 2015 года, за два месяца до официального начала военной операции там. Сбитый в горах Латакии БЛА «Элерон-3СВ» состоит на вооружении Сухопутных войск. Он является легким аппаратом тактического звена, применяющимся из боевых порядков и имеющий дальность до 15 километров. Не ясно, был ли он передан сирийским войскам, или же применялся российскими специалистами. Вплоть до настоящего времени не сообщалось, что какие-либо модели российских БЛА передавались сирийским правительственным силам или их союзникам.

Примерно в эти же дни там же был потерян другой российский беспилотный неизвестной модели. Судя по полезной нагрузке, он был предназначен для трехмерного картографирования местности, что могло понадобиться для подготовки к авиационной кампании.

Еще один похожий БЛА был сбит турецкими ВВС при пересечении им границы с Турцией в районе Латакии 16 октября 2015 года, уже после начала российской операции. Несмотря на то, что он имеет характерные для российских военных БЛА окраску

и маркировку, соотнести его с каким-либо из состоящих на вооружении моделей не удалось. Возможно, это была специализированная или экспериментальная модель. То, что в ходе операции были испытаны не только серийные, но и экспериментальные образцы известно из сообщений о применении в Сирии российских БЛА на водородном топливе. Используемый аппарат с альтернативным топливом является всего лишь прототипом и в нынешнем виде не годится к принятию на вооружение. Тем не менее без заинтересованности в нем Министерства обороны его опробование в Сирии вряд ли было возможно. В октябре 2016 года в провинции Латакия также был обнаружен приземлившийся неповрежденным БЛА «Птеро». Он не состоит на вооружении Министерства обороны и является коммерческим образцом, который используется для проведения аэрофотосъемки.

Все остальные потерянные БЛА относятся к хорошо известным разведывательным типам, состоящим на вооружении России. Обращает на себя внимание, что они в большинстве случаев не имели следов боевых повреждений – пулевых и осколочных пробоин. Разрушения были получены от столкновения с землей, а в ряде случаев они обнаружены неповрежденными. Это скорее всего свидетельствует о значительной доле потерь по техническим причинам. Ими обычно являются неполадки с двигателем или бортовой электроникой. Большинство потерянных «Орлан-10» имели сильные следы износа и полевых ремонтов, характерные для интенсивного использования. Известно, что в некоторых случаях они многократно превышали назначенный им ресурс в 100 полетов.

Известные потери российских БЛА в Сирии:

20.07.2015 «Элерон-3СВ» Латакия. Пожар;

20.07.2015 Неизвестный Латакия. Разрушен;

16.10.2015 Неизвестный Турция, рядом с Латакией. Сбит F-16 ВВС Турции;

18.10.2015 «Орлан-10» Северное Алеппо. Не поврежден;

15.12.2015 «Орлан-10» Дагаа. Не поврежден;

02.06.2016 «Орлан-10» Латакия. Разрушен;

02.08.2016 «Орлан-10» Ramouseh, Алеппо. Разрушен;

13.08.2016 «Орлан-10» Хомс. Разрушен;

03.09.2016 «Орлан-10» Восточный Хомс. Разрушен;

23.01.2017 «Орлан-10» Хама. Не поврежден;

24.01.2017 «Гранат-4» Пальмира. Разрушен.

Беспилотные авиационные комплексы все еще остаются довольно новой и непривычной технологией для российской армии. Они стали массово поступать на вооружение лишь в 2013–2014 годах. По результатам сирийской операции, которая продолжается уже свыше полутора лет, БЛА оценены как критически важная военная технология. По словам министра обороны Сергея Шойгу, они «незаменимы в современных конфликтах»

Опыт их применения в Сирии может стать стимулом для появления второго поколения российских разведывательных БЛА и подстегнуть создание ударных моделей всех классов, от легких тактических, до тяжелых 20-тонного класса. Уже анонсировано создание новой модификации «Форпоста», с усовершенствованной «начинкой» и локализацией, которая должна снять зависимость от израильских компонентов и позволить произвести дополнительные комплекты. Кроме того, ведется отбор новых моделей БЛА промежуточного класса между 450-кг «Форпостом» и 18–30 килограммовыми тактическими БЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Блог центра анализа стратегий и технологий [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bmpd.livejournal.com/2587680.html>. – Дата доступа: 10.11.2021.

2. Russian drone [Electronic resource]. – Mode of access: <https://russiandrone.ru/publications/primenenie-bpla-storonami-pri-vedenii-boevykh-deystviy-v-sar>. – Date of access: 10.11.2021.

УДК 629.7.01

А.А. Санько, М.А. Боровик

Белорусская государственная академия авиации

ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

В настоящее время все более широкое применение в гражданской и государственной авиации находят беспилотные авиационные комплексы (БАК). Особенный интерес представляют сверхлегкие БАК, характеризующиеся приемлемыми техническими показателями при невысокой стоимости изделия. В совокупности с полезной нагрузкой БАК, превращается в мощный комплекс мониторинга окружающей среды с возможностью передачи различной информации на наземные пункты управления [1].

Ограниченность размеров и максимального взлетного веса БАК диктует применение для этих целей микро электромеханических систем (МЭМС). Преимуществом таких систем перед, традиционно применяемыми гироскопами является то, что они имеют значительно меньшую массу и габариты и стоят на несколько порядков меньше [2, 3, 4].

БАК в последние годы используются практически во всех сферах деятельности. Например: определение источников пожара, фотографирование, видеосъемка, наблюдение, разведка и т. д.

Особенности аэродинамической компоновки существующих беспилотных авиационных комплексов.

а) С неподвижным крылом: Подъемная сила создается потоком воздуха, набегающего на жесткое крыло. Характерной особенностью является большая скорость, дальностью и высотой полета (рисунок 1).



Рисунок 1 – Proteus (США, Scaled Composites). Есть вариант с пилотом и вариант беспилотный.
Крылья располагаются тандемно

б) С подвижным (гибким) крылом: Моторные парапланера имеют управляемое прямоугольным крылом или эллипсовидным крылом, снабженное мотором находящемся в тележке, воздушным винтом. Достоинство – энергоемкость благодаря которой возможен длительный полет. Недостатки: для взлета БАК требуется ВПП длиной не менее 2 метров, тяжелоуправляемый, так как крыло не жесткое и не крепко связано с БАК, а также зависит от погодных условий (желательно безветренная погода) (рисунок 2).



Рисунок 2 – Беспилотные мотопарапланы фирмы Atair Aerospace

в) Автожиры: В качестве крыльев используется два винта. Один из винтов (передний) обеспечивает горизонтальную стабильность и скорость полета БАК (рисунок 3).



Рисунок 3 – Беспилотный автожир «Химик» (Россия, 2012)

г) Мультикоптеры: Гексакоптеры (см. рисунок 3) и октокоптеры имеют соответственно по 6 и 8 воздушных винтов на отдельных роторах. Преимущества: большая грузоподъемность по сравнению с другими БАК такого типа, при отказе одного из роторов (поломке винта) могут бесприпятственно продолжать полет, а так же благодаря его стабильности качество видеосъемки значительно повышается.

д) С подвижным крылом:

Энтомоптеры: Изготовлен по технологии многослоевого совмещения материалов маленького веса (рисунок 4).

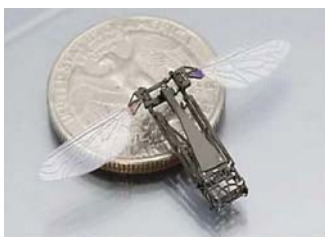


Рисунок 4 – Микро-БПЛА Mabee
(Harvard Microrobotics Lab, США, 2011)

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / В. С. Фетисов и др.; под ред. Фетисова В. С. – Уфа: ФОТОН, 2014. – 217 с.
2. Шахнович, И. С. МЭМС гироскопы: единство выбора / И. С. Шахнович // ЭЛЕКТРОНИКА : НТБ. – 2007. – № 1. – С. 76–85.
3. Сафронов, А. А. Малогабаритные пьезоэлектрические вибрационные гироскопы: особенности и области применения / А. А. Сафронов // ЭЛЕКТРОНИКА : НТБ. – 2006. – № 8. – С. 62–64.

УДК 629.7.01

А.А. Санько, Д.С. Ерш, М.А. Боровик

*Белорусская государственная академия авиации***ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ
ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ НАВИГАЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ,
ОСНОВАННЫХ НА МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ**

Для малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) широкое распространение получили бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС) на основе микроэлектромеханических датчиков – акселерометров и датчиков угловой скорости. Преимуществом таких датчиков перед традиционно применяемыми гироскопами является то, что они имеют значительно меньшие массу, габариты и стоимость. Однако микроэлектромеханические датчики (МЭМС) обладают и существенными недостатками, связанными с высоким уровнем внутренних шумов. Погрешности микроэлектромеханических датчиков разделяются на систематические и случайные [1]. Систематические погрешности, как правило, оцениваются при калибровке и компенсируются в процессе функционирования системы. Для снижения уровня случайных погрешностей МЭМС датчиков применяются различные фильтры [1, 2, 3, 4]. Выбор типа и параметров фильтра, является трудной задачей и зависит от знания априорной информации об интенсивности шума измерения и законов распределения случайных величин выходных сигналов датчиков на различных режимах работы БЛА [1].

Для решения поставленной задачи, в качестве инерциально-измерительного блока был использован датчик GY-91, выполненный по МЭМС технологии и имеющий инерциально-измерительный блок, состоящий из трех ортогонально расположенных: измерителя угловой скорости, акселерометра, магнитометра и одноканального барометра. В качестве связанной системы координат блока чувствительных элементов БИНС была выбрана правая ортогональная система координат. Информацию, поступающую с GY-91 (рисунок 1, 2), обрабатывает микроконтроллер ATMEGA328P фирмы Atmel. Параметры датчиков: диапазон регистрируемой перегрузки: $\pm 4g$; угловой скорости ± 250 °/с.

Место установки датчика GY-91 на БЛА, представлено на рисунке 1. Комплексный испытательный стенд (УПГ-56 и КПА-5) на рисунке 2. Платформа стенд ориентируется относительно плоскостей горизонта и меридиана, может вращаться на заданные углы.



Рисунок 1 – Место установки датчика GY-91 на БЛА

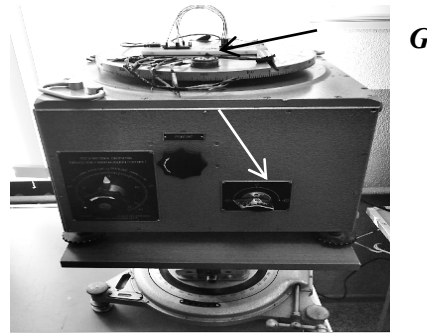


Рисунок 2 – Комплексный испытательный стенд

Результаты исследования. Параметры законов распределения величины перегрузки по оси нормальной к поверхности Земли, при угловой скорости $\omega_y = 0$ – Вейбуловское, по остальным осям Гамбеловское (рисунок 3).

Среднеквадратическое отклонение (СКО) угла тангажа – ϑ растет с увеличением угловой скорости ω_z по зависимости 2-го порядка (1), по углу γ аналогично:

$$\sigma_{\vartheta} = -8e-05\omega_z^2 + 0,0594 \omega_z + 1,6332 \quad (1)$$

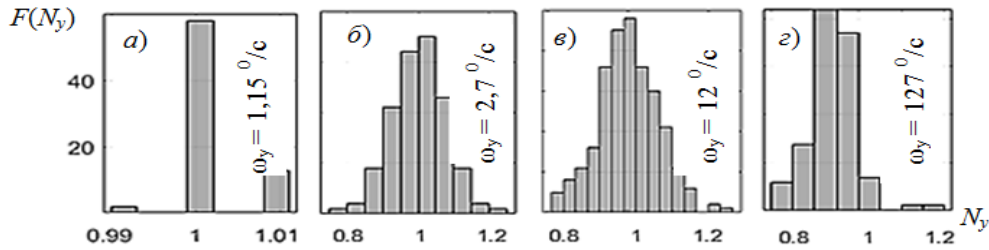


Рисунок 3 – Гистограмма значений вертикальной перегрузки, при $\omega_y \neq 0$:
a – вейбуловское; *б, в, з* – нормальное распределение

С ростом угловой скорости ее СКО, уменьшается по экспоненциальному закону (2) и рисунке 4.

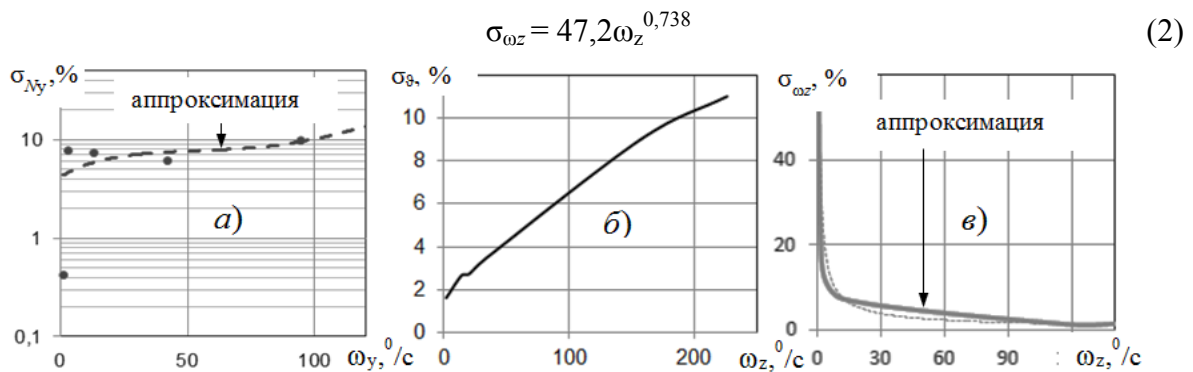


Рисунок 4 – Зависимости: *a* – $\sigma_{N_y} = f(\omega_y)$; *б* – $\sigma_{\vartheta} = f(\omega_z)$; *в* – $\sigma_{\omega_z} = f(\omega_z)$

При увеличении угловой скорости ω_z , распределение случайной величины ϑ подчиняется нормальному закону распределения, при $\omega_z = 0$ – логнормальному (рисунок 5).

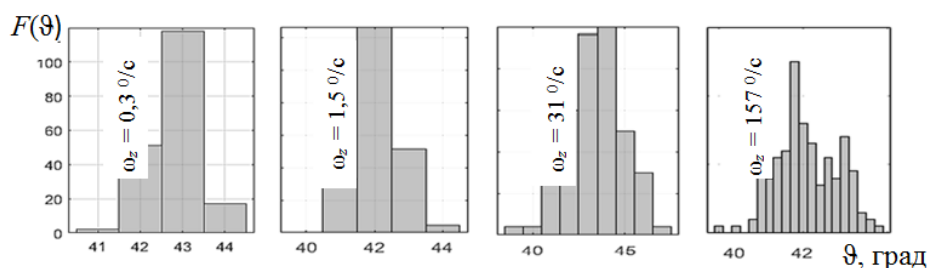


Рисунок 5 – Гистограмма значений угла θ , при $\omega_z \neq 0$:
 a – логнормальное; \bar{b} , v , z – нормальное распределение

На рисунке 6 представлены гистограммы и функции плотности распределения угловой скорости объекта, при $\omega_z = 0$ и $\omega_z \neq 0$ при $\theta \approx 0$, $\gamma \approx 0$.

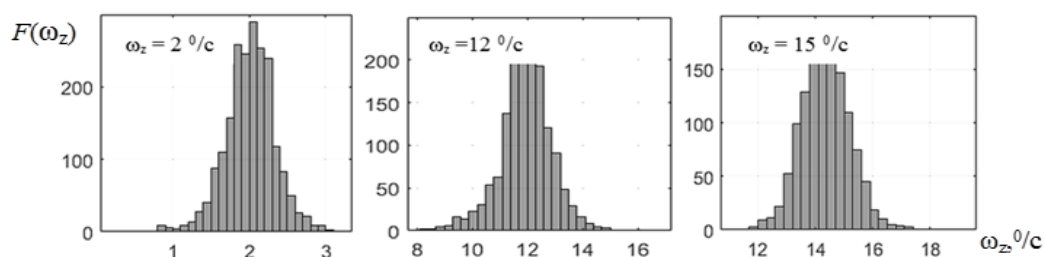


Рисунок 6 – Значение функции плотности распределения угловой скорости ω_z

Как видно из рисунка 6, распределение случайной составляющей сигнала угловой скорости объекта, подчиняется нормальному закону распределения.

Полученные результаты рекомендуется использовать для:

- калибровки навигационных датчиков;
- выбора алгоритма фильтрации навигационных параметров;
- для алгоритмического обеспечения навигационных систем БЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Малкин, В. А. Адаптивные фильтры сглаживания сигналов датчиков в системах микроавионики / В. А. Малкин // Приборы и методы измерений. – 2012. – № 1 (4). – С. 11–15.
2. Николаев, С. Г. Калибровка бесплатформенных инерциальных навигационных систем по выходным сигналам модели ошибок / С. Г. Николаев, Ю. В. Ившина // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. – 2014. – № 4 (200). – С. 95–105.
3. Голубев, В. Д. Фильтрация случайных помех выходного сигнала для земановских лазерных гироскопов в процессе технологических испытаний / В. Д. Голубев, А. О. Синельников // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2018. – Вып. 5. – С. 98–103.
4. Вопросы применения микромеханических гироскопов для космических проектов / Г. А. Аванесов [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2013. – Т. 10, № 4. – С. 51–63.

УДК 629.7.01

А.А. Санько, Д.С. Дмитрачков, Д.С. Ерш

Белорусская государственная академия авиации

ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТЬ ПРИЗЕМЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПО-САМОЛЕТНОМУ С ПОМОЩЬЮ ШАССИ

Беспилотные летательные аппараты широко применяются при выполнении различного рода задач, связанных с мониторингом земной поверхности, природных зон или зон населенных пунктов [1, 2, 3]. Полет в указанном режиме осуществляется, как правило, на постоянной высоте и на значительных расстояниях от точки взлета.

Посадка является неотъемлемым этапом применения любого многоразового беспилотного летательного аппарата (БЛА) независимо от его функционального назначения. Этот этап характеризуется высоким уровнем сложности технической реализации и во многом определяет такие важные характеристики беспилотного комплекса, как допустимые условия применения, гибкость, мобильность, маневренность, автономность, всепогодность, оперативность повторного применения. Поэтому поиск и разработка новых способов, схем и средств посадки БЛА является одной из наиболее актуальных задач, от успешного решения которой, в конечном счете, зависит расширение области применения БЛА и развитие беспилотной авиации в целом [4].

Все известные способы посадки БЛА могут быть сведены к следующим основным схемам:

- посадка по-самолетному (на взлетно-посадочную полосу);
- посадка по-вертолетному (на площадку);
- посадка с использованием парашюта;
- посадка в улавливающее устройство.

Рассмотрим два основных способа посадки для БЛА: посадка по-самолетному, посадка с использованием парашюта.

Способ посадки БЛА с применением парашютной системы, включающий снижение скорости БЛА, сброс с него отделяемой части, раскрытие парашюта и последовательное приземление отделяемой части и самого БЛА, отличающийся тем, что при раскрытии парашюта с подвесной системой для БЛА с него сбрасывают установленное на свободном конце посадочного фала якорное устройство, с помощью которого разворачивают фал вниз и производят его якорение на месте посадки при приземлении, переводят связку БЛА с парашютом в режим снижения привязного аэродинамического носителя, при этом поддерживают натяжение посадочного фала и стабилизируют взаимоположение с ним БЛА и парашюта до и после приземления.

Посадка по-самолетному может производиться в случаях, когда невозможно выполнить зависание из-за недостатка мощности двигателей (при выполнении полетов на высокогорных аэродромах, в условиях высоких температур наружного воздуха), и в учебных целях. Посадка должна производиться на аэродром или предварительно проверенную ровную площадку при наличии безопасного подхода.

Оба вида посадки являются многоразовыми, но условия для выполнения посадки тем или иным способом разные. Несомненным плюсом посадки с помощью парашюта является то, что нет потребности в специально подготовленной местности либо площадке. Посадка по-самолетному требует специально подготовленный участок местности, но несомненным плюсом данного типа посадки является отсутствие ограничения по массе БЛА.

Система, обеспечивающая посадку по парашютному устанавливается внутри корпуса БЛА и никаким образом не влияет на аэродинамические характеристики и сопротивление, чего не скажешь о шасси. Шасси могут быть как статичными, так и

складывающимися, но остается вопрос об общей массе механизмов, обеспечивающих посадку.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Каримов, А. Х. Возможности беспилотных авиационных систем следующего / А. Х. Каримов // Труды МАИ. 2015. – Вып. 47. – С. 11.
2. Павлушенко, М. А. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития / М. А. Павлушенко, Г. В. Ефстафьев. – М. : Права человека, 2005. – 612 с.
3. Попов, В. А. Развитие направления беспилотных летательных аппаратов за рубежом / В. А. Попов, Д. В. Федутин. – М. : ФГУП «ГосНИИАС», 2014. – 11 с.

УДК 629.7.01 + 629.7.07

А.А. Санько, Г.Ш. Туганов, Д.С. Дмитрачков

Белорусская государственная академия авиации

ОБРАБОТКА И РЕГИСТРАЦИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ МОДУЛЯ GY-91 И МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ARDUINO

В настоящее время все более широкое применение в гражданской и военной авиации находят беспилотные летательные аппараты (БЛА). Особенный интерес представляют сверхлегкие БЛА, характеризующиеся приемлемыми техническими показателями при невысокой стоимости изделия. В совокупности с полезной нагрузкой БЛА, превращается в мощный комплекс мониторинга окружающей среды с возможностью передачи различной информации на наземные пункты управления [1].

Ограниченность размеров и максимального взлетного веса БЛА диктует применение для этих целей микроэлектромеханических систем (МЭМС). Преимуществом таких систем перед, традиционно применяемыми гироскопами является то, что они имеют значительно меньшую массу и габариты и стоят на несколько порядков меньше [2, 3, 4].

В настоящей работе предложен вариант построения МЭМС навигационной системы, которая может быть использована в качестве навигационной системы сверхлегкого БЛА для информационного обеспечения пространственной стабилизации полета, определения высоты и местоположения беспилотного летательного аппарата.

В качестве информационной основы предлагаемой навигационной системы используется модуль GY-91. Данный модуль представляет собой микроэлектромеханическую систему, состоящую из следующего набора независимых датчиков: – 3-осевой гироскоп и 3-осевой датчик акселерометр, – 3-осевой датчик магнитного поля и 3-осевой компас на базе МЭМС (MPU-9250), – датчик давления воздуха (барометр) на базе МЭМС MP280. Данные модули славятся низкой стоимостью, высокой точностью измерений (лучшие в своем классе) и высокой энергоэффективностью [5]. Цифровые выходы всех датчиков данного модуля объединяются через последовательный синхронный адресный порт I2C, преимуществом которого является возможность передавать данные от разных систем по локальной шине всего из двух линий.

В качестве вычислителя используется микропроцессорная система ARDUINO NANO на базе микроконтроллера ATMEGA328P фирмы Atmel. Особенностью разработанной системы является использование в ARDUINO NANO различных алгоритмов фильтрации информации, поступающей от навигационных датчиков в зависимости от режима работы БЛА (режим «Земля», режим «Полет»). В качестве устройства записи используется адаптер карт SD. Внешний вид полученной

навигационной системы, собранной с использованием ARDUINO NANO, SD и GY-91, показан на рисунке 1. Результаты записи и обработки навигационных параметров представлены на рисунке 2.



Рисунок 1 – Внешний вид полученной навигационной системы, собранной с использованием ARDUINO NANO, SD и GY-91

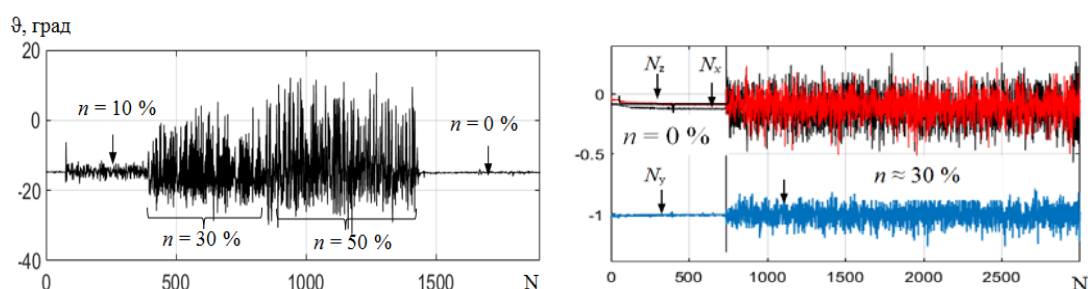


Рисунок 2 – Значения угла тангажа и перегрузки по трем осям при различных оборотах винта БЛА

Таким образом, в настоящей работе предложен вариант построения системы обработка и регистрация навигационных параметров для БЛА на основе МЭМС модуля GY-91 и микропроцессорной системы ARDUINO. Проведенные исследования показали работоспособность предложенной системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние / под ред. В. С. Фетисова. – Уфа : ФОТОН, 2014. – 217 с.
2. Шахнович, И. С. МЭМС гироскопы: единство выбора / И. С. Шахнович // ЭЛЕКТРОНИКА : НТБ. – 2007. – № 1. – С. 76–85.
3. Сафронов, А. А. Малогабаритные пьезоэлектрические вибрационные гироскопы: особенности и области применения / А. А. Сафронов // ЭЛЕКТРОНИКА : НТБ. – 2006. – № 8. – С. 62–64.
4. Капля, В. И. Калибровка трехосного акселерометра по данным ряда измерений различной ориентацией [Электронный ресурс] / В. И. Капля, И. В. Савицкий, Д. А. Мاستиков // Инженерный вестник Дона, 2007–2018. Инженерный вестник Дона, № 2 (2018). – Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n2y2018/4963.

УДК 623

Ю.И. Семак

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАЛОРАЗМЕРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Беспилотные авиационные комплексы (БАК) и роботизированные системы, позиционирующиеся в классе техники «летающие роботы», а также все, что связано с их разработкой, производством, эксплуатацией и утилизацией в подавляющем объеме мероприятий и различных видов работ относятся к сфере технологий «Индустрии 4.0». Вполне очевидно, что практически все основные виды деятельности субъектов хозяйствования Беларуси в данной сфере охвачены процессами дигитализации в контексте построения IT-страны, а цифровые преобразования – один из главных факторов мирового экономического роста [1].

В современных условиях, по мнению авторитетных экспертов, успех на рынке «летающих роботов» немислим вне CALS-технологий. CALS-технологии (Continuous Acquisition and Life cycle Support – непрерывная информационная поддержка поставок и жизненного цикла изделий) или ИПИ (информационная поддержка изделий) представляют собой информационные технологии поддержки процессов жизненного цикла изделий. Существует множество реализаций информационных систем поддержки и управления жизненным циклом продукции. В основном своем большинстве они акцентированы на парадигме системного подхода (структурно-функционального) [2]. Однако современная парадигма управления в большей степени акцентируется на процессном подходе. Так многолетняя практика показывает, что весьма часто один из ключевых аспектов договорных отношений «продавец-покупатель» БАК составляют вопросы «интегративной» стоимости продукции, учитывающей полную группу издержек на протяжении всего жизненного цикла объекта. И здесь уже стратегии поведения на основе критерия среднего риска недостаточно. Успех торговой сделки напрямую зависит от гибкости, оперативности, адекватности и точности решения «продавца», принимающего решения по специфическим сторонам данных вопросов. Поэтому необходим уникальный «инструментарий» убедительной аргументации достоинств товара.

Как правило, при выборе БАК во внимание берется начальная стоимость покупки, а последующие расходы на эксплуатацию, техническое обслуживание и ремонты не учитываются. Практика показывает, что доля последующих расходов может составлять до 70 % от всей суммы расходов.

С привлечением Life Cycle Cost (LCC) – анализа стоимости жизненного цикла (ЖЦ) вычисляется стоимость системы (БАК) на протяжении срока службы. Данный метод пригоден для инвестиционных проектов, а также сравнительной оценки вариантов решений и ранжирования альтернатив. LCC разработан в 1960-х годах Министерством обороны США, как средство подготовки принятия экономических решений для различных проектов. Отечественным аналогом LCC является технико-экономический расчет. Техничко-экономический расчет позволяет получить количественные оценки «выходного эффекта» от внедрения БАК путем соотнесения затрат, доходов и рисков, хотя и не относится к средствам принятия экономических решений.

Таким «инструментарием» может служить система информационной поддержки стоимости жизненного цикла (СИПС ЖЦ) продукции, построенная на парадигме процессного подхода. По своей сущности расчет стоимости жизненного цикла – процесс проведения экономического анализа для оценки стоимости БАК относительно всего его жизненного цикла или его части с целью принятия управленческого решения. Система информационной поддержки автоматизирована. Вполне очевидно, что традиционные

формы подготовки решений не могут конкурировать с информационными системами поддержки и принятия решения. Особенно это актуально при создании и торговых сделках по уникальным технологиям, различным видам услуг и работ.

Во всех экономиках и бизнесе ведущих государств (США, Китай, Япония, Германия и др.) уделяется особое внимание разработке и внедрению продуктов типа CALS-технологии. К продуктам мирового уровня принадлежат SAP (Германия) и Oracle (США). Поддерживать данные тенденции стремятся Республика Беларусь

Разрабатываемые СИПС ЖЦ ориентируют на парадигмы ситуационного управления и процессного подхода. Кроме того, СИПС ЖЦ может быть организована и в рамках так называемой PLM-системы (product lifecycle management), представляющей собой прикладное программное обеспечение для управления жизненным циклом продукции. Модульный принцип организации позволяет внедрять PLM-системы поэтапно, последовательно вводя в эксплуатацию один или несколько функциональных модулей: финансы, персонал, операции, производство и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия «Наука и технологии: 2018–2040» [Электронный ресурс]. – Минск : Национальная академия наук Беларуси, 2018. – 44 с. – Режим доступа: https://nasb.gov.by/congress2/strategy_2018-2040.pdf. – Дата доступа: 12.11.2021.

2. Менеджмент надежности. Часть 3-3. Руководство по применению. Расчет стоимости жизненного цикла : СТБ ИЕС60300-3-3-2020/ГОСТ Р 58302–2018. – Вед. 01.06.2019. – Минск : Госстандарт, 2019. – 35 с.

УДК 623.462.124

А.Я. Сенько, Е.С. Алейникова

*Республиканское производственное унитарное предприятие
«Завод точной электромеханики»*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЯЕМЫХ РЕАКТИВНЫХ СНАРЯДОВ

Управляемые реактивные снаряды (УРС) – одна из наиболее перспективных ветвей развития высокоточного оружия. Данная технология имеет ряд преимуществ, среди которых возможность поражения цели меньшим количеством снарядов, уменьшение вероятности повреждения невоенных объектов, снижение требований к средствам обеспечения и подготовки стрельбы, возможность одновременного обстрела разнесенных объектов поражения. В качестве недостатков УРС отмечают относительно высокую стоимость, меньшая полезная нагрузка и надежность, возможность снижения точности наведения из-за воздействия радиоэлектронных помех.

Тем не менее УРС имеют существенные преимущества по сравнению с традиционными средствами поражения. Поэтому номенклатура УРС, разрабатываемых и принятых на вооружения в различных странах, непрерывно растет. Первый УРС, который был разработан и принят на вооружение в США, стал 237 мм УРС для реактивной системы залпового огня GMLRS. В качестве наиболее известных УРС можно отметить следующие: EXTRA, AccuLAR (Израиль), ТОРНАДО-С (РФ), А-100, А-200, А-300, King Dragon (КНР), TRG-122 (Турция), AV-SS-40G (Бразилия).

Некоторые страны, как, например, Украина, идут по пути модернизации корректируемых РС до уровня УРС («Ольха-М», Украина).

Развитие и расширение номенклатуры УРС требует пересмотра подходов к оценке эффективности реактивной системы залпового огня (РСЗО). При работе по одиночным целям УРС имеют неоспоримое преимущество перед РС. При работе по групповым целям УРС известные методики оценки эффективности РСЗО с РС требуют пересмотра.

Рассмотрению подходов к оценке эффективности РСЗО с УРС при поражении групповых объектов посвящен данный доклад.

В докладе рассмотрен подход к оценке эффективности поражения групповых целей на примере залпа 122 мм вращающихся реактивных снарядов ХХ-15 и УРС типа ХХ-22 производства КНР.

Основные показатели и способ определения эффективности залпа РСЗО.

Показателем эффективности стрельбы по групповой цели является математическое ожидание числа (относительного числа или процента) пораженных отдельных целей из состава групповой цели [1].

На практике, как правило, не известно ни общее число отдельных целей, ни их расположение в составе групповой цели, поэтому оценку эффективности стрельбы по групповой цели производят с учетом следующих допущений: в состав групповой цели входит ряд равноуязвимых отдельных целей, равномерно распределенных по всей площади групповой цели. Это означает, что поражающее действие боеприпасов по отдельным целям характеризуется одной и той же приведенной зоной поражения и отдельная цель может находиться в любой точке площади групповой цели с равной вероятностью. Отсюда задача оценки эффективности стрельбы по групповой цели сводится к оценке эффективности стрельбы по отдельной цели, которая может находиться в любой точке площади групповой цели.

При этом законы случайных значений отклонений залпа и снарядов принимаются нормальными. Опыт и теоретически доказано, что все ошибки, сопровождающие стрельбу РСЗО подчиняются нормальному закону.

Учитывая, что стрельба РС сопровождается двумя группами ошибок: случайными повторяющимися для всех выстрелов ошибками подготовки и случайными неповторяющимися ошибками рассеивания РС предлагается использовать математический аппарат, в основе которого лежит уравнение эллиптического параболоида [1; 2, с. 163].

Определение характеристик рассеивания и срединных ошибок подготовки данных при стрельбе неуправляемыми реактивными снарядами.

Для определения характеристик рассеивания и срединных ошибок подготовки данных для стрельбы и наведения боевой машины (БМ), использовались данные таблицы стрельбы.

Для определения срединных ошибок дальности и направления, необходимых для оценки математического ожидания относительного числа пораженных отдельных целей из состава групповой, используются характеристики точности отдельных источников ошибок при определении установок способом полной подготовки.

В докладе приводится пример определения срединной ошибки по дальности и направлению.

Особенности определения характеристик рассеивания и срединных ошибок подготовки данных при стрельбе управляемыми (корректируемыми) реактивными снарядами (систематических отклонений)

Ошибки рассеивания, управляемого (корректируемого) реактивного снаряда по дальности (V_d), по направлению (V_n) имеют следующие источники:

- погрешности изготовления конкретного РС, допустимое отклонение аэродинамической формы, массовых и инерциальных характеристик;
- влияние атмосферных возмущений – порывов ветра и отклонения плотности атмосферы от стандартной;
- дрейф нулей, флуктуационные и динамические ошибки датчиков линейных ускорений и датчиков угловых скоростей;
- постановка помех спутниковой радионавигационной системы (СРНС), продолжительное отсутствие коррекции бесплатформенной инерциально-навигационной системы (БИНС);

– погрешности юстировки аэродинамических рулей, различная точность и динамика отработки управляющих воздействий.

Срединные ошибки наведения по дальности (E_D), направлению (E_H) управляемого (корректируемого) реактивного снаряда имеют следующие источники:

- определение координат и высоты цели;
- определение координат и азимута начальной выставки БИНС;
- определение координат и скорости приемником СРНС на борту РС в полете;
- методические ошибки и допущения алгоритма БИНС и управления;
- инструментальные ошибки элементов системы управления.

По результатам расчетов видно, что для корректируемого реактивного снаряда при одной и той же относительной дальности стрельбы ошибки рассеивания по дальности B_D будут в 3,75 раза меньше, а ошибки рассеивания по направлению B_H – в 3,125 раза меньше, чем для РС. Основную часть срединной ошибки наведения по дальности E_D для корректируемого РС будут составлять ошибки определения координат и высоты БМ и цели, а также азимута начальной выставки БИНС (аналог ошибки ориентирования БМ). Остальные слагаемые ошибки при наличии коррекции БИНС не значительны и парируются системой управления в процессе полета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балаганский, И. А. Действие средств поражения и боеприпасов : учебник / И. А. Балаганский, Л. А. Мерзневский. – Новосибирск : Изд-во НГТУ, 2004. – 408 с.
2. Действие артиллерийских боеприпасов / П. Н. Дерябин [и др.]. – Пенза : ПАИИ, 2004. – 247 с.

УДК 623.746

С.В. Синявская, М.А. Курашевич, Д.А. Павлов

Белорусская государственная академия авиации

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Развитие беспилотной авиации не стоит на месте. Одним из первых разведывательных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) однократного использования Ла-17Р стоял на вооружении в СССР.

Ла-17Р предназначен для ведения разведки, он более известен как «Изделие 204» – разведывательный вариант Ла-17М, использовавшийся в качестве самолета-мишени [1, 2].

Разработка Ла-17Р началась в 1959 году. За основу была взята летающая мишень

Ла-17М (изделие 203), созданное в 1953 году. Первый полет. БЛА совершился в 1963 году. Совместные испытания завершились в конце июля 1963 года, их проводили представители заказчика и промышленности. Испытания показали, что Ла-17Р, летая на высоте до 900 м, способна осуществлять фоторазведку объектов, находящихся на удалении 50–60 км от стартовой позиции, а с высоты 7000 м – объектов на удалении до 200 км. Скорость полета составляла 680–885 км/ч.

В 1963 году завод № 475 изготовил 20 машин. Серийное производство было развернуто на Смоленском авиационном заводе. Машина стояла на вооружении до начала 1970-х годов, случаи ее применения в боевой обстановке неизвестны. Впоследствии был разработан модернизированный вариант разведчика Ла-17РМ (изделие «204М»). Он отличался парашютной посадкой и увеличенной дальностью полета.

Расчетная дальность разведчика, предназначенного для полетов на высотах до 7 км, превышала 170 км, что при ясной погоде позволяло заглянуть не только на позиции передовых войск противника, но и на его ближние тылы. Радиус виража находился в

пределах 5,4–8,5 км при крене около 40° угловой скорости 1,6–2,6 рад/с. Дальность планирования с высоты от 7 до 56 км [3].

Со второй половины шестидесятых годов совершенствование обоих вариантов Ла-17 велось в конструкторском бюро (БК) спортивной авиации в Казани. К началу 1980-х гг. на смену устаревшим Ла-17Р и Ла-17РМ стали поступать современные ВР-2 и ВР-3 [4].

Разведчики Ла-17Р поставлялись в Сирию под обозначением УР-1.

Таблица 1 – Летно-технические характеристики Ла-17Р

Модификация	Ла-17Р	Ла-17РМ
Размах крыла, м	7,50	7,50
Длина, м	8,98	8,98
Высота, м	2,98	2,98
Масса, кг	3 100	3 100
Тип двигателя	1 ТРД РД-9БР	1 ТРД Р-11К-300
Максимальная скорость, км/ч	750–900	900
Дальность действия, км	260	400
Практический потолок, м	7 000	15 000
Минимальная высота полета, м	100	600

В Республике Беларусь, Российской Федерации, США и других зарубежных странах беспилотные авиационные комплексы применяются в интересах Вооруженных Сил. Практически ни одно учение не обходится без участия БЛА, они играют основные роли в театре современных боевых действий: ведут воздушную разведку с целью корректировки огня артиллерии, поиска диверсионных групп и выполняют другие задачи.

В Республике Беларусь на вооружение пришли новые, модернизированные БЛА: «Бусел» и его модификации: «Бусел М», «Бусел М40», «Бусел М50». Они относятся к классу «мини» с дальностью применения от 20 до 70 км в зависимости от установленной целевой нагрузки, способны осуществлять фото-, видео-, инфракрасную или мультиспектральную съемку с помощью оптических систем, установленных на гиросtabilизированной платформе, в светлое и темное время суток, использовать их для обнаружения чрезвычайных ситуаций, контроля состояния территорий, контроля государственной границы.

Таблица 2 – Летно-технические параметры БЛА «Бусел»

Параметр	«Бусел М»	«Бусел М40»	«Бусел М50»
Силовая установка	Два электродвигателя		
Максимальная взлетная масса, кг	до 10	до 12	до 14
Полный размах крыла, мм	2335	2750	3470

Продолжение таблицы 2

Продолжительность полета, мин	до 70	до 120	до 150
Диапазон скоростей полета, км/ч	60–120	60–110	60–100
Максимальная высота полета, м	до 3000	до 4500	до 5000
Максимальный радиус применения, км	30	50	70
Целевая нагрузка	ТВ, фото-, ИК или мультиспектральная камера на гиросtabilизированной платформе; нестабилизированная видеокамера высокого разрешения		
Пилотажно-навигационный комплекс	GPS, GLONASS и система автоматического управления		
Способ старта/посадки	С руки или при помощи катапульты/парашют		

Основными достоинствами современных БЛА являются:

- улучшенные летно-технические характеристики (ЛТХ);
- исключение потерь личного состава в ходе боевых действий;
- возможность достижения тех же целей при меньших затратах;
- низкие демаскирующие признаки;
- высокая маневренность;
- большая живучесть, которая обеспечивается малыми геометрическими размерами, низким уровнем шума и камуфляжной окраской.

В итоге следует отметить, что в Вооруженных Силах Республики Беларусь находят широкое применение современные системы и комплексы БЛА, имеющие большие потенциальные возможности для применения в широкомасштабных войнах, локальных конфликтах и миротворческих операциях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Радиотехническое оборудование летательных аппаратов : учеб. для подготовки офицеров запаса по профилю ВВС / Г. А. Бузыкин [и др.] ; под общ. ред. к.т.н. Б. А. Михайлова. – М. : Воен. издат. МО СССР, 1971. – 464 с.
2. Василин, Н. Я. Беспилотные летательные аппараты / Н. Я. Василин. – Минск : ООО «Попурри», 2003. – 272 с.
3. Беспилотные летательные аппараты. Состояние и развитие / Г. П. Дремлюга [и др.] ; под ред. Ю. Л. Иванова. – М. : ЛА «Варяг», 2004. – 69 с.
4. ЛА-17Р [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://airwar.ru/enc/bpla/la17r.html>. – Дата доступа: 10.11.2021.
5. Беспилотный летательный аппарат Бусел М [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bte.by/katalog/aviatsionnaya-tekhnika/vertolety/bespilotnyy-letatelnyy-apparat-busel-m.html>. – Дата доступа: 16.11.2021.

УДК 321.311.243

В.Н. Степаненко, А.Е. Синкевич, С.Д. Юхневич

Белорусская государственная академия авиации, Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны, Минский аэроклуб имени дважды Героя Советского Союза С.И. Грицевца

ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ГЕЛИОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЗАМКНУТЫМ ГАЗОЖИДКОСТНЫМ ЦИКЛОМ ДЛЯ НУЖД БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ

В настоящей работе показан подход к теоретическому обоснованию термодинамического цикла высокоэффективной экологичной гелиотермальной энергетической установки (далее – ГТЭУ), обеспечивающей прямое преобразование тепловой энергии солнечного излучения в энергию механического движения. Общему описанию такой установки посвящены работы [1, 2]. Краткая характеристика конструкции ГТЭУ приведена ниже.

В качестве главных рабочих элементов предлагаются металлические сильфоны, герметизированные и заправленные рабочим телом (теплоносителем). ГТЭУ будет состоять из двух зон: горячей и холодной. В горячей зоне сильфоны будут нагреваться солнечным излучением, а рабочее тело внутри них – испаряться при возрастании температуры. Под действием силы давления пара рабочего тела на торцы сильфонов рабочие элементы в горячей зоне будут удлиняться. В холодной зоне сильфоны, закрытые от солнечного излучения, будут охлаждаться, а рабочее тело внутри них – конденсироваться. Следовательно, в холодной зоне ГТЭУ охлаждаемые сильфоны будут сжиматься. При этом и у удлиняющегося, и у сжимающегося сильфона перемещаться будет только один торец, а второй останется неподвижным. Это будет достигнуто с помощью специально разработанной направляющей поверхности, на которой будут находиться рабочие элементы ГТЭУ, и устройствами, обеспечивающими сцепление торцов сильфонов с этой поверхностью. Таким образом, будет реализовано одностороннее движение рабочих элементов по направляющей поверхности. При движении элементы будут совершать работу, и передавать ее, например, на вал привода электрогенератора, насоса или иного механизма. Наглядно один из вариантов предполагаемого устройства ГТЭУ представлен на рисунке 1.

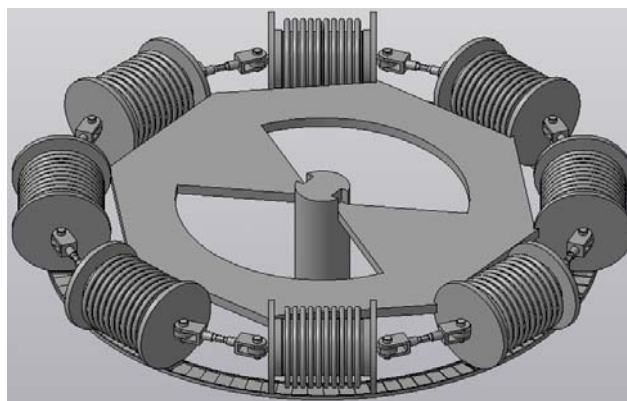


Рисунок 1 – Вариант предполагаемого устройства ГТЭУ

Перспективность разработки такой установки обуславливается эффективностью рабочего цикла и высокими теплофизическими свойствами выбранного теплоносителя.

Как было отмечено выше, работа такой установки будет осуществляться по газожидкостному циклу: в холодной зоне газообразное рабочее тело будет преобразовываться в жидкую фазу, а в горячей зоне жидкое рабочее тело будет

переходить в газообразное состояние. Такой принцип позволит достичь максимального перепада внутреннего давления в нагретых и охлажденных рабочих элементах ГТЭУ, и, соответственно, их перемещения по направляющей поверхности в течение рабочего цикла.

Рабочий цикл элемента ГТЭУ будет определяться как совокупность процессов удлинения сальфона при нагреве и сжатия при охлаждении.

КПД рабочего цикла установки рассчитывается по формуле:

$$\eta_{\text{ц}} = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{затр}}},$$

где $A_{\text{пол}}$ – полезная работа элементов ГТЭУ – определяется как

$$A_{\text{пол}} = A_{\text{н}} + A_{\text{о}},$$

где $A_{\text{н}}$ – работа, совершаемая элементом при нагреве, $A_{\text{о}}$ – работа, совершаемая элементом при охлаждении. Значения этих величин будут определяться по следующим формулам:

$$A_{\text{н}} = P_{\text{пд}} \cdot \Delta x_{\text{п}},$$

где $P_{\text{пд}}$ – равнодействующая сила, действующая на передний торец сальфона при нагревании, $\Delta x_{\text{п}}$ – полный рабочий ход сальфона (характеристика выбранной марки сальфона).

$$P_{\text{пд}} = P_{\text{полн}} - P_{\text{атм}} - P_{\text{упр}},$$

где $P_{\text{полн}}$ – сила полного давления внутри сальфона на доньшко, $P_{\text{атм}}$ – сила внешнего (атмосферного давления) на доньшко сальфона, $P_{\text{упр}}$ – сила упругости сальфона.

$$P_{\text{полн}} = p_{\text{полн}} \cdot F_{\text{эф}},$$

где $p_{\text{полн}}$ – максимальное рабочее давление в сальфоне, $F_{\text{эф}}$ – эффективная площадь сальфона, значение дано в характеристиках сальфона. $p_{\text{полн}}$ и $F_{\text{эф}}$ – характеристики выбранной марки сальфона.

$$P_{\text{атм}} = p_{\text{атм}} \cdot F_{\text{эф}},$$

где $p_{\text{атм}}$ – атмосферное давление (101,325 кПа).

$$P_{\text{упр}} = N_{\text{ж}} \cdot \Delta x_{\text{п}},$$

где $N_{\text{ж}}$ – жесткость сальфона (характеристика выбранной марки сальфона).

Аналогично формуле (3) будет определяться работа, совершаемая сжимающимся сальфоном. При этом равнодействующая сила, «подтягивающая» задний торец сальфона, будет равна

$$P_{\text{зд}} = P_{\text{атм}} + P_{\text{упр}},$$

Поскольку максимальное рабочее давление в сальфоне, величина полного рабочего хода, эффективная площадь и жесткость сальфона есть величины постоянные, то и полезная работа, совершаемая рабочим элементом ГТЭУ, для каждого типа сальфона

будет являться своей константой. Следовательно, для достижения максимального КПД цикла необходимо обеспечить минимальную работу, затрачиваемую на расширение теплоносителя ($A_{затр}$). Иными словами, эта работа равна количеству энергии, необходимому для нагрева рабочего тела (Q_H). Ее значение будет определяться как произведение массы теплоносителя в рабочем модуле ГТЭУ (m_T) на величину общего перепада энтальпий по жидкой и газовой фазам рабочего тела (ΔI):

$$A_{затр} = Q_H = m_T \cdot \Delta I = m_T(\Delta I_{ж} + \Delta I_{г}),$$

где $\Delta I_{ж}$ – перепад энтальпий по жидкой фазе рабочего тела (разница между энтальпиями нагретого и ненагретого рабочего тела в жидком состоянии), $\Delta I_{г}$ – перепад энтальпий по газовой фазе рабочего тела (разница между энтальпиями нагретого и ненагретого рабочего тела в газообразном состоянии).

Масса теплоносителя (рабочего тела) в сиффоне рассчитывается по формуле:

$$m_T = V_c \cdot \rho_{гг},$$

где V_c – объем сиффона, $\rho_{гг}$ – плотность газовой фазы рабочего тела, которым заполнен сиффон. При этом рассматривается нагретое рабочее тело (поскольку с ростом температуры повышается плотность его газовой фазы и, соответственно, объем растянутого сиффона (определяется исходя из его геометрических характеристик)).

Для достижения максимального КПД рабочего цикла ГТЭУ из множества исследованных теплоносителей и рабочих тел необходимо выбрать вещество, обладающее наилучшими теплофизическими характеристиками: наименьшим общим перепадом энтальпий, наименьшей температурой кипения и наибольшим давлением насыщенного пара.

Выбор рабочего тела и теплоносителя для проектируемой ГТЭУ, а также методика расчета ее технических характеристик будут описаны в следующей работе.

Исследования в данном направлении производятся авторами при поддержке Всемирной федерации научных работников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Степаненко, В. Н. Вариант солнечной энергетической станции для энергообеспечения полетов беспилотных летательных аппаратов / В. Н. Степаненко, С. Д. Юхневич // *Авиация: история, современность, перспективы развития* : сборник материалов V Международной научно-практической конференции БГАА, Минск, 22 октября 2020 г. – Минск : Национальная библиотека Беларуси, 2021. – С. 470–477.

1. Шегидевич, А. А. Концепция солнечной энергетической установки для энергообеспечения полетов беспилотной авиации / А. А. Шегидевич, В. Н. Степаненко, С. Д. Юхневич // *Авиационный вестник*. – 2021. – № 4. – С. 49–54.

2. Ляшков, В. И. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / В. И. Ляшков, С. Н. Кузьмин. – Тамбов : Издательство ТГТУ, 2003. – 94, [1] с.

3. Новая технология ускоренного освоения солнечной энергии / А. И. Карелин // *Промышленная теплотехника*. – 2004. – Т. 26, № 5. – С. 61–66.

4. Мейтин, М. Фотовольтаика: материалы, технологии, перспективы. Пусть всегда будет Солнце / М. Мейтин // *Электроника: Наука, Технология, Бизнес*. – 2000. – № 6. – С. 40–46.

5. Немцев, В. А. Перспективность применения химически реагирующей четырехоксида азота в качестве теплоносителя и рабочего тела солнечных электростанций (СЭС) / В. А. Немцев, В. Н. Степаненко // *Атомная энергетика, ядерные и радиационные технологии XXI век* : докл. VIII Международной конференции, Минск, 23–26 июня 2020 г. – Минск, 2020. – С. 238–242.

6. Сиффоны однослойные и двухслойные измерительные. – Саранск : СПЗ, 2017. – 33 с., ил.

УДК 623.746.-519

А.И. Кириленко, М.А. Сукач, Я.Д. Пасиницкая

Белорусская государственная академия авиации

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ

В современном мире беспилотная авиация развивается стремительно. Это затрагивает как гражданскую, так и военную сферу. На сегодняшний день без применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) трудно представить боевые действия. Также БЛА получают активное распространение в повседневной жизни: аэрофотосъемка, мониторинг местности и дорожного движения, доставка грузов, геодезия. Масштабы применения БЛА растут. Но, как и любые стремительно развивающиеся технологии, БЛА имеют ряд актуальных проблем, таких как уязвимость каналов связи и непосредственная зависимость от метеорологических условий. Одной из самых актуальных проблем в этой сфере на данный момент является выбор оптимального варианта двигателя.

Основной целью работы является сравнение характеристик двигателей, актуальных для установки на БЛА по ряду технических параметров, таких как коэффициент полезного действия (КПД), а также по степени влияния на окружающую среду. Решение этой задачи имеет неоспоримую актуальность в области современного производства беспилотной авиационной техники. Таким образом, оптимальный подбор силовой установки для БЛА из расчета важнейших характеристик и КПД позволит сделать аппарат в целом эффективнее и снизить негативное влияние на окружающую среду.

КПД двигателя внутреннего сгорания – это значение отношения двух величин: мощности, которая подается на коленчатый вал двигателя, к мощности, получаемой поршнем за счет давления газов, которые образовались путем воспламенения топлива. Однако при работе любого двигателя имеют место потери, энергия топлива не может полностью преобразовываться к примеру:

– топливные потери. При сгорании топлива в двигателе, некоторый его объем уходит вместе с отработанными газами. Потери при этом составляют 25 % КПД;

– тепловые потери. При сгорании топлива, часть тепла уходит на нагревание элементов двигателя и циркулирующих жидкостей. Тепловые потери составляют 35 % КПД;

– потери на трение в механических узлах и деформации. На данный момент они составляют около 20 %.

Водородные двигатели делятся на двигатели на топливном элементе и на сгорании чистого водорода. Водородные топливные элементы могут производить электрическую энергию для электродвигателя на борту транспортного средства. Топливный элемент – электрохимическое устройство, химический источник тока, преобразующий химическую энергию топлива в электрическую энергию прямым методом. Электродвижущая сила вырабатывается в топливном элементе в результате электрохимических процессов из постоянно поступающих активных веществ. Наиболее совершенными промышленно выпускаемыми источниками тока являются низкотемпературные топливные элементы с рабочей температурой ниже 200°C. В качестве топлива в них используются водород, жидкие углеводороды и другие виды топлива, в качестве катализатора, обычно, платина. КПД выпускаемых топливных элементов достигает 60 %. В гибридных установках, где топливные элементы используются совместно с паросиловыми машинами, КПД может достигать 75 %. В топливном элементе реагенты втекают, продукты реакции вытекают, и реакция может протекать так долго, как поступают в нее реагенты и сохраняется реакционная способность компонентов самого топливного элемента, чаще всего определяемая их «отравлением» побочными продуктами недостаточно чистых исходных веществ.

Возьмем данные, полученные при тестировании водородного двигателя FORD (четырёхцилиндровый объемом 2,3 литра и мощностью 150 лошадиных сил). Так как у водородного двигателя принцип работы схож с ДВС, то механические потери примерно одинаковы (около 20 %). Но присутствуют топливные потери в связи с потерей части электронов в процессе ионизации водорода (около 5 %). Проблема электролиза в том, что часть энергии идет на создание молекул кислорода. Итак, средний КПД составляет 75 %.

Солнечный двигатель – устройство, превращающее солнечную энергию в механическую. В состав таких двигателей входят большие солнечные коллекторы, собирающие солнечную энергию для разогрева рабочей жидкости. Нагретый водород используют для осуществления реактивного толчка или как топливо турбогенератора. Специалисты Национальной лаборатории по изучению возобновляемой энергии (США) разработали солнечные батареи с максимальным на сегодняшний момент КПД. Он составляет 39,2 % при естественной освещенности солнцем, а при концентрированном солнечном свете – более 47 %. Такого эффекта удалось достигнуть за счет инновационной конструкции пластин. Фотоэлемент представляет собой «слоеный пирог» из шести слоев, каждый из которых изготовлен из отдельного материала. Это фосфид алюминия-галлия-индия, арсенид алюминия-галлия, арсенид галлия и три разновидности арсенидов галлия-индия. Подобное разнообразие материалов позволяет использовать для выработки электричества фотоны с самой разной энергией свет в широком спектральном диапазоне. В перспективе, могут оказаться эффективными двигатели этого типа, получающие энергию посредством лазерного луча с земли или с самолета.

В настоящее время на летательных аппаратах используют электрические бесколлекторные двигатели. Они эффективно работают в более широком диапазоне оборотов и имеют более высокий КПД. Конструкция двигателя при этом проще, в ней нет щеточного узла, который работает постоянно в режиме трения, создает искры, что приводит к потере энергии. Их величина порядка 10 %. Таким образом, средний КПД составляет порядка 90 %. КПД реактивного двигателя – безразмерная величина, характеризующая степени совершенства реактивного двигателя как тепловой машины и реактивного двигателя. Реактивному двигателю присущи большие потери, поэтому КПД мал, следовательно, такой двигатель на БАК неэффективен и может применяться ограниченно.

В ионном двигателе можно достичь очень большого удельного импульса. Это позволяет значительно уменьшить расход массы ионизированного газа по сравнению с расходом реактивной массы в химических ракетах, но требует больших затрат энергии. Технические характеристики современного ионного двигателя: потребляемая мощность 1–7 кВт, скорость истечения ионов 20–50 км/с, тяга 20–250 мН, КПД 60–80 %, время непрерывной работы более трех лет. В существующих реализациях ионного двигателя в качестве источника энергии, необходимой для ионизации топлива, используются солнечные батареи. В ходе испытаний максимальная длина получившегося ионного луча – 7 см (при максимальной разности потенциалов между сетками $\Delta U = 1200$ В).

Особая задача – двигатели для микро-БЛА. Швейцарские разработчики из МН ZKTH предложили радиоизотопный источник питания, использующий β -излучатель ${}_{16}^{35}\text{S}$ массой 0,3 мг. Общая масса источника – 2 мг. Перезаправка осуществляется один раз в неделю. Масса планера и систем управления – 2 мг, масса источника питания с преобразователем ($p-n$ переход в SiC) – 2 мг. Удельная мощность – 0,15 Вт/ч. Для поддержания полета достаточно 0,13 Вт/ч (130 Вт/кг). Вероятно, используется принцип термоэлектрического генератора.

Фотонный двигатель – реактивный двигатель, тяга которого создается за счет истечения квантов электромагнитного излучения. Фотонная ракета – это ракета, которая использует тягу за счет испускания фотонов (давление излучения за счет излучения) для

своего движения. Главным преимуществом такого двигателя является максимально возможная, в рамках релятивистской механики, скорость истечения, равная скорости света в вакууме. Фотон имеет импульс, и, соответственно, при истекании из двигателя, он создает реактивную тягу. Теоретически фотонный двигатель может развить максимально возможную для реактивного двигателя тягу в пересчете на затраченную массу космического аппарата, позволяя достигать скоростей, близких к скорости света, однако практическая разработка таких двигателей, судя по всему, дело далекого будущего. Считаются перспективными двигатели использующие фотоны микроволнового или γ диапазонов. В сегодняшнем состоянии идея фотонного реактивного двигателя очень далека от технического воплощения. Она содержит ряд проблем, которые сейчас даже теоретически не могут быть решены. Это: получение большого количества антивещества; проблема его хранения; проблема полного использования при «сжигании». Два крайних типа двигателя могут оказаться наиболее перспективными для дальних космических полетов.

Рассмотри следующие параметры эффективности: крутящий момент, N , Н·м; мощность, P , кВт; КПД, η , %; масса двигателя, m , кг; тяга, F_T , кгс (1 кгс = 9,8 Н); удельная массовая мощность, P/m , кВт/кг; удельная объемная мощность, P/V , кВт/дм³; удельный массовый крутящий момент, N/m , Н·м/кг; удельный объемный крутящий момент, N/V , Н·м/дм³; удельная массовая сила тяги, F_T/m , кгс/кг; удельная объемная сила тяги, F_T/V , кгс/дм³.

Таблица 1 – Характеристики эффективности двигателей различных типов двигателей

Двигатель	N	P	η	m	F_T	$\frac{P}{m}$	$\frac{P}{V}$	$\frac{N}{m}$	$\frac{N}{V}$	$\frac{F_T}{m}$	$\frac{F_T}{V}$
ДВС (LiquidPiston XMv3)	130	2,2	25	1,8	280	1,22	$3,2 \cdot 10^{-8}$	72,2	$1,9 \cdot 10^{-6}$	155	$4,1 \cdot 10^{-6}$
Электро-двигатели (X-55)	20,2	30	90	2,5	150	12	$1,33 \cdot 10^{-9}$	8,08	$8,98 \cdot 10^{-6}$	60	$6,67 \cdot 10^3$
Водородные двигатели (Boeing Phantom Eye)	260	110	75	17	250	6,47	$1,34 \cdot 10^3$	15,3	$3,2 \cdot 10^3$	14,7	$3,03 \cdot 10^3$
Солнечный двигатель (Saurea)	210	1,8	30	160	320	0,01	$2,4 \cdot 10^{-10}$	1,31	$2,76 \cdot 10^{-8}$	2	$4,2 \cdot 10^{-8}$
Ионные двигатели	–	100	80	2400	410	0,04	$1,37 \cdot 10^{-2}$	–	–	0,17	$5,66 \cdot 10^{-21}$
Фотонные двигатели (модель)	–	260	45	–	450	–	–	–	–	–	–

Исходя из расчетных данных, указанных в таблице 1, и сравнения всех двигателей, самым эффективным является водородный двигатель с топливным элементом. Среди его плюсов можно выделить экологичность при использовании (диоксид углерода не выбрасывается в атмосферу), высокий КПД, бесшумность работы. Беспилотные летательные аппараты на водородных двигателях смогут заниматься обслуживанием газопроводных и нефтепроводных линий. Такие беспилотники уже сейчас могут находиться в воздухе без подзарядки около десяти часов, совершать перелеты на 100 километров с грузом, даже при отрицательных температурах, наблюдать за дорожно-транспортной обстановкой, следить за порядком в общественных местах, доставлять тяжелые грузы, обследовать железные дороги в стране, помогать спасению людей в чрезвычайных ситуациях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Boeing phantom eye [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.boeing.com/defense/phantom-eye/>. – Date of access: 01.11.2021.
2. Топливный элемент как альтернатива «альтернативной» энергетики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eneca.by/novosti/energetika-i-energoeffektivnost/toplivnyy-element-kak-alternativa-alternativnoy-energetiki>. – Дата доступа: 04.10.2021.
3. Двигатель внутреннего сгорания: как работает «сердце» автомобиля [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fortunaavto.com.ua/poleznaya-informatsiya/dvigatel-vnutrennego-sgoraniya-kak-rabotaet-serdtse-avtomobilya/>. – Дата доступа: 05.11.2021.
4. «Неубиваемый» солнечный двигатель создан французским стартапом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecotechnica.com.ua/technology/4249-neubivaemyj-solnechnyj-dvigatel-sozdan-frantsuzskim-startapom-video.html>. – Дата доступа: 10.11.2021.
5. Фотонный и ионный двигатели [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://galspace.spb.ru/nature.file/dvig.html>. – Дата доступа: 12.11.2021.
6. Двигатели для беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://research-journal.org/technical/dvigateli-dlya-bespilotnyx-letatelnyx-apparatov/>. – Дата доступа: 15.11.2021.

УДК 623.41

Д.А. Титов, А.В. Емельянов, Д.Г. Нерсисян

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

**ПРИМЕНЕНИЕ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ
С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**

Опыт применения Воздушно-космических сил (ВКС) в современных военных конфликтах показал эффективность авиационного вооружения, в части касающейся авиационных средств поражения (АСП), применяемых в качестве одной из составных частей комплекса авиационного вооружения (КАВ) беспилотных летательных аппаратов (БПЛА).

С учетом текущего вектора совершенствования индустрии беспилотных летательных аппаратов и авиационных средств поражения, предназначенных для эффективного поражения целей, одним из приоритетных направлений развития вооружения, военной и специальной техники, является создание перспективных ударных платформ, обеспечивающих как площадное, так и точечное поражение мобильных и стационарных целей с высокой вероятностью.

Синтез авиационных средств поражения и беспилотных летательных аппаратов обеспечивается использованием штатных для ВКС авиационных боеприпасов и созданием новых АСП на основе стоящих на вооружении управляемых авиационных ракет, а также авиационных бомб.

Последние события в Сирийской Арабской республике, Нагорном Карабахе и Ливии продемонстрировали эффективность ударных БПЛА.

С 2016 года Турция имеет легкие малогабаритные бомбы МАМ-L и МАМ-C. Данные авиационные боеприпасы (АБП) интегрированы в такие ударные беспилотные летательные аппараты как «Bayraktar TB2» и «Anka». АБП семейства «МАМ» обладают небольшими габаритно-массовыми характеристиками: масса бомб МАМ-L и МАМ-C составляет 22 и 6,5 кг соответственно, и способны поражать наземную небронированную, легкобронированную технику и огневые точки противника. Турецкой компанией ROKETSAN была разработана мощная эффективная ракета «Yatagan», представляющая собой управляемую авиационную ракету с лазерным наведением калибром 40 мм, длиной 40 см, весом 1 кг и дальностью стрельбы до 1 км [1].

Авиационная бомба Pyros, произведенная фирмой Raytheon и входящая в состав КАВ БПЛА RQ-7 Reaper, способна поражать как подвижные, так и неподвижные цели, используя для наведения двухрежимную головку самонаведения и спутниковый приемник GPS-сигналов. Данное АСП имело в первоначальном варианте массу 5,9 кг и оснащалось боевой частью массой 3,2 кг, уменьшенной после проведенных испытаний до 2,3 кг без потери эффективности осколочно-фугасного действия [2].

Другим производителем авиационных средств поражения фирмой MBDA была разработана управляемая авиационная ракета Brimstone для британских беспилотных летательных аппаратов Protector RG Mk1. Данная самонаводящаяся ракета класса «воздух-поверхность» предназначена для поражения высокоскоростных и маневренных наземных и морских целей, размещается на 6 внешних точках подвески указанного выше БПЛА [3].

ВВС Соединенного Королевства приняли на вооружение разработанную компанией Thales Air Defense перспективную ракету LMM Martlet, имеющую комбинированное наведение и рассматриваемую в качестве комплекса авиационного вооружения беспилотного летательного аппарата Schiebel Camcopter S-100. Данное АСП имеет небольшие габаритно-массовые характеристики и способно поражать цели на расстоянии до 8 км. Кроме того, существует модификация ракеты LMM – FreeFall LMM (FFLMM), представляющая собой планирующую авиационную бомбу, которая является более предпочтительной, в части касающейся экономических затрат, альтернативой управляемой авиационной ракете AGM-114 «Hellfire». Бомба способна поражать бронированную технику и живую силу противника радиусом действия до 4 км. Несущей платформой для данного АБП является американский БПЛА RQ-7 Shadow.

Легкая бомба Scorpion от Lockheed-Martin применяется на дальностях до 18,5 км, имея при этом небольшие массу и габариты. Она используется для поражения одиночных целей за счет комбинированной системы наведения, которая интегрирует полуактивную лазерную, активную, работающую в миллиметровом диапазоне длин волн и тепловизионную головки самонаведения.

Российские производители авиационных средств поражения АО «Корпорация Тактического Ракетного вооружения» и АО «Кронштадт» ведут разработки в направлении миниатюризации авиационных боеприпасов для расширения номенклатуры АСП бомбового и ракетного сегментов в целях применения их в качестве КАВ для БПЛА.

Среди последних разработок корпораций особого внимания заслуживают малогабаритная ракета X-50 и «изделие 85», которые предназначены для поражения малоразмерных подвижных и неподвижных целей, в том числе живой силы противника и легкобронированной техники. Данные АСП оснащены осколочно-фугасной боевой частью повышенной проникающей способности. Ракета X-50 представлена в номенклатуре вооружения многоцелевого БПЛА «Орион», в КАВ которого входят еще и корректируемые малогабаритные авиационные бомбы КАБ-20, КАБ-50, а также управляемая планирующая авиационная бомба УПАБ-50 (таблица 1).

В качестве полезной нагрузки беспилотных летательных аппаратов большой продолжительности полета может быть использована широкая номенклатура штатных АСП, разработанных АО «Кронштадт» и НПО «Базальт»: авиационные бомбы калибром 50, 100 и 250 кг, в том числе и фугасная авиационная бомба ФАБ-100 с боевой частью реактивной системы залпового огня «Ураган», а также осколочно-фугасная авиационная бомба ОФАБ-250-270, доказавшая свою эффективность благодаря площади сплошного поражения осколками 14433 м² за счет 11520 осколков, радиус сплошного поражения которых составляет 51,3 м. Высокий коэффициент наполнения авиационных бомб и ракет $\eta = m_{бч} / m_{изд}$, значение которого для отдельных АСП достигает $\eta = 0,91$, напрямую влияет на поражающее действие данных авиационных средств поражения.

Таблица 1 – Технические характеристики авиационных средств поражения

АСП	Параметр	Значение
УАР Х-50	Масса изделия, кг	50
	Масса БЧ, кг	10...20
	Тип БЧ	ОФ
	Габариты, мм (длина, размах, диаметр)	1800x300x180
Изделие 85	Масса изделия, кг	120
	Масса БЧ, кг	30
	Тип БЧ	ОФ
	Габариты, мм (длина, размах, диаметр)	2400x400x200
ОФАБ-250-270	Масса изделия, кг	266
	Масса БЧ, кг	97
	Тип БЧ	ОФ
	Габариты, мм (длина, размах, диаметр)	1456x410x325
ФАБ-100	Масса изделия, кг	110
	Масса БЧ, кг	100
	Тип БЧ	ОФ, К, ОД
	Габариты, мм (длина, размах, диаметр)	2400x430x220
КАБ-20	Масса изделия, кг	21
	Масса БЧ, кг	7
	Тип БЧ	ОФ
	Габариты, мм (длина, размах, диаметр)	900x350x130
КАБ-50	Масса изделия, кг	46
	Масса БЧ, кг	37
	Тип БЧ	ОФ, К, ОД
	Габариты, мм (длина, размах, диаметр)	1700x290x120
УПАБ-50	Масса изделия, кг	50
	Масса БЧ, кг	37
	Тип БЧ	ОФ, К, ОД
	Габариты, мм (длина, размах, диаметр)	1700x900x120

Таким образом, применение АСП с БПЛА демонстрирует значительное повышение эффективности применения беспилотных летательных аппаратов в современных условиях ведения боевых действий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Турция снабдит союзников мини-ракетами для БПЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avianews.info/turtsiya-snabdit-soyuznikov-mini-raketami-dlya-bpla/>. – Дата доступа: 11.11.2021.

2. New Warhead Reduces Size of Raytheon Small Tactical Munition [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://raytheon.mediaroom.com/index.php?s=43&item=1802>. – Дата доступа: 11.11.2021.

3. Brimstone missile to be integrated onto RAF's Protector RG Mk1 aircraft [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mbda-systems.com/press-releases/brimstone-missile-to-be-integrated-onto-rafs-protector-rg-mk1-aircraft/>. – Дата доступа: 13.11.2021.

УДК 519.2

В.В. Цыбулько

Военная академия Республики Беларусь

О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ПО СНИЖЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЛА ПО ОПЫТУ ЛОКАЛЬНЫХ ВОЙН И КОНФЛИКТОВ

Опираясь на опыт ведения боевых действий в локальных конфликтах и войнах, следует кроме угроз, идущих от беспилотных летательных аппаратов (БЛА), изучения их тактики применения, имеющихся у них недостатков и преимуществ, определить и наиболее приемлемые методы борьбы с ними, мероприятия, которые смогут снизить эффективность их применения.

Последние локальные войны и конфликты показывают высокую эффективность применения различных типов БЛА.

Турецкое издание Haber 7 пишет, что российские зенитные ракетно-пушечные комплексы (ЗРПК) «Панцирь-С» в Сирии, Ливии и Карабахе показали свою беспомощность перед турецкими БЛА типа Bayraktar TB2. Однако о том, сколько «Панцири» уничтожили турецких беспилотников, почему-то изданием не упоминается. Турецкий медиа-ресурс указывает, что Bayraktar TB2 поразил значительное количество зенитных ракетных комплексов (ЗРК) и других объектов в ходе наступления вооруженных сил Сирийской Арабской Республики в провинции Идлиб в Сирии и уничтожил практически все ЗРПК в Ливии при попытке формированиях фельдмаршала Халифы Хафтара овладеть столицей страны – городом Триполи [1].

Столь высокая эффективность боевого применения БЛА, свидетельствует о том, что необходим комплексный и системный подход в борьбе с ними.

Какие же способы противодействия БЛА следует рассматривать как наиболее эффективные и приемлемые. Необходимо обозначить два направления организации противодействия, таким средствам воздушного нападения, как БЛА: во-первых, это мероприятия организационного характера и, во-вторых, это мероприятия технического характера.

К мероприятиям организационного характера, и это подтверждают ошибки, имевшие место, как в Сирии, так и в Ливии, причем фундаментальные, следует отнести:

1. Передача для эксплуатации и собственно сама эксплуатация современных образцов зенитного ракетного вооружения и не только, должна осуществляться только квалифицированным (или же обученным) специалистам. В противном случае, это неизбежно приведет только к отрицательным результатам применения вооружения и его дискредитации;

2. Необходимость создания эффективной системы зенитного ракетного огня.

Любое средство противовоздушной обороны (ПВО) покажет себя эффективным только в том случае, если оно является элементом правильно построенной системы ПВО объектов и войск, в ходе создания которой должны быть заложены системность и комплексность. Использовать образцы вооружения в воинских формированиях «россыпью», без встройки их в общую систему ПВО – значит обречь качество применения средств ПВО на неудачу.

Для ведения зенитного огня по БЛА необходимо заблаговременно назначать мобильные огневые средства ПВО из числа разнотипных ЗРК, способных эффективно обнаруживать и обстреливать воздушные цели с малыми и сверхмалыми ЭПР.

В некоторых случаях, эти зенитные средства необходимо объединять во временно создаваемые зенитные ракетно-артиллерийские формирования [2].

В такие зенитные ракетно-артиллерийские формирования могут входить самоходные огневые установки ЗРК «Бук», боевые машины ЗРК «Тор», «Оса», «Стрела-

10», зенитные установки ЗПРК «Тунгуска», ЗРПК «Панцирь», ЗАК «Шилка», ЗУ-23-2, отделения ПЗРК «Игла».

Отдельные группы таких средств могут действовать на отдельных наиболее вероятных (опасных) направлениях полетов БЛА из засад и в качестве кочующих огневых установок, групп боевых машин или в составе зенитных подразделений. Но при этом зенитные ракетно-артиллерийские формирования, созданные группы должны быть встроены в целостную систему ПВО;

3. Важность создания эффективной системы радиолокационной разведки.

Основу систему разведки БЛА должны составлять силы и средства разведки войск ПВО и дополняться силами и средствами артиллерийской разведки. При этом зоны обнаружения радиолокационных станций (РЛС) всех типов (с многократным перекрытием) должны обеспечивать обнаружение и сопровождение всех возможных воздушных объектов с предельно малых высот. Следует так же отметить, что практически ко всем типам современных РЛС надо добавлять оптический (оптико-электронный) канал.

Оптико-электронные системы (ОЭС), которые могут использоваться в настоящее время на РЛС, в ЗРК в качестве дублер-прицелов, систем обнаружения и сопровождения воздушных целей, позволяют увеличить дальность обнаружения любого летательного аппарата невооруженным глазом в 14 раз, что очень важно при работе по низколетящим целям.

Кроме того, важно систему радиолокационной разведки дополнить сетью постов визуального наблюдения, которые достаточно эффективны при обнаружении низколетящих малоразмерных целей;

4. Необходимость создания и построения системы управления и автоматизированной системы сбора, анализа радиолокационной информации и выдача своевременных целеуказаний всем возможным огневым средствам и не только ПВО.

При этом, образцы вооружения данной системы должны разрабатываться с использованием самых передовых технологий, с использованием возможностей искусственного интеллекта, что позволит снизить время запаздывания информации до нескольких секунд.

Эта система должна обеспечить эффективное управление огнем подразделений ПВО, выделенных для противодействия БЛА, а также управление действиями других сил и средств, включенных в борьбу с БЛА.

К возможным мероприятиям технического характера, позволяющим повысить эффективность борьбы с БЛА, следует отнести:

1. Привлечение к борьбе с БЛА, помимо ЗРК ближнего действия, малой и средней дальности боевых вертолетов (специально подготовленных экипажей), укомплектованных подвесными контейнерами с 12,7-мм пулеметами – от 6 до 12 на каждом вертолете.

Также для уничтожения БЛА, которые обладают существенно большей скоростью, чем боевые вертолеты, следует рассматривать возможность привлечения самолетов типа Як-130, оснащенных подвесными контейнерами с большим количеством стволов пулеметов и пушек калибра 12,7–23-мм [3].

2. Использование специализированных боевых бронированных машин для действий с земли, которые также надо оснащать зенитными пулеметными установками калибра 12,7–30-мм, причем количество стволов должно быть от четырех и выше.

Оптические прицельные приспособления при этом должны отвечать всем современным требованиям. Подобные машины должны быть предназначены в первую очередь для борьбы с барражирующими боеприпасами (так называемыми дронами-камикадзе).

3. Разработка, принятие на вооружение и применение средств поражения, являющихся аналогами весьма перспективных средств борьбы с ударными БЛА произведенных в Российской Федерации, таких как: комплекс «Деривация-ПВО», который оснащен 57-мм автоматической пушкой с большой скорострельностью или

автоматизированная мобильная система малой дальности «Гибка-С», оснащенная четырьмя зенитными управляемыми ракетами.

Возможности данных систем позволяют уничтожить ударные БЛА еще до выхода их на рубеж пуска средств поражения.

4. Применение крайне эффективного средства борьбы со всеми типами БЛА – комплексов радиоэлектронной борьбы (РЭБ).

Именно средства РЭБ показывают свою эффективность и в значительной степени могут свести к нулю все имеющиеся боевые возможности БЛА, поскольку на беспилотниках всех возможных типов есть радиоканалы, без которых навигация и боевое применение средств поражения становятся невозможными. Кроме того, эффективным будет и ослепление видео (оптико-электронных) каналов, которые есть практически на всех БЛА.

Борьба с БЛА является достаточно новым видом противодействия. Как вывод следует отметить, что главное в борьбе с БЛА – это системный и комплексный подход. Если упущено хотя бы одно звено, которое может повлиять на качество выполняемых боевых задач БЛА, эффективное противодействие БЛА становится невозможным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ходаренок, М. Нет системы: почему турецкие беспилотники поражают «Пандири» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gazeta.ru/army/2020/10/22/13328989.shtml>. – Дата доступа: 27.10.2021.

2. Ерёмин, Г. В. Организация системы борьбы с малоразмерными БПЛА [Электронный ресурс] / Г. В. Ерёмин, А. Д. Гаврилов, И. И. Назарчук. – Информационно-аналитический журнал. – 2014. – № 6 (14). – Режим доступа: <https://arsenal-otechestva.ru/new/389-antidrone>. – Дата доступа: 27.10.2021.

УДК 355.354

А.И. Чиж, И.В. Гражевский

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПОЛЕТОВ

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) являются относительно новым и перспективным типом воздушных судов (ВС), использующих воздушное пространство. Необходимо осознавать, что технические и системные решения в области систем БЛА зачастую не соответствуют требованиям к летательным аппаратам, предъявляемым сегодня для допуска к полетам в едином воздушном пространстве. Об организации же массовых полетов БЛА, особенно малого класса, говорить преждевременно. Причиной тому является то, что надежность (безаварийность) БЛА не приближается к надежности пилотируемых летательных аппаратов. Так, современные БЛА отличаются высоким уровнем аварийности, обусловленным ошибками операторов или отказом подсистем, а также имеют более низкую живучесть, чем пилотируемые самолеты. Следует также отметить, что одним из требований к БЛА в случае их эксплуатации в открытом общем воздушном пространстве является обязательное наличие двух режимов полета: по командам оператора (основной режим полета) и полностью автономного режима (в случае потери управляющего сигнала наземного пункта управления). К настоящему времени не создана система контроля и управления полетами БЛА в едином воздушном пространстве, удовлетворяющая требованиям нормативных правовых документов, регламентирующих использование воздушного пространства. Даже при полетах БЛА в выделенных зонах допускаются нарушения соответствующих правил. Несмотря на технически достижимую

полную автономность БЛА, их полеты без связи и управления из центров организации воздушного движения (ОрВД) не разрешены [1, 2].

Структуры воздушного пространства в зоне (регионе) и в районе включают множество воздушных направлений, трасс, зон с различным высотным профилем разнотипных средств над населенными пунктами и другими объектами, временем полетов и т. д. Неуправляемые полеты в такой обстановке исключаются полностью.

Основными направлениями реализации системы управления полетами БЛА, наряду с комплексом мер по повышению эксплуатационной надежности БЛА, можно считать:

создание бортовых систем управления и комплексов планирования применения БЛА с использованием технологии комплексного управления и обработки информации, и средств обеспечения взаимодействия БЛА с центрами единой системы (ЕС) ОрВД;

последовательную наработку в органах управления и центрах ЕС ОрВД практики организации полетов БЛА в едином воздушном пространстве [3, 4].

Повседневные авиационные работы, как правило, приписываются периодическим, наблюдаемым и сопровождаемым полетам по заранее определенному маршруту. Сопровождение таких полетов включает наблюдение природных (естественных) или географических особенностей, таких как линия границы, высотные здания и сооружения, леса, дороги и т. д. Выполнение полета происходит с использованием широкого ряда БЛА как правило в нижнем (в том числе на малых и предельно малых высотах воздушном пространстве. Оно может выполняться в зависимости от состава бортового оборудования как с использованием правил полетов по приборам, так и визуальных правил полета.

Другим видом авиационных работ могут служить специальные полеты БЛА, когда операторы БЛА выводят с помощью командной радиолнии управления БЛА в интересующую область пространства. В этих случаях операторы БЛА не могут предсказать детальный маршрут полета, но они способны обеспечить общее указание зоны полета БЛА.

В сложной динамичной структуре воздушного единого пространства организовать, осуществлять и управлять полетами БЛА по жестким программно-временным графикам практически невозможно. Для соблюдения множества правил, ограничений, требований безопасности, учета положения и влияния других воздушных объектов, метеоусловий и т. д. при выполнении задач полетов необходимо использование системы организации и управления полетами БЛА.

Исходя из условий и особенностей функционирования всей системы управления полетами воздушных судов были определены три основных требования к управлению полетами: непрерывность, надежность и оперативность. Так же система управления полетами включает: органы управления полетами, силы и средства обеспечения управления полетами.

для руководителя полетов БЛА цикл управления оператором БЛА начинается с момента запуска двигателей и заканчивается выключением двигателей на посадочной площадке (если не предусмотрена посадка на другой посадочной площадке, в этом случае цикл управления заканчивается после прохождения БЛА рубежа возврата на площадку вылета).

РП на аэродроме (посадочной площадке) при выполнении полетов обязан выполнять задачи в период:

- предварительной подготовки к полетам;
- предполетной подготовки;
- во время полетов;
- по окончании полетов;

Проведенный анализ показывает, что на данный момент в Вооруженных Силах Республики Беларусь при организации и выполнении полетов государственных БЛА руководитель полетов не в полном объеме выполняет требования, предъявляемые к управлению движением воздушных судов. Руководитель полетами БЛА получает

информацию о воздушной обстановке в зоне своей ответственности только визуальным наблюдением и по докладам операторов БЛА.

При управлении полетами БЛА отсутствуют:

радиолокационный контроль за воздушной, метеорологической и орнитологической обстановкой;

непрерывный контроль в трех координатах за полетом каждого воздушного судна, находящегося в зоне ответственности.

резервные средства управления полетами и возможность использования средств управления полетами взаимодействующих пунктов управления;

дублирование технических средств передачи и отображения информации о воздушной обстановке;

Для решения данной проблемы необходимо интегрировать БЛА в общую систему управления полетами, то есть осуществлять контроль и управление полетами всех БЛА в одном воздушном пространстве с пилотируемыми воздушными судами и другими видами авиационных работ [5, 6, 7].

Необходимо осознавать, что технические и системные решения в области систем БЛА зачастую не соответствуют требованиям, предъявляемым к системе управления полетами в едином воздушном пространстве. Несмотря на технически достижимую полную автономность БЛА, их полеты без связи и управления из центров ОрВД никогда не будут разрешены. Структуры воздушного пространства в зоне (регионе) и в районе включают множество воздушных направлений, трасс, зон с различным высотным профилем разнотипных средств над населенными пунктами и другими объектами, временем полетов и т. д. Неуправляемые полеты в такой обстановке исключаются полностью. Для формирования режимов полетов и обеспечения их во времени и пространстве, необходимо соблюдение требований многих нормативных документов. В сложной динамичной структуре воздушного единого пространства организовать, осуществлять и управлять полетами БЛА по жестким программно-временным графикам практически невозможно. Для соблюдения множества правил, ограничений, требований безопасности, учета положения и влияния других воздушных объектов, метеоусловий и т. д. при выполнении задач полетов необходимо использование в системах организации полетов БЛА, обработки данных и информационного обеспечения в целом [8].

Полетная информация с БЛА поступает по радиоканалу только на наземную станцию (пункт) управления. То есть первичной информацией о пространственном положении БЛА обладает только оператор, под непосредственным управлением которого находится данный БЛА. Руководитель полетами может получить эту информацию только через оператора посредством голосовой связи, что значительно снижает надежность, непрерывность и оперативность управления полетами. Это основные требования, предъявляемые к управлению движением воздушных судов. При нахождении нескольких БЛА в зоне ответственности органа управления воздушным движением (УВД) руководитель полетами не имеет полной и объективной информации о воздушной обстановке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиационные правила объективного контроля полетов государственной авиации Республики Беларусь : утвержденные постановлением Министерства обороны Республики Беларусь 01.11.2004, № 59. – Минск, 2004. – 56 с.

2. Авиационные правила организации и выполнения полетов государственных воздушных судов Республики Беларусь : утвержденные постановлением Министерства обороны Республики Беларусь 30.11.2004, № 74. – Минск, 2004. – 48 с.

3. Авиационные правила организации и выполнения полетов государственных беспилотных летательных аппаратов Республики Беларусь : утвержденные постановлением Министерства обороны Республики Беларусь 04.12.2009, № 72. – Минск, 2009. – 39 с.

4. Авиационные правила полетов в воздушном пространстве Республики Беларусь : утверждены постановлением Государственного комитета по авиации Республики Беларусь и Министерства обороны Республики Беларусь 01.06.2004, № 7/30. – Минск, 2004. – 54 с.

5. Авиационные правила штурманского обеспечения полетов государственной авиации Республики Беларусь : утверждены постановлением Министерства обороны Республики Беларусь 15.11.2004, № 67. – Минск, 2004. – 36 с.

6. Воздушный кодекс Республики Беларусь: 16.05.2006 г., № 117-3 : принят Палатой представителей 3 апр. 2006 г : одобрен Советом Респ. 24 апр. 2006 г. : с изм. и доп. от 31.06.2018. – Минск, 2018. – 56 с.

7. Линник, И. П. Управление полетами в авиационных частях : в 2-х ч. / И. П. Линник, А. В. Дубовский, М. П. Ерофеев. – Минск : МГВАК, 2009.

8. Постнов, А. А. Боевое управление авиацией : учебное пособие : в 2-х ч. / А. А. Постнов, С. Я. Паньков, Ю. Е. Забураев ; под общ. ред. В. А. Мещерякова. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2007. – Ч. 1. – 215 с.

УДК 356

В.О. Шаранович, В.В. Апанович, Д.С. Диско

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ВОЙСК

Одной из задач топогеодезического обеспечения войск в мирное время является заблаговременное создание и обновление топографических карт и планов городов для обеспечения войск при проведении войсковых учений и специальных операций, а также в случае нарастающей военной угрозы.

В качестве исходных данных для решения указанных задач необходимы геометрически точные съёмочные материалы высокого пространственного разрешения, отражающие изменения местности, например, на момент проведения войсковой операции. Такие материалы могут быть оперативно получены аэрофотосъёмочными комплексами на базе беспилотных летательных аппаратов (БЛА) [1, 2].

Предпосылками применения БЛА в качестве нового средства для аэрофотосъёмки являются недостатки двух традиционных способов получения данных с помощью космических аппаратов и воздушных пилотируемых аппаратов. Космические средства дистанционного зондирования Земли из-за длительности процесса получения и обработки исходных материалов не удовлетворяют требованиям оперативности. Использование авиационных аэросъёмочных комплексов диктует необходимость использования оборудованных аэродромов со всей необходимой инфраструктурой, а также затрат времени на перебазирование самолета на аэродром и его подготовку к выполнению аэросъёмочного задания. Кроме того, применение авиационных комплексов может быть нерентабельным в случае съёмки небольших объектов и малых по площади территорий. В этом случае экономические и временные затраты на организацию работ, приходящиеся на единицу отснятой площади, существенно превосходят аналогичные показатели при съёмке больших площадей (тем более для объектов, значительно удаленных от аэродрома). Таким образом, преимуществами применения БЛА в качестве аэрофотосъёмочного средства являются:

рентабельность;

возможность съёмки с небольших высот, и как следствие, получение снимков высокого пространственного разрешения;

оперативность подготовки и проведения аэрофотосъёмки;

возможность применения по назначению без риска для жизни и здоровья пилотов.

Назначение аэрофотосъемочного комплекса картографирования на базе БЛА накладывает определенные требования к составу его съемочной и специальной аппаратуры, а также к ее характеристикам. Данные требования обусловлены необходимостью получения геометрически и радиометрически точных первичных материалов съемки и сопровождающей их служебной информации, чтобы позднее, на этапе их технологической обработки, получить в результате картографическую продукцию с заданными характеристиками точности, полноты и достоверности.

Для строгой фотограмметрической обработки данных аэросъемки и получения максимально точных результатов необходимо, чтобы снимки в одном маршруте имели тройное перекрытие, а перекрытие между снимками соседних маршрутов при площадной съемке составляло не менее 20 %. На практике, при съемке с БЛА эти параметры выдерживаются далеко не всегда. Полет БЛА неустойчив, на него влияют порывы ветра, турбулентность и другие возмущающие факторы. Если съемку с обычных самолетов планируют с перекрытием вдоль маршрута 60 %, а между маршрутами 20–30 %, то проектировать съемку с БЛА следует с перекрытием вдоль маршрутов 80 %, а между маршрутами – 40 %, чтобы по возможности можно было исключить разрывы в фототриангуляционном блоке [3, 4].

Результаты проверки показали, что в интересах топографической службы такие комплексы можно использовать для решения следующих задач:

оперативное исправление топографических карт и создание фотодокументов местности на локальные районы (площадью до 10 км² за один полет) при заблаговременной подготовке театра военных действий в топогеодезическом отношении;
создание трехмерных карт на территорию полигонов и учебных полей.

Создаваемые трехмерные модели могут успешно использоваться для информационного обеспечения планирования действий войсковых подразделений, организации их маскировки, а также применения ударных комплексов авиации и артиллерии.

В состав комплекса картографирования на базе БЛА, помимо воздушного, должен входить наземный сегмент. Его наличие необходимо для выполнения фотограмметрической обработки материалов съемки с БЛА с использованием сопроводительных навигационных данных и опорной информации, с целью высокоточной координатной привязки объектов местности к заданной системе координат.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотные летательные аппараты: история, применение, угроза распространения и перспективы развития / М. Павлушенко [и др.]. – М., 2004. – 612 с.
2. Моисеев, В. С. Основы теории эффективного применения беспилотных летательных аппаратов / В. С. Моисеев. – Казань, 2015. – 444 с.
3. Сивец, О. В. Топогеодезическое обеспечение боевых действий / О. В. Сивец. – Минск, 2017. – 101 с.
4. Евглевский, И. В. Опыт топогеодезического обеспечения боевых действий войск в XX веке / И. В. Евглевский. – Наука и военная безопасность. – 2005. – № 2. – С. 39–43.

УДК 629.7.083.05

В.О. Шаранович, О.А. Нехаев

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ В КОМПЛЕКСАХ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ

В широком смысле под радиоэлектронной борьбой (РЭБ) понимается использование всех участков электромагнитного спектра в целях повышения эффективности боевого применения своих сил и средств, а также снижения возможностей противника в управлении его силами и средствами.

Мероприятия РЭБ носят оборонительный, наступательный и обеспечивающий характер и проводятся как при вооруженном противоборстве, так и в ходе операций, не связанных с ведением боевых действий. Исходя из своего функционального предназначения и решаемых задач, системы и средства РЭБ подразделяются на три большие группы:

системы и средства радиоэлектронного подавления (радиоэлектронной атаки);

системы и средства радиоэлектронной защиты;

системы и средства радиоэлектронного обеспечения (РЭО).

РЭО предполагает проведение мероприятий разведывательного характера с целью обнаружения, перехвата, идентификации преднамеренных и непреднамеренных сигналов радиоэлектронных систем (РЭС) противника, определения местоположения их источников для своевременного вскрытия угрозы, принятия мер по противодействию, а также для дальнейшего использования в процессе планирования боевых действий.

Одна из основных задач по ведению РЭБ возлагается на системы и средства воздушного базирования, при этом беспилотные летательные аппараты (БЛА) обладают рядом преимуществ перед пилотируемыми средствами, в первую очередь – это отсутствие риска для здоровья человека [1].

В настоящее время БЛА отводится важная роль в совершенствовании системы вооружения современных Вооруженных Сил. Уникальные свойства беспилотных комплексов позволяют решать широкий круг задач в интересах различных воинских инстанций, особенно в условиях, когда применение других средств по критерию «стоимость – эффективность» нецелесообразно.

Таковыми задачами могут быть: воздушная разведка с представлением данных в реальном масштабе времени, целеуказание и корректировка огня артиллерии и ракетных войск.

В настоящее время основные усилия по созданию беспилотных комплексов нового поколения и модернизации существующих сосредоточены на создании унифицированных комплексов, сопрягаемыми с автоматизированными системами управления войсками.

Исходя из тактики ведения современного вооруженного противоборства, важно отметить, что вооруженные конфликты современности имеют ярко выраженный локальный характер. Поскольку боевые действия в вооруженных конфликтах современности развертываются на широком фронте, а артиллерия имеет ограниченную дальность стрельбы, повышается роль авиации в огневой поддержке войск, а именно роль боевых БЛА.

Таким образом, существует острая необходимость оснащения БЛА системами обнаружения огневых позиций стрелков, позволяющими своевременно обнаруживать огневые позиции с целью их дальнейшего подавления, повышая тем самым вероятность успеха боевых действий за счет повышения степени боевой живучести и эффективности применения вертолетов в боевых условиях. Наиболее эффективным способом,

позволяющим определять движение мелкогабаритных объектов, которыми являются пули, является акустический [2].

Акустический метод обнаружения позиций стрелков имеет целый ряд преимуществ: возможность определения в режиме реального времени координат цели с точностью, достаточной для огневого поражения цели; круговой (360°) сектор разведки при обеспечении определения узкого сектора обстрела; достаточная глубина разведки (не меньше дальности огневого поражения стрелковым оружием); определение калибра и вида оружия по анализу акустического спектра сигнала, что позволяет анализировать боевую ситуацию и устанавливать приоритеты целей; пассивный (ждущий) режим работы, обеспечивающий системе помехоустойчивость и маскировку.

Акустическая система работает следующим образом: акустический сигнал фиксируется микрофонами и преобразуется в электрический сигнал, затем оцифровывается. Электрический сигнал усиливается, фильтруется по частоте сигнала, уровню сигнала и типу сигнала. Далее сигнал поступает в блок обработки, определения координат и типа реальных целей.

Происходит выдача информации на экран дисплея и воспроизводится речевое сообщение об обстреле. Исходя из вышеизложенного, в состав акустической системы обнаружения огневых позиций стрелков должны входить: акустические датчики (микрофоны); специализированный вычислитель; информационный дисплей.

Внедрение акустической системы обнаружения огневых позиций стрелков в состав средств РЭБ и оснащение ими БЛА позволит:

наряду с мероприятиями разведывательного характера с целью обнаружения, перехвата, идентификации РЭС противника и определения местоположения их источников вести разведку огневых позиций стрелков с целью принятия своевременных мер по их уничтожению;

расширить боевые возможности комплексов с БЛА, оснащаемых средствами РЭБ и воздушной разведки;

получать информацию о местоположении стрелков в реальном масштабе времени; избежать существенного повышения массогабаритных показателей БЛА за счет унифицированности средств РЭБ, оснащаемых БЛА (необходима установка на БЛА только акустических датчиков, вычислитель и дисплей уже имеется в составе средств РЭБ, требуется лишь доработка ПО);

добиться хороших показателей по критерию «стоимость-эффективность»; повысить степень боевой эффективности и живучести при применении вертолетов в боевых условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Куприянов, А. И. Радиоэлектронная борьба / А. И. Куприянов. – М. : Вузовская книга, 2013. – 360 с. : ил.
2. Исакович, М. А. Общая акустика / М. А. Исакович. – М., 1973. – 230 с.

УДК 623.74:629.7

В.Е. Шаховский

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

ТРЕНАЖЕР ПОДГОТОВКИ КОМАНДИРА ОТДЕЛЕНИЯ И СТРЕЛКОВ-ЗЕНИТЧИКОВ ПЗРК «ИГЛА» 9Ф2018

Тренажер подготовки командира отделения и стрелков-зенитчиков переносных зенитных ракетных комплексов (ПЗРК) типа «Игла» (в дальнейшем – тренажер) предназначен для эффективного обучения и тренировки стрелков-зенитчиков (отделения стрелков-зенитчиков) ПЗРК «Игла» («Игла-1», «Стрела-2М», «Стрела-3») приемам боевой работы при обстреле виртуально имитированных воздушных целей в различных условиях фоновой, воздушной и помеховой обстановок без расхода боевых ракет и полетов реальной авиации с объективным контролем и документированием действий обучаемых на всех этапах их работы [1, 2].

Решаемые задачи:

– первоначальное обучение стрелка-зенитчика поиску, обнаружению, распознаванию типа и визуальному определению параметров (дальности, скорости, высоты, курсового параметра) движения воздушной цели;

– обучение стрелка-зенитчика процедурам подготовки ПЗРК к использованию по назначению;

– обучение стрелка-зенитчика боевой работе по поиску, обнаружению, опознаванию, захвату, сопровождению, обстрелу визуально наблюдаемых воздушных целей, как на встречных, так и на догонных курсах, в условиях простой и сложной фоновой и помеховой обстановки;

– тренировка стрелка-зенитчика в выполнении основных нормативов по специальной подготовке (В соответствии с наставлением по боевой работе).

Эксплуатационные и технические характеристики тренажера

Тренажер обеспечивает имитацию:

– наземной, фоновой и целевой обстановок, окружающих стрелка-зенитчика;

– фаз прицеливания и захвата цели на сопровождение стрелком-зенитчиком;

– полного цикла работы Пускового механизма ПЗРК;

– полного цикла работы ПЗРК (захват и сопровождение головкой самонаведения ПЗРК цели, старта ракеты);

– полета ракеты до цели, в соответствии с реализованным в ЗУР методом наведения;

– подрыва ракеты и нанесения ущерба летательному аппарату.

Варианты ударов СВН выбираются из базы данных, сформированной в тренажере, либо формируются инструктором самостоятельно.

Тренажер имеет возможность имитации:

фоновой обстановки воздушного пространства и подстилающей поверхности земли в пределах от 0 град. до плюс 45 град. по углу места и в 360-градусном азимутальном секторах;

опознанных и неопознанных воздушных объектов, работы НРЗ;

звуковых сигналов работы элементов ПЗРК;

обстрела цели в движении в радиусе 1 км от рабочего места инструктора.

В тренажере обеспечивается [3, 4, 5]:

– регистрация в реальном времени информации о ходе боевой работы и оценивание действий стрелка-зенитчика в процессе обучения и тренировки (с возможностью воспроизведения ее результата на экране монитора рабочего места инструктора) и выставление оценки в автоматическом режиме;

– возможность распечатки на бумажный носитель информации о боевой работе и оценке действий стрелка-зенитчика;

– возможность копирования зарегистрированной информации на магнитный и оптический носители.

Программное обеспечение (далее – ПО) тренажера включает общесистемное и специальное (далее – СПО), составляющие неотъемлемую часть аппаратно-программных средств тренажера.

Общесистемное ПО и СПО поставляется установленным в вычислительную среду тренажера и на машинном носителе информации (типа CD-R, DVD-R), с возможностью его переустановки (обновления) расчетом (обслуживающим персоналом) тренажера.

Численность обслуживающего персонала – 1 человек (инструктор). Квалификация – техник [6, 7].

Конструктивное исполнение тренажера

Рабочее место (далее – РМ) инструктора:

шкаф телекоммуникационный

ПЭВМ «ВК» – 4 шт., установленные в телекоммуникационном шкафу;

2 монитора, клавиатура, мышь;

защищенный ноутбук (для полевого варианта применения тренажера);

радиостанция Motorola PD-1400 (для полевого и классного вариантов применения тренажера);

микротелефонная гарнитура из состава радиостанции;

принтер формата А4.

РМ обучаемого командира отделения:

имитатор переносного электронного планшета (ПЭП);

экран проекционный настенный (не менее 2140x3420 мм);

проектор;

габаритно-весовой макет ПЗРК;

радиостанция (для полевого варианта применения тренажера).

беспроводная микротелефонная гарнитура;

РМ обучаемого стрелка-зенитчика:

экран проекционный настенный (не менее 2140x3420 мм) – 2 шт.;

проектор – 2 шт.;

габаритно-весовой макет ПЗРК – 2 шт.;

радиостанция Motorola PD-1400 (для полевого и классного вариантов применения тренажера);

микротелефонная гарнитура из состава радиостанции;

Отличительные особенности тренажера:

– создание и отображение ландшафта местности, фоновой обстановки и воздушной обстановки в цвете для любых географических зон и любого времени суток в секторе 360° по азимуту и по углу места до 45°;

– имитация функционирования тепловой ГСН;

– расчет и отображение спектров излучения объектов в поле зрения тепловой ГСН;

– имитация перехвата ГСН ракеты тепловой ловушки;

– имитация промаха ракеты;

– отображение световой и звуковой сигнализации;

– регистрация и последующее воспроизведение результатов тренировки;

– регистрация обучаемых и документирование результатов обучения в базы данных;

– тренажер имеет техническое и программное обеспечение, соответствующие требованиям международных промышленных стандартов; среднее время наработки на отказ составляет не менее 1000 часов;

- тренажер прост в обслуживании и эксплуатации, имеет встроенную систему диагностики и настройки;
- тренажер позволяет тренировать стрелков-зенитчиков в полевых условиях при нахождении их на движущемся транспорте (БМП, БТР и т. д.). При этом тренировка осуществляется по реальной воздушной цели (беспилотный летательный аппарат);
- оценка точности прицеливания стрелков-зенитчиков по реальной воздушной цели с использованием оборудования, установленного на беспилотном летательном аппарате;
- имитация воздушных целей, применяемых при штатных боевых стрельбах;
- программное обеспечение тренажера позволяет вносить в него изменения по мере принятия на вооружение современных ПЗРК («Игла-С», «Верба» и т. д.) и дополнительного оборудования (оптические и ИК-прицелы), а также возможность дополнения виртуальной библиотеки тренажера моделями существующих и перспективных целей, а также моделей мишеней и ландшафта местности полигона, на котором войска непосредственно выполняют учебно-боевые стрельбы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Неупокоев, Ф. К. Стрельба зенитными ракетами / Ф. К. Неупокоев. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Воениздат, 1980. – 294 с.
2. Неупокоев, Ф. К. Противовоздушный бой / Ф. К. Неупокоев. – М. : Воениздат, 1989. – 261 с.
3. Мальгин, А. С. Управление огнем зенитных ракетных комплексов / А. С. Мальгин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Воениздат, 1987. – 221 с.
4. Правила стрельбы и боевой работы на зенитных ракетных комплексах войсковой ПВО : в 7 ч. – М. : Воениздат, 1985. – Ч. 7 : ПЗРК «Игла». – 280 с.
5. Пушкорюс, С. К. Управление огнем сил и средств войск ПВО СВ / С. К. Пушкорюс. – М. : Воениздат, 1988. – 350 с.
6. Справочник офицера Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны. – Минск : Командование ВВС и войск ПВО, 2009. – 115 с.
7. Нормативы по боевой подготовке для подразделений войсковой противовоздушной обороны : утв. приказом командующего Военно-воздушными силами и войсками ПВО 26.10.2018, № 334. – Минск, 2018. – 24 с.

УДК 629.7.05

А.А. Шейников

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

КОСВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ВЫСОТЫ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ НАВИГАЦИИ ВОЗДУШНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПЛАТФОРМ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Точное определение навигационных параметров воздушных роботизированных платформ военного назначения (ВРП) на протяжении продолжительного маршрута осуществляется в основном за счет использования сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС) [1]. Однако с развитием средств радиоэлектронной борьбы [2], актуализируется задача разработки автономных навигационных комплексов (НК), обеспечивающих позиционирование ВРП без использования внешних радиосигналов.

Что касается автономных бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) ВРП, то они быстро накапливают ошибку с течением времени из-за значительного дрейфа акселерометров и гироскопов. Поэтому БИНС всегда применяются в комплексе с другими автономными датчиками навигационной информации, работающими на иных физических принципах.

Так, например, для обнуления совокупных ошибок БИНС крылатых ракет Tomahawk используется система отслеживания рельефа местности TERCOM (Terrain contour matching). Принцип ее действия заключается в том, что по фотоснимкам выбранного маршрута полета ракеты, выполненным с помощью разведывательных искусственных спутников земли, составляется полетная цифровая карта высот рельефа местности (ЦКВРМ), которая закладывается в память бортовой вычислительной машины. БИНС периодически корректируется по результатам сравнения данных ЦКВРМ и реального рельефа. Необходимо заметить, что между двумя коррекциями БИНС успевает накопить некоторую ошибку. Однако частота коррекции выбирается таким образом, чтобы надежно опередить выход ошибки БИНС за предельное значение, при котором площади покрытия бортового радиовысотомера (РВ) уже не хватит для обнаружения очередной навигационной точки (рисунок 1).

Система TERCOM обеспечивает ракете продолжительный полет на малых высотах и высокую точность попадания в цель. Однако эффективность такой корреляционно-экстремальной радионавигационной системы (КЭНС) [3] достигается только над уникальной холмистой местностью, легко сопоставимой с ЦКВРМ и существенно снижается, например, при полете над водной поверхностью. Кроме того, использование РВ уменьшает скрытность работы НК.

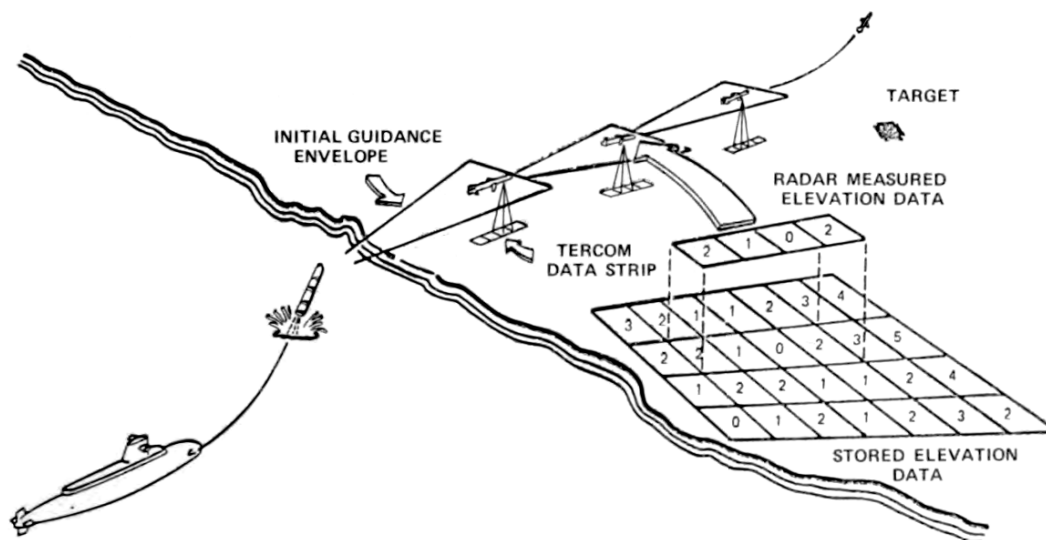


Рисунок 1 – Периодическая коррекция ошибок БИНС крылатой ракеты Tomahawk

Определенных успехов в области обеспечения высокоточной коррекции БИНС по информации от автономных бортовых навигационных датчиков добилась компания NVIDIA, специализирующаяся на разработке графических процессоров. Разработанный специалистами компании беспилотный летательный аппарат (БЛА) имеет бортовую систему технического зрения (СТЗ) на базе встраиваемого суперкомпьютера NVIDIA Jetson TX1 (производительность 1 Tflops, пропускная способность подсистемы памяти 25,6ГБ/с, флеш-память 16 ГБ). Алгоритмическое обеспечение этой системы разработано на основе технологий искусственного интеллекта. Перед полетом в память встраиваемого суперкомпьютера загружается цифровая модель местности (ЦММ), составленная из снимков территории, над которой будет совершаться полет. На ЦММ заранее определенные видимые наземные навигационные ориентиры (ННО) привязываются к их координатам. В полете обработка цифровых изображений участков пролетаемой местности производится прямо на бортовом компьютере по технологии TMS (Terrain Matching System). При обнаружении очередного известного ННО, система возвращает

оценку текущих координат БЛА, что обеспечивает максимальную точность позиционирования в установленных точках маршрута. Однако у рассмотренной системы имеется ряд недостатков: высокие требования к быстродействию вычислителя при совершении операций распознавания наземных объектов; ограничение по дальности применения БЛА, обусловленное конечным значением емкости памяти НК, предназначенной для хранения картографических данных; необходимость наличия на борту БЛА дополнительной системы измерения истинной высоты полета, значение которой учитывается при идентификации распознанных наземных объектов.

Для уменьшения обрабатываемого объема данных в процессе воздушной навигации ВРП предлагается возвратиться к использованию ЦКВРМ (требующей меньшего хранимого объема данных на единичный участок пути), а для увеличения скрытности работы бортового НК осуществлять косвенное измерение высоты рельефа в текущей точке траектории (рисунок 2).

Суть предлагаемого способа корректировки БИНС заключается в:

- измерении абсолютной высоты полета с использованием барометрического высотомера;

- измерении истинной высоты полета ВРП фотограмметрическим методом с использованием бортовой СТЗ, включающей две, разнесенные по базе, бортовые цифровые камеры (с увеличением разрешения цифровых камер растет точность измерения высоты) и вычислитель;

- оценке высоты рельефа местности по разности полученных значений абсолютной и истинной высоты полета ВРП;

- сравнении полученных данных с ЦКВРМ и выработкой на основе полученного результата сигнала коррекции БИНС.

В подтверждение правильности выбранного пути следует отметить, что на сегодняшний день имеется много ЦКВРМ (ETOPO1, GEBCO08, GTOPO30, SRTM30, ASTER GDEM), находящихся в свободном доступе (рисунок 3).

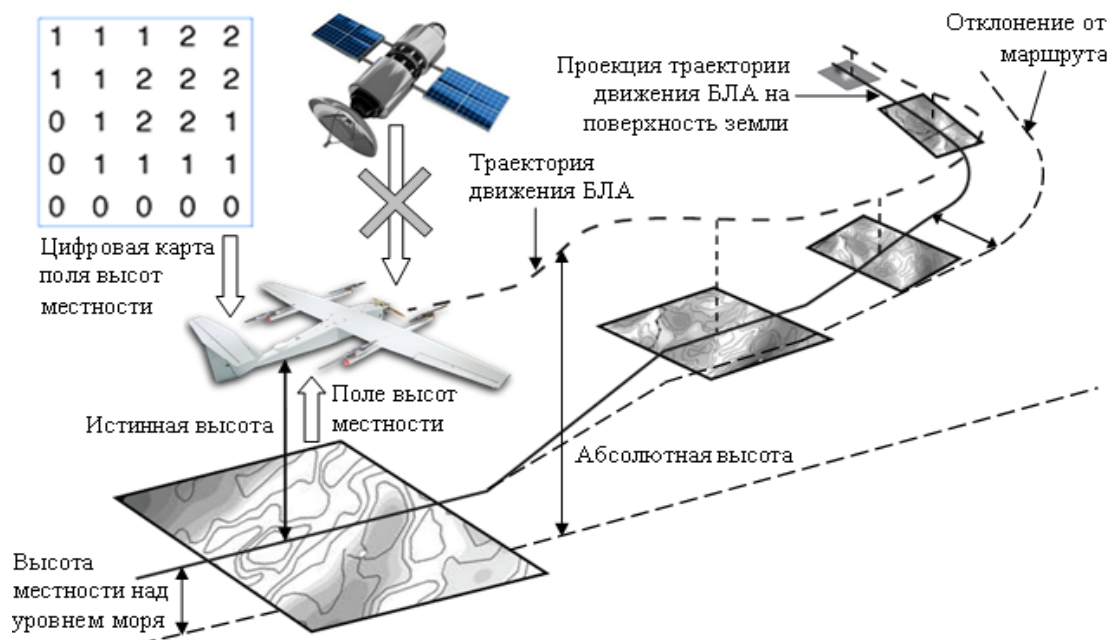


Рисунок 2 – Косвенное измерение высоты рельефа местности на борту ВРП

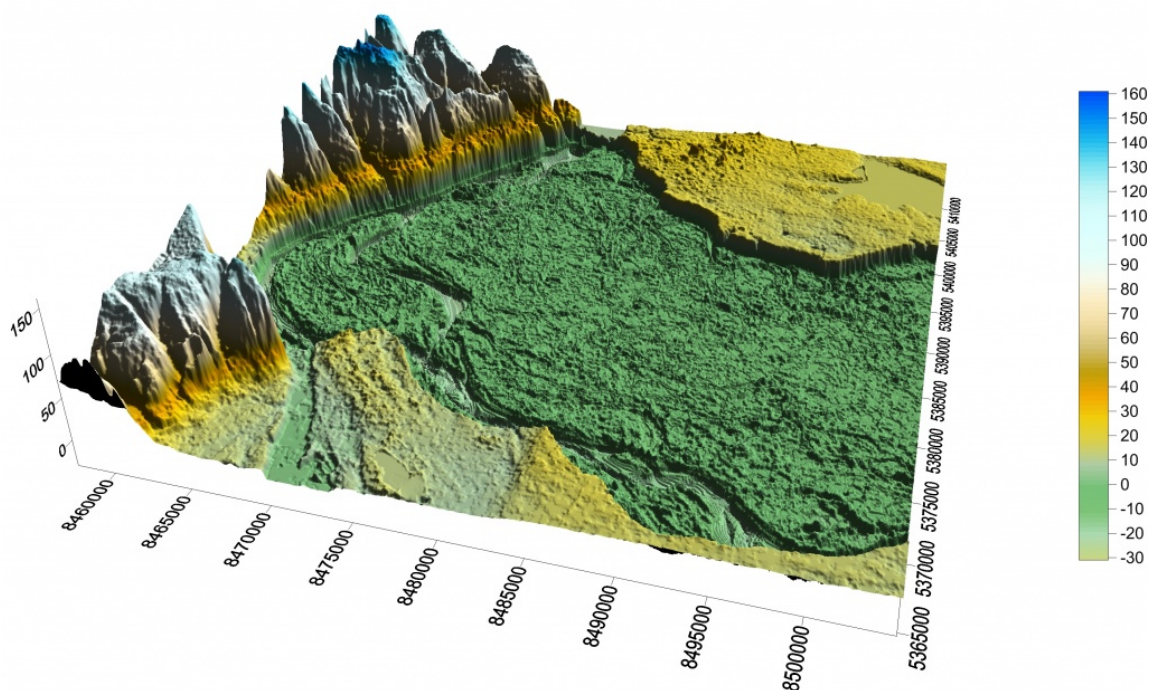


Рисунок 3 – Цифровая карта высот рельефа местности

Таким образом, в настоящее время, с учетом достигнутого уровня развития науки и техники, появляется возможность модернизации технологии TERCOM путем отказа от использования РВ в пользу бортовой СТЗ со специальным программно-алгоритмическим обеспечением. Применение последней не только позволяет обеспечить заявленные преимущества, но и не отменяет возможность параллельного использования технологии TMS, что может дать еще больший выигрыш в точности воздушной навигации ВРП.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пролетарский, А. В. Способы коррекции навигационных систем и комплексов летательных аппаратов / А. В. Пролетарский, К. А. Неусыпин // Вестник МГТУ им. Н. Э. Баумана. Сер. «Приборостроение». – 2012. – № 3. – С. 223–216.
2. Теодорович, Н. Н. Способы обнаружения и борьбы с малогабаритными беспилотными летательными аппаратами / Н. Н. Теодорович, С. М. Строганова, П. С. Абрамов // Науковедение. – 2017. – Т. 9, № 1. – С. 28–35.
3. Сырямкин, В. И. Корреляционно-экстремальные радионавигационные системы / В. И. Сырямкин. – Томск : Изд-во Том. ун-та, 2010. – 316 с.

УДК 623.74

В.Д. Шурыгин, И.В. Леденева

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

НОВЫЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ОТ ОБЛЕДЕНЕНИЯ

Обледенение – процесс, который возникает при входе летательного аппарата (ЛА) в облака с мельчайшими каплями переохлажденной воды, находящейся в метастабильном состоянии при пониженных температурах. Механизм мгновенной кристаллизации переохлажденных капель при их контакте с поверхностью ЛА недостаточно изучен и

связан с совокупностью проблем в различных областях науки и техники: физики, химии, метеорологии, аэродинамики, термодинамики, конструирования и эксплуатации ЛА [1].

В настоящее время процедуры удаления/защиты от обледенения любого ЛА преследует следующие цели:

- 1) удаление любой замерзшей или полузамерзшей влаги с критических внешних поверхностей самолета на земле перед полетом;
- 2) защита этих поверхностей от воздействия влаги в полете;
- 3) удаление любой замерзшей или полузамерзшей влаги из воздухозаборников двигателя и лопастей винта и защита внешних поверхностей от последующего загрязнения перед взлетом.

В общем случае процесс обработки самолетов против обледенения может осуществляться по двум направлениям: 1) удаление обледенения («de-icing») и 2) предотвращение обледенения («anti-icing»). В первом случае обработка выполняется различными механическими приспособлениями, сжатым воздухом или с помощью подогретых жидкостей. При этом жидкость наносится вдоль осевой линии верхней части фюзеляжа и затем на боковые поверхности. Во втором случае применяется обработка реагентами (антиобледенительными жидкостями) на основе гликолей или этилового спирта. Жидкость наносится непосредственно перед взлетом распылением от передней кромки крыла к задней и эффективна не более часа. Это означает, что нанесение антиобледенительных жидкостей перед полетом не влияет на риски, возникающие в результате нарастания замерзших отложений на воздушном судне в любое время после взлета.

В настоящее время беспилотные летательные аппараты (БПЛА) рассматриваются в качестве одного из важнейших средств повышения боевых возможностей вооруженных сил любой страны. Их применение рекомендовано при выполнении задач, характеризующихся высокой продолжительностью полета, повышенной опасностью и сложностью. В то же время, для БПЛА могут быть существенно расширены диапазоны эксплуатационных перегрузок и увеличена продолжительность выполнения задания, которые у пилотируемых аппаратов ограничены. Влияние факторов внешней среды на БПЛА может существенно снизить качество выполнения задания, а в определенных условиях может и вовсе исключить возможность применения этих летательных аппаратов. Поэтому решение задач, связанных с сохранением эффективного функционирования БПЛА в различных климатических условиях является важным этапом при предъявлении требований к материалам конструкции и бортовому оборудованию БПЛА.

Беспилотные летательные аппараты в процессе своего функционирования подвергается различного рода воздействиям, среди которых наибольшее негативное влияние оказывают факторы природного происхождения. Среди них особо важное влияние оказывает обледенение [2]. БПЛА, как правило, имеют датчики обнаружения льда, но не всегда имеют противообледенительные системы. Накопление льда на внешних поверхностях летательного аппарата может нарушить нормальные условия аэродинамического обтекания до такой степени, что пределы устойчивости воздушного судна уменьшаются и, в некоторых случаях, самолет может заглохнуть или стать неуправляемым. Эти потенциальные риски усугубляются также тем, что пилоты и операторы дронов в наземных кабинах не имеют традиционных сигналов ситуационной осведомленности, связанных с ручным пилотированием воздушного судна. Кроме того, обледенение ухудшает управляемость летательного аппарата, увеличивает расход топлива, а попадание льда в его двигатель и вовсе может привести к катастрофе. Таким образом, без защиты от воздействия обледенения эффективность работы БПЛА ограничена и сопряжена с риском невыполнения боевой задачи.

В настоящее время различными научными группами во всем мире ведутся исследования по созданию функциональных материалов, способствующих предотвращению обледенения самолетов. В частности, в авиационном материаловедении

особое внимание уделяется разработке специальных антиобледенительных покрытий [3, 4].

В целях защиты воздушного судна от обледенения применяются различные противообледенительные системы, для работы которых необходимы достаточно большие затраты энергии. Разработанные и внедренные в практику способы борьбы с обледенением приводят не только к необходимости увеличивать массу воздушного судна на 1–1,5 %, но и способны создавать ряд других проблем. Например, при использовании теплового воздействия на слой льда, образующегося на передней кромке лопасти несущего винта, тратится до 30 % мощности бортового генератора. Особенно остро эта проблема стоит для БПЛА, в которых основная полезная нагрузка – это радиоэлектронное оборудование, являющееся основным потребителем всей бортовой электроэнергии.

Таким образом, разработка новых антиобледенительных покрытий для рабочих поверхностей ЛА является крайне актуальной задачей.

Проанализируем возможности применения антиобледенительных покрытий на поверхности летательного аппарата или придания этой поверхности антиобледенительных свойств.

В связи с тем, что аэродинамические поверхности БПЛА выполнены в основном из композиционных материалов, предлагаемые системы защиты от обледенения в основном связаны со специальной технологией изготовления композиционного материала и должны быть частью первоначальной конструкции БПЛА. Например, сверхгидрофобные покрытия [4] являются весьма перспективными в качестве пассивной защиты от обледенения, так как нивелируют процесс замерзания капли на поверхности, обеспечивают малую смачиваемость водой поверхности и повышают антикоррозионные свойства. В работе [5] описан подход к созданию антиобледенительных покрытий, который заключается в пропитке структурированной поверхности слоем смазки, которая образует тонкую пленку, отталкивающую воду. Однако надежный антиобледенительный эффект может быть обеспечен лишь в случае постоянного возобновления слоя смазывающего материала, что существенно ограничивает область применения данной разработки. Также известны антиобледенительные покрытия на основе кремнийорганических эластомеров, которые обладают малой поверхностной энергией и обеспечивают высокую адгезию льда к гладкой подложке с покрытием. Основным недостатком таких покрытий является их малая стойкость к абразивному износу [3].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что использование сверхгидрофобных покрытий, увеличивающих время замерзания капли воды на поверхности и снижающих адгезию льда, являются весьма перспективными. Однако такие покрытия имеют ряд недостатков, а именно: увеличение смачиваемости поверхности при понижении температуры и увеличении влажности, малая стойкость к воздействию знакопеременных температур и различных эксплуатационных нагрузок.

Принципиально новым подходом в решении проблемы обледенения БПЛА является разработка нагревательного покрытия из углеродных нанотрубок с высокой проводимостью, которое формируется на существующей обшивке ЛА и использует интеллектуальные датчики и элементы управления для уменьшения накопления льда без ущерба для летной производительности. Такая технология реализуется за счет нанесения на поверхность ЛА серии слоев, которые можно распылять (как лакокрасочное покрытие) или наносить в виде ламинированного листа. Первый слой представляет собой грунтовочное покрытие, за которым следует нагревательное покрытие, состоящее из углеродных нанотрубок. Последние покрываются защитным слоем, а затем наносится финишный слой пленкообразователя (рисунок 1).

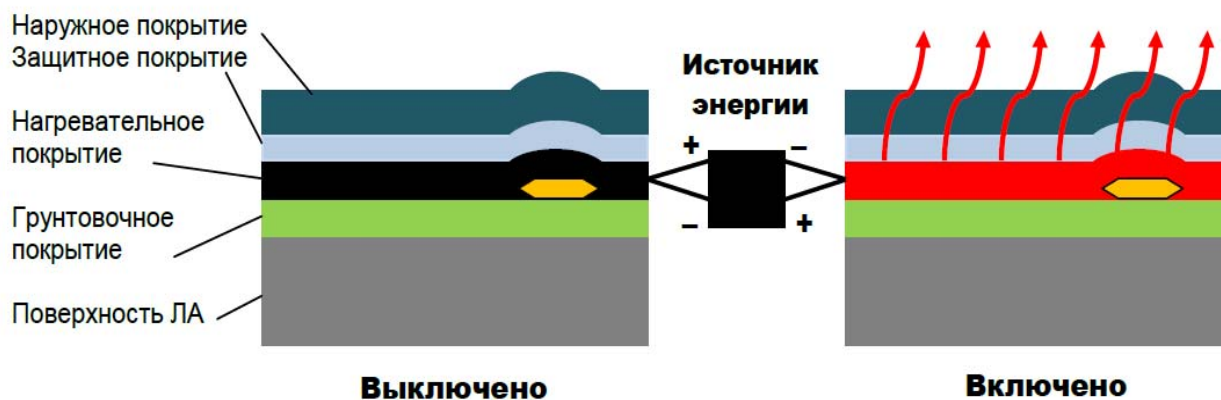


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы антиобледенительного покрытия с применением слоя углеродных нанотрубок

Углеродное покрытие может быть нанесено в виде тонкой пленки или распылено на поверхности. Нагревательный элемент также может устанавливаться как на новые БПЛА, так и дооснащаться на существующих платформах.

После нанесения покрытие контролируется с помощью интеллектуальных элементов управления, установленных на устройстве. Органы управления контролируют температурный режим и наличие льда для обеспечения минимального уровня потребления энергии для текущих условий, в то время как активируется нагревательный элемент.

Применение данной технологии позволит существенно снизить опасность попадания льда в двигатель беспилотного летательного аппарата, разрушения обшивки самолета, а также повысит экономичность полета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Моделирование процессов обледенения летательных аппаратов в аэроклиматических трубах / Г. П. Клеменков [и др.] // Теплофизика и аэромеханика. – 2008. – Т. 15, № 4. – С. 563–572.
2. Методика учета влияния метеорологических факторов на эффективность применения беспилотных летательных аппаратов на основе системного анализа / И. Е. Кузнецов [и др.] // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2018. – № 45 (2). – С. 134–149.
3. Особенности получения антиобледенительных покрытий (обзор) / Л. В. Соловьянчик [и др.] // ТРУДЫ ВИАМ. – 2018. – № 6 (66). – С. 77–99.
4. Экспериментальные и теоретические исследования процессов обледенения наномодифицированных супергидрофобных и обычных поверхностей / Э. С. Гринац [и др.] // Вестник МГОУ. Сер. Физика – Математика. – 2013. – № 3. – С. 84–92.
5. Kim, P. Liquid-infused nanostructured surfaces with extreme anti-ice and anti-frost performance / P. Kim, T.-S. Wong, J. Alvarenga // ACS nano. – 2012. – Vol. 6, № 8. – P. 6569–6577.

УДК 629.7.036.24

А.А. Щавлев, М.Г. Дзагнидзе, К.В. Мигалин

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси, ООО «Научно-производственная фирма «Ротор» (г. Тольятти)

ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК ПУЛЬСИРУЮЩИХ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Простота конструкции и невысокая стоимость пульсирующих воздушно-реактивных двигателей (ПуВРД) являются главным достоинством этих двигателей и обуславливает основную область их применения в авиации: воздушные мишени, боеприпасы. Обратной стороной указанного достоинства является сложность процесса пульсирующего горения, происходящего в ПуВРД. Течение этого процесса труднопредсказуемо из-за сложной взаимозависимости между конструктивными характеристиками двигателя, с одной стороны, и физическими и химическими явлениями, составляющими суть пульсирующего горения – с другой. По этой причине рабочий процесс ПуВРД тяжело поддается расчетам и математическому моделированию.

Таким образом, для проектирования, а также испытаний серийных ПуВРД большое значение имеет возможность определения технических характеристик двигателя и характеристик происходящих в нем процессов опытным путем, в лабораторных условиях. Эта возможность обеспечивается, не в последнюю очередь, наличием испытательного участка (ИУ) ПуВРД, позволяющего в комфортных и безопасных условиях исследовать работу реального двигателя в различных режимах.

Ниже сформулированы основные требования к ИУ для Научно-производственного центра многофункциональных беспилотных комплексов (НПЦМБП):

– обеспечение безопасности не должно ограничиваться рамками пожарной безопасности, электробезопасности и защитой от механических воздействий, следует также учесть акустические эффекты, ИК излучение, наличие продуктов неполного сгорания топлива и прочие вредные и опасные факторы;

– ИУ должен позволять исследовать и испытывать обдувом не только ПуВРД, но и другие изделия соответствующих габаритов;

– средства измерений, использованные в ИУ, должны присутствовать в Государственном реестре средств измерений;

– должны быть использованы серийное оборудование и комплектующие изделия местного производства или местных поставщиков;

– измерения должны быть дистанционными;

– процесс измерений должен быть автоматизирован.

При построении ИУ следует, в первую очередь, учесть источники опасности.

Основную опасность во время испытаний ПуВРД представляет реактивная струя отработавших газов. Простейший приблизительный оценочный расчет (согласно таблице 1), основанный на значениях расхода топлива, теплоты сгорания топлива и расхода приточного воздуха, показывает, что двигатель нельзя запускать даже на короткое время в помещении даже значительного объема без вытяжной вентиляции, в основном – из-за критически быстрого повышения температуры.

Из расчета также следует, что при устройстве вытяжной вентиляции, без принятия специальных мер, весьма вероятно тепловое повреждение вытяжного вентилятора.

Таблица 1 – Оценочный расчет тепловыделения при расходе бензина, равном 70 г/с

Теплота сгорания топлива, 40-45 МДж/кг	45	
Массовый расход топлива, кг/с	0,07	
Удельная теплоемкость воздуха, кДж/(кг*град.)	1	
Плотность воздуха, кг/м ³	1,2	
Производительность вентилятора, м ³ /час	25 000	
Размеры помещения, м	15	5
Начальная температура воздуха, С	20	
Температура воздуха в закрытом помещении, С	200	
Температура воздуха в вытяжной вентиляции, С	398	
Время нагрева воздуха в закрытом помещении, с	64	

С учетом сформулированных требований и по результатам оценочного расчета, наиболее подходящим для НПЦМБП, с точки зрения безопасности и минимизации затрат, является ИУ с разделением зоны запуска ПуВРД и операторского пункта путем использования двух пространственно разнесенных помещений, связанных через компьютерную сеть (рисунок 1). При этом зона запуска ПуВРД размещена на открытом воздухе под навесом и не имеет активной вытяжной вентиляции, а операторский пункт размещен в любом офисном помещении.

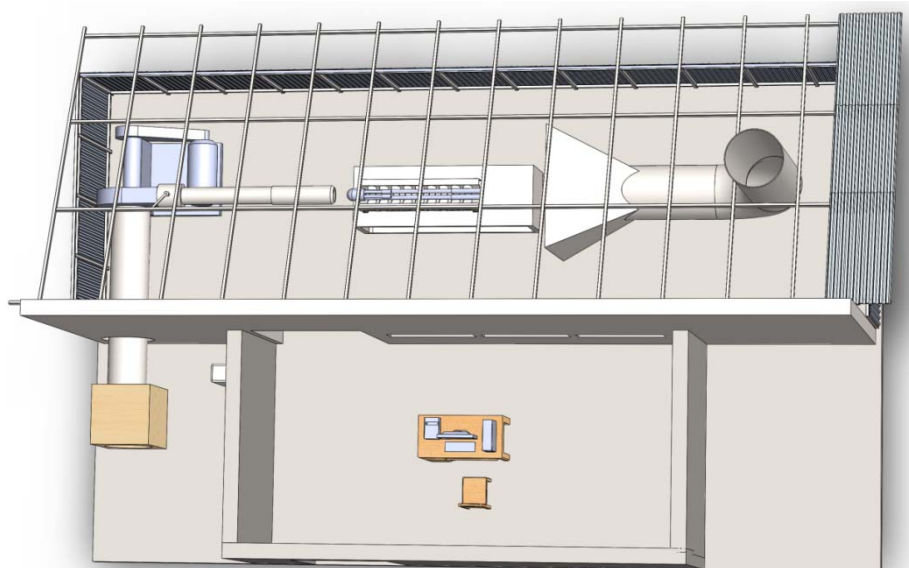


Рисунок 1 – Испытательный участок с разделением зоны запуска и операторского пункта

При работе ПуВРД на стенде в составе ИУ, измерение физических параметров является стандартной технической задачей. За исключением измерения реактивной тяги, которая пульсирует с большой амплитудой.

Традиционно [1] и в настоящее время измерения реактивной тяги ПуВРД являются, как правило, прямыми и основаны на применении упругого элемента – пружины или ее аналога, например – тензометрического силоизмерительного датчика – и обработке регистрируемого сигнала для получения интегрального значения тяги. Однако как упругий измерительный элемент, так и сам двигатель в обрамлении являются в этом случае взаимодействующими механическими колебательными системами, имеющими частоты собственного резонанса, и получающими энергию от процесса пульсирующего горения. В результате, измерения тяги оказываются не достоверными [2].

По этой причине разработан метод косвенного измерения тяги через измерение времени пролета массогабаритным макетом летательного аппарата (ЛА) мерной дистанции размером до 20 мм (рисунок 2).

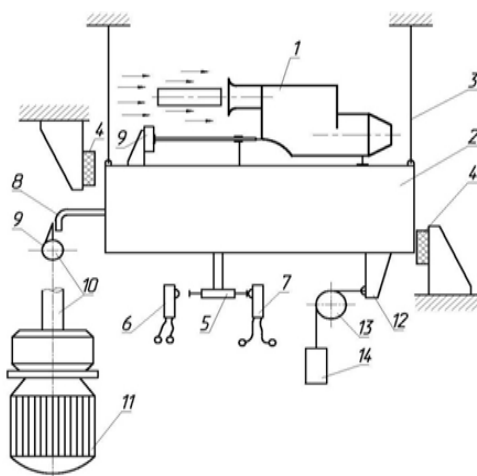


Рисунок 2 – Схема испытательного стенда для косвенного измерения реактивной тяги ПуВРД по времени пролета мерной дистанции:

1 – двигатель, 2 – массогабаритный макет ЛА, 3 – подвес, 4 – демпфер, 5,6,7 – части системы измерения времени пролета, 8..14 – детали и узлы, обеспечивающие цикличность измерений для набора статистики, калибровку а также компенсацию давления наддува

Другой метод косвенного измерения реактивной тяги ПуВРД основан на регистрации и обработке сигнала давления в камере сгорания. Данный метод реализован и проверен на эжекторных ПуВРД с цилиндрической резонансной трубой [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Diedrich, G. The Aero-Resonator Power Plant of the V-1 Flying Bomb [Electronic resource] / G. Diedrich. – Princeton ; New Jersey : Princeton University, Project Squid, TM-PR-4, 1948. – 72 p. – Mode of access: <https://apps.dtic.mil/sti/pdfs/ADA800231.pdf>. – Date of access: 12.11.2021.

2. Мигалин, К. В. Эжекторные пульсирующие воздушно-реактивные двигатели / К. В. Мигалин, К. А. Сиденко, К. К. Мигалин. – Тольятти : СПЕКТ, 2020. – 443 с.

3. Мигалин, К. В. Эжекторные двухконтурные пульсирующие воздушно-реактивные двигатели для около и сверхзвуковых скоростей полета / К. В. Мигалин, К. А. Сиденко, К. К. Мигалин. – Тольятти : Изд-во Спект, 2021. – 121 с.

УДК 623

А.А. Щавлев, Ю.И. Семак, Г.И. Гайда

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

О РАЗРАБОТКЕ ЛИНЕЙКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОВЫШЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ МАГНИТОПРОВОДА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Преимущества беспилотных летательных аппаратов (БЛА) обусловлены, в первую очередь, специфическими летно-техническими характеристиками (ЛТХ), отсутствием экипажа на борту и наличием высокотехнологичного оборудования, способного решать прикладные задачи. Среди БЛА особо выделяются летательные аппараты с взлетной

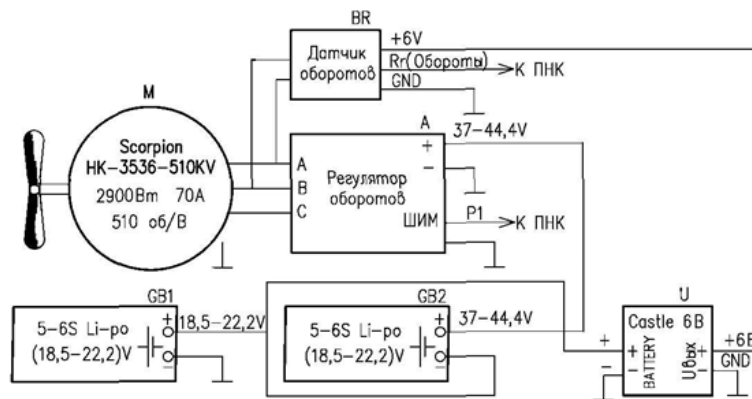
массой до 15–30 кг, так называемые малоразмерные БЛА. Довольно часто их винтомоторная группа строится на основе электрического двигателя (ВЭГ). Создание линейки отечественных электрических двигателей (ЭД) малоразмерных БЛА мишенного типа с повышенным коэффициентом полезного действия является важной задачей в деятельности по импортозамещению.

При разработке возможных решений ЭД в составе ВЭГ опираются на понятия, заимствованные из [1]. Под «выходным эффектом ВЭГ» понимается полезный результат эксплуатации ВЭГ малоразмерных БЛА мишенного типа в течение некоторого периода; под «эффективностью ВЭГ» – свойство ВЭГ, заключающееся в ее способности создавать выходной эффект в определенных условиях эксплуатации; под «показателем эффективности» – количественная характеристика эффективности ВЭГ.

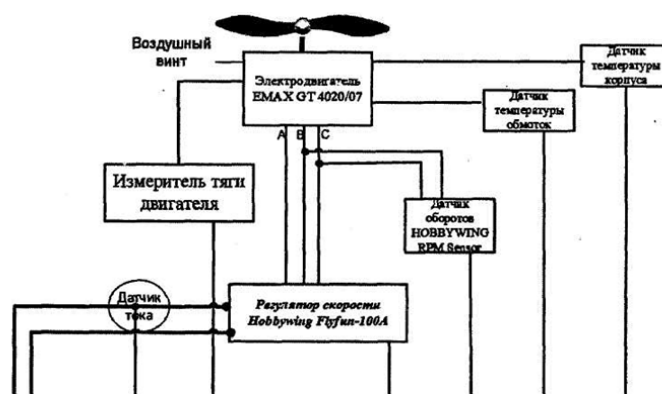
В ВЭГ, как правило, входят ЭД, воздушный винт, узлы (например, механизмы управления коллективным шагом лопастей воздушного винта), системы и агрегаты, необходимые для обеспечения надежной и эффективной работы. Известно, что в ЭД не существует линейной зависимости между мощностью, числом оборотов и потребляемым напряжением. Одной из причин проявления интереса к бесколлекторным двигателям является возросшая потребность в высокооборотных микродвигателях, обладающих точным позиционированием. Остальные виды двигателей не рассматриваются.

Практика создания БЛА самолетного типа показала, что «поставщики», как правило, сообщают максимальную стендовую мощность двигателя и весьма редко предоставляют сведения по характеристикам воздушного винта. Однако при установке двигателя на БЛА его мощность уменьшается за счет влияния составных частей летательного аппарата на воздушный поток, обтекающий двигатель и винт, что сопровождается уменьшением тяги. В связи с этим получить объективную оценку ЛТХ БЛА по рекламной информации производителей представляется весьма проблематичным. Следовательно, необходимы не только расчет, но и обязательное экспериментальное оценивание ЛТХ конкретных БЛА мишенного типа для того, чтобы исследовать энергетические возможности его силовой установки.

На настоящий момент времени разработано множество методов расчета ЛТХ БЛА. В большинстве случаев расчеты ЛТХ начинаются с оценки характеристик силовой установки. Поэтому, основным предметом исследований ВЭГ, в том числе анализа, является ЭД. С позиций системного подхода [2] ЭД есть элемент ВЭГ, которая интерпретируется как техническая система [2]. Каждый элемент системы предназначен для выполнения определенных функций. В систему ВЭГ входит также регулятор оборотов и двигатель – воздушный винт (рисунок 1).



a)



б)

Рисунок 1 – Электрическая (а) и функциональная (б) схемы типовых ВЭГ БЛА «Дрон-М»

По мнению авиационных экспертов, рассмотрение «выходного эффекта» ЭД вне связи с воздушным винтом, регулятором оборотов и безотносительно факторов внешней среды является контрпродуктивным подходом. Помимо данной стороны исследуемой проблемы обеспечения «выходного эффекта» электродвигателя, существует дуализм (двойственность) рассмотрения его в качестве составной части технического назначения малоразмерного БЛА мишенного типа и одновременно в качестве элемента (составной части функционального назначения) системы ВЭГ. Дуализм обусловлен тем, что в процессе улучшения характеристик ВЭГ (повышения «выходного эффекта») ЭД выступает как предмет производства, а в процессе применения – как средство удовлетворения потребности – обеспечение требуемой энергетической возможности. Известно, что развитие техники выражается в создании новых и усовершенствовании существующих типов машин. В условиях отсутствия отечественных производителей ЭД для малоразмерных БЛА, направление усовершенствования существующих двигателей ВЭГ с разработкой их «ответственных» составных частей является более предпочтительным.

Таким образом, усовершенствование электродвигателей имеет своей главной целью повышение «выходного эффекта» ВЭГ.

Вполне очевидно, что предпосылками повышения «выходного эффекта» ВЭГ является существенное расширение возможностей новейшей элементной базы и появление доступных перспективных композиционных материалов для магнитопровода электродвигателя. Для изготовления магнитопроводов в аппаратостроении и приборостроении обычно применяются следующие ферромагнитные материалы: технически чистое железо, качественная углеродистая сталь, серый чугун, электротехническая кремнистая сталь, железоникелевые сплавы, железокобальтовые сплавы и др. [3]. Известно, что изготовление магнитно-мягких изделий трудоемко и связано со значительными потерями материала. Так, при существующей технологии штамповки листов магнитопровода 40-60 % электротехнической стали идет в отходы [4]. Методы порошковой металлургии имеют существенные преимущества при создании композиционных сплавов, к которым относится большинство магнитных материалов. Применение железных порошков позволяет изготавливать электромагнитные системы практически равноценные с выпускаемыми в настоящее время [4].

В ГНПО «Научно-практический центр НАН Беларуси по материаловедению» и ГНУ «ФТИ НАН Беларуси» в рамках НИР разрабатывается композиционный материал на основе частиц металлов [5]. Предполагается, что использование данного композита для изготовления магнитопровода электродвигателя взамен штатного материала позволит повысить эффективность электродвигателя и обеспечить требуемый «выходной эффект» ВЭГ. Основные требования для прессованных элементов магнитопровода электродвигателя ВЭГ должны быть:

– максимальные значения магнитной индукции B_{max} и магнитной проницаемости μ ;

- минимальные удельные магнитные потери $R_{уд}$;
- достаточная механическая прочность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Требования по надежности. Общие положения: ГОСТ В 20.39.103–77 : введ. 01.01.79. – М. : Госкомитет стандартов, 1977. – 34 с.
2. Надежность и эффективность в технике : справочник : в 10 т. / редсовет: В. С. Авдудевский (пред.) [и др.]. – М. : Машиностроение, 1986. – Т. 1. – 224 с.
3. Магнитные материалы, применяемые для изготовления электрических аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://electricalschool.info/spravochnik/material/1262-magnitnye-materialy-primenjaemye-dlja.html>. – Дата доступа: 03.06.2021.
4. Технология изготовления порошковых магнитопроводов электрических машин из разработанного ММК-материала / Ю. Г. Дорофеев [и др.] // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2013. – № 2. – С. 58–61.
5. Специальные магнитные материалы и практика их применения при высокочастотном индукционном нагреве / А. К. Вечер [и др.] // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : сб. научных трудов : в 2 кн. / редкол.: В. Г. Залесский (гл. ред.) [и др.]. – Минск : ФТИ НАН Беларуси, 2021. – Кн. 1 : Методология, организация, терминология. – С. 59–72.

УДК 321.311.243

В.Н. Степаненко, А.Е. Синкевич, С.Д. Юхневич

*Белорусская государственная академия авиации,
Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны,
Минский аэроклуб имени дважды Героя Советского Союза С.И. Грицевца*

**ПОДБОР РАБОЧЕГО ТЕЛА И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК
ГЕЛИОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЗАМКНУТЫМ
ГАЗОЖИДКОСТНЫМ ЦИКЛОМ ДЛЯ НУЖД БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ**

В данной работе рассмотрен подход к выбору теплоносителя и рабочего тела гелиотермальной энергетической установки (далее – ГТЭУ), описанной в предыдущей статье, а также показана методика расчета ее технических характеристик.

В качестве рабочего тела гелиотермальной энергетической установки (далее – ГТЭУ) авторами предлагается использовать диссоциирующий теплоноситель – химически реагирующую четырехокись азота N_2O_4 . Основной особенностью диссоциирующих газов является свойство сложных молекул под действием температуры диссоциировать на более простые молекулы или радикалы с меньшим атомным весом [1, с. 3].

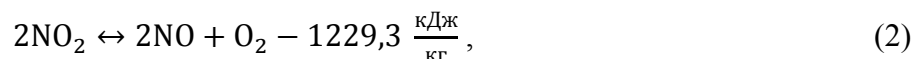
При нагревании N_2O_4 происходит обратимая химическая реакция диссоциации:



где $620,6 \frac{\text{кДж}}{\text{кг}}$ – величина теплового эффекта реакции – дополнительного количества тепла, затрачиваемого на распад молекул – при нормальных условиях [1, с. 3; 2, с. 3; 6, с. 7].

Формула (1) описывает первую стадию реакции диссоциации. Она протекает химически равновесно при температурах 300–550 К [2, с. 3; 4; 6].

Вторая стадия реакции:



протекает при температурах 450–1200 К [2, с. 3; 4; 5; 6, с. 7], и в планируемых условиях работы ГТЭУ рассматриваться не будет.

В диссоциирующем газе, помимо обычных механизмов переноса тепла: молекулярной теплопроводности, конвекции, излучения – дополнительное количество тепла в виде химической энтальпии переносится диффузией молекул из-за наличия градиента концентраций. Таким образом, диссоциация в химически реагирующем неизотермическом потоке приводит к существенному увеличению коэффициента теплоотдачи по сравнению с химически инертными газами. Следовательно, химическая реакция может рассматриваться как одно из эффективных средств интенсификации теплообмена [1, с. 4; 2, с. 3, 4].

Конкретно в диссоциирующем газе N_2O_4 процессы теплообмена вследствие концентрационного механизма переноса тепла интенсифицируются в 2–3 раза [6, с. 4].

При использовании химически реагирующего N_2O_4 в качестве теплоносителя и рабочего тела в замкнутом газожидкостном цикле охлажденный газ, подлежащий сжатию, имеет минимальную газовую постоянную, а нагретый – подлежащий расширению – максимальную. В результате работа, затрачиваемая на сжатие и расширение такого рабочего тела в 2–3 раза ниже работы, затрачиваемой на сжатие и расширение инертного газа. Соответственно, КПД цикла на диссоциирующем теплоносителе будет выше, чем на инертных газах [6, с. 7].

N_2O_4 обладает высоким теплофизическими характеристиками: низкой температурой кипения: + 21,15 °С, высоким давлением насыщенных паров: $1,499 \cdot 10^2$ МПа при температуре + 30 °С и малой удельной теплотой парообразования: 424,55 кДж/кг при температуре + 30°С [6, 7], а также невысокими теплоперепадами при работе в энергетических установках, малыми удельными объемами и благоприятными параметрами на линии насыщения конденсационного цикла [5, с. 8].

Такие свойства N_2O_4 позволят обеспечить интенсивный теплосъем в теплообменном оборудовании солнечных электростанций [9, с. 221].

Комплексные теоретические и экспериментальные исследования химически реагирующей четырехокси азота, выполненные в 1963–1970 гг. в ИЯЭ АН БССР, а также других авторов показали перспективность применения химически реагирующих систем, в частности N_2O_4 , в качестве теплоносителей для энергетических установок [1, с. 3].

Практическая применимость и стабильность газожидкостного цикла на N_2O_4 были проверены в ресурсных испытаниях опытной энергетической установки «Вихрь-1» [6, с. 8].

Ниже приведен расчет остальных характеристик проектируемой ГТЭУ.

Время рабочего цикла элемента ГТЭУ есть суммарное время процессов его удлинения и сжатия. Время нагрева рабочего элемента определяется по формуле:

$$\tau_H = \frac{Q_H}{W_H}, \quad (3)$$

где W_H – количество тепловой энергии, которая может быть поглощена сифоном при солнечном освещении.

$$W_H = F_\phi \cdot k_{ac} \cdot q, \quad (4)$$

где F_ϕ – площадь фронта, занимаемая сифоном (произведение длины на наружный диаметр), k_{ac} – коэффициент поглощающей способности материала сифона, q – плотность солнечной энергии, падающей на поверхность земли (справочное среднее значение определяется в зависимости от географической широты местности и времени года [9, с. 8]). Эффективное значение q будет зависеть от искусственно организованной концентрации солнечного излучения.

Аналогично формуле (3) определяется время охлаждения сиффона. При этом выделившееся количество теплоты при охлаждении равно количеству тепла, потребляемому сиффоном при нагреве. Тепловой поток, отводимый от сиффона при одном акте восстановления давления (охлаждения), будет равен

$$W_0 = q_{уд} \cdot S_B, \quad (5)$$

где $q_{уд}$ – удельный тепловой поток при естественной конвекции, S_B – площадь внутренней поверхности сиффона (определяется исходя из его геометрических характеристик).

$$q_{уд} = \alpha_{ек} \cdot \Delta T_c, \quad (6)$$

где $\alpha_{ек}$ – коэффициент теплоотдачи при естественной конвекции, ΔT_c – средний температурный напор.

$$\Delta T_c = T_c - T_{xc}, \quad (7)$$

где T_c – средняя температура стенки сиффона, равня среднему арифметическому значению температур сиффона в «горячей» ($T_{гс}$) и «холодной» ($T_{хс}$) зонах ГТЭУ.

$$\alpha_{ек} = 1,35 \cdot \sqrt[3]{\Delta T_c}, \quad (8)$$

Мощность сиффона при совершении рабочего цикла составит:

$$N_{ц} = \frac{A_{пол}}{\tau_{ц}}. \quad (9)$$

Общая мощность ГТЭУ есть сумма мощностей ее рабочих элементов.

В качестве примера, авторами был спроектирован и рассчитан рабочий элемент на основе сиффона металлического измерительного однослойного специального из нержавеющей стали марки 08X18H10T, изготовленного по ТУ 25.02.110736–78, IV типа марки 78×10×0,16 (наружный диаметр – 78 мм, число ребер – 10, толщина стенки – 0,16 мм). Максимальное рабочее давление сиффона – 0,55 МПа; эффективная площадь – 35,2 см²; величина полного рабочего хода – 15,7 мм; жесткость – 4,5 $\frac{H}{мм}$. Расчетные эксплуатационные характеристики такого рабочего элемента составили: время рабочего цикла – 307,5 с (удлинение – 176 с, сжатие – 131,5 с); работа, совершаемая за рабочий цикл – 30,4 Дж (при удлинении – 23,69 Дж, при сжатии – 6,71 Дж); мощность рабочего элемента – 0,1 Вт; КПД рабочего цикла – 27,46 % (невысокий КПД связан, прежде всего, с малой величиной рабочего хода сиффона, конструкция которого не адаптирована под описанное применение).

Полученные параметры подлежат экспериментальной проверке и оптимизации. Нагрев сиффона будет осуществляться с помощью параболического солнечного концентратора (например, концентратор марки CS5.7-12 с длиной дуги дефлектора 5,67 м позволит увеличить интенсивность нагрева рабочих элементов в «горячей» зоне ГТЭУ в 72,69 раза). Охлаждение «холодной» зоны ГТЭУ будет проводиться в среде выбранного хладагента (проточная вода, воздушный поток и др.) с определенной циркуляцией. Для равномерной работы ГТЭУ будут подобраны количества элементов в «горячей» и «холодной» зонах ГТЭУ. При этом важно учесть, что время пребывания сиффона в зоне нагрева должно совпадать со временем полного испарения рассчитанного количества находящегося в нем рабочего тела, а время пребывания в зоне охлаждения – со временем полной конденсации рабочего тела в сиффоне. Целесообразным также представляется разработка нового типа сиффонов с большим рабочим ходом для совершения большей работы элементов ГТЭУ в процессе цикла. Таким образом предполагается реализовать

замкнутый газожидкостный цикл проектируемой энергетической установки. Проведение исследований поддерживается Всемирной федерацией научных работников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ковалев, С. Д. Экспериментальное обследование конвективного теплообмена при турбулентном течении в круглой обогреваемой трубе химически реагирующей четырехоксида азота сверхкритических давлений / С. Д. Ковалев. – Минск, 1971. – 30 с.
2. Петухов, Г. Д. Экспериментальное исследование теплоотдачи при турбулентном течении в круглой обогреваемой трубе химически реагирующей четырехоксида азота сверхкритических давлений / Г. Д. Петухов. – Минск, 1974. – 32 с.
3. Исследование теплообмена диссоциирующей четырехоксида азота при кипении, конденсации и в закритической области / В. Б. Нестеренко [и др.] // Тезисы докладов 4-й Всесоюзной конференции по теплообмену и гидравлическому сопротивлению при движении двухфазного потока в элементах энергетических машин и аппаратов. – Ленинград, 1971. – С. 15–18.
4. К вопросу о теплообмене жидкой четырехоксида азота при докритическом и сверхкритическом давлении / А. Н. Девойно [и др.] // Известия АН БССР. Сер. физико-энергетических наук. – 1972. – № 1. – С. 5–7.
5. Теплообмен диссоциирующей четырехоксида азота при сверхкритических параметрах / А. Н. Девойно [и др.] // Тезисы докладов 3-й Всесоюзной конференции по диссоциирующим газам. – Минск, 1972. – С. 28–31.
6. Нестеренко, В. Б. Физико-химические и теплофизические свойства растворов на основе четырехоксида азота / В. Б. Нестеренко. – Минск : Наука и техника, 1981. – 302, [1] с.
7. Физико-химические и теплофизические свойства химически реагирующей системы $N_2O_4 \rightleftharpoons 2NO_2 \rightleftharpoons 2NO + O_2$ / В. Б. Нестеренко [и др.] ; АН БССР. – Минск : Наука и техника, 1976. – 344 с.
8. Немцев, В. А. Перспективность применения химически реагирующей четырехоксида азота в качестве теплоносителя и рабочего тела солнечных электростанций (СЭС) / В. А. Немцев, В. Н. Степаненко // Атомная энергетика, ядерные и радиационные технологии XXI века : докл. VIII Международной конференции, Минск, 23–26 июня 2020 г. – Минск, 2020. – С. 36–42.
9. Ляшков, В. И. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / В. И. Ляшков, С. Н. Кузьмин. – Тамбов : Издательство ТГТУ, 2003. – 94, [1] с.

УДК 621.396.96

К.И. Якута, А.Г. Боровой

Белорусская государственная академия авиации

ИМИТАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАДИОВЫСОТОМЕРА МАЛЫХ ВЫСОТ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В настоящее время во всех сферах активно применяется роботизация и автоматизация процессов жизнедеятельности. Одним из основных направлений развития в таких условиях является повсеместное внедрение беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Рост их использования связан в первую очередь с их широкой функциональностью при относительно невысокой стоимости. Вместе с тем процессы навигации и управления современными БЛА во многом схожи с управляемыми летательными аппаратами (ЛА). Такое сходство во многом и определяет пути решения возникающих проблем.

Одной из задач (проблем) в применении БЛА является необходимость обеспечения безопасности полета на малых и предельно малых высотах. Для ее решения требуется непрерывное и автоматическое измерение такого навигационного параметра как высота полета БЛА, что обусловлено непосредственным ее влиянием на безопасность полетов.

В настоящее время существуют множество измерителей высоты, основными из которых являются: барометрический высотомер, радиовысотомер (РВ), спутниковая навигационная система.

Барометрические высотомеры, как правило, измеряют высоту полета относительно уровня морской поверхности и имеют значительные погрешности из-за отклонения реальных параметров атмосферы от принятых при калибровке. Основным недостатком измерения высоты спутниковой навигационной системы является ее относительно (измеряемых координат) невысокая точность и проблемы связанные с обеспечением помехоустойчивости. Однако основным недостатком использования данных измерителей высоты является их принципиальная (без применения дополнительной информации) невозможность измерения истинной высоты полета БЛА.

В тоже время существуют несколько измерителей расстояния, которые могли бы быть потенциально применимы для измерения высоты БЛА. К таким измерителям можно отнести лазерный дальномер и акустический дальномер. Однако их использования на БЛА не может эффективно использоваться ввиду наличия акустических шумов и интенсивных колебаний в процессе полета БЛА. По этой причине типовым (для управляемых ЛА) решением является использование РВ, что в значительной степени устраняет указанные выше недостатки.

Бортовые авиационные РВ активно применяются уже несколько десятилетий [1, 2]. Однако использование существующих изделий в качестве бортового оборудования для БЛА как военного, так и гражданского назначения в значительной степени ограничено, что с учетом их интенсивного развития, является своего рода проблемой для расширения диапазона условий их применения.

Масса-габаритные ограничения и необходимость снижения энергопотребления являются основными для любого бортового оборудования БЛА. В таких условиях является актуальной задача разработки новой аппаратуры, которая будет удовлетворять заранее установленным ограничениям.

Начальным этапом в процессе разработки любой аппаратуры является разработка ее имитационной математической модели, что позволяет на основе анализа результатов моделирования в значительной степени обосновать технический облик (структуру и технические характеристики) разрабатываемой аппаратуры.

Разрабатываемая математическая модель РВ в значительной степени должна отражать как его принципы функционирования, так и условия его применения. Для этого была разработана структурная схема имитационной математической модели РВ, представленная на рисунке 1.

Математическая модель РВ состоит из четырех составляющих: блока ввода исходных данных, блока формирования отраженного сигнала, модели функционирования РВ и блока оценки статистических характеристик измеряемых параметров.

Блок ввода исходных данных отвечает за формирование начальных условий и ограничений для имитационной математической модели РВ. Блок формирования отраженного сигнала предназначен для формирования принимаемого РВ излучения [3]. Под единичным элементом понимается участок подстилающей поверхности, облучаемый передающей антенной РВ площадью рассчитываемой исходя из количества моделируемых элементов диаграммы направленности антенны и геометрических соотношений. При этом учитывается подавляющее большинство факторов, влияющих на формирование отраженного сигнала. Модель функционирования РВ описывает основные преобразования осуществляемые в процессе обработки отраженного от подстилающей поверхности сигнала. В ней также учтена возможность изменения структуры и алгоритмов обработки сигнала, что используется при обосновании технического облика РВ для БЛА [4, 5].

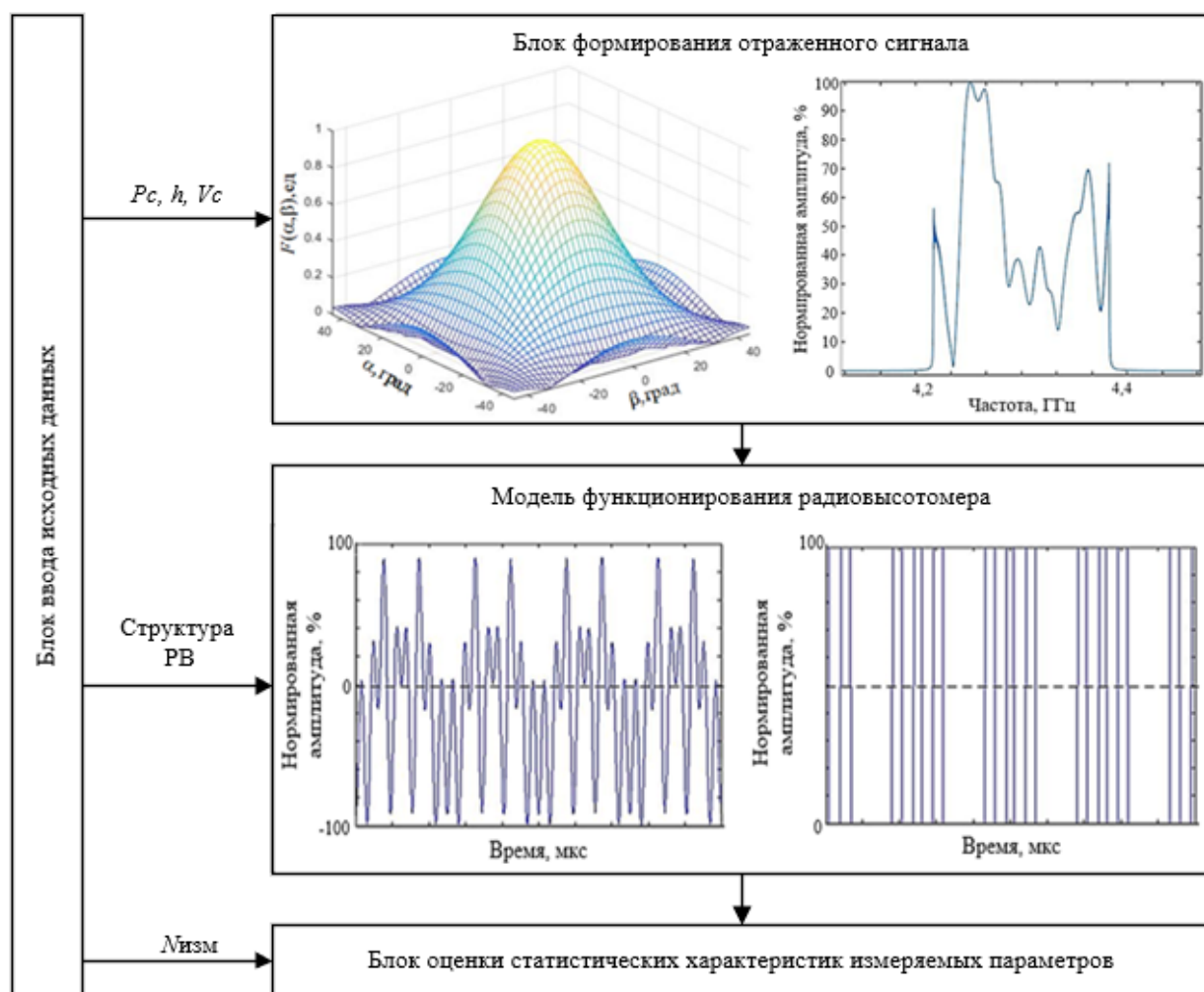


Рисунок 1 – Структурная схема математической модели РВ

Выходная информация с модели функционирования РВ поступает на блок оценки статистических характеристик, который предназначен для получения оценок технических характеристик РВ в зависимости от условий моделирования [5]. Это позволяет на основе анализа полученных результатов обосновать технический облик РВ в зависимости от заданных ограничений. Основным анализируемым выходным параметром является точность определения высоты полета БЛА, которая определяется с использованием статистического метода [3].

Основными задачами математической модели является:

- проведение сравнительного анализа точности получения оценок высоты летательного аппарата при использовании РВ с излучаемыми непрерывным немодулированным и с частотно модулированным сигналами;

- обоснование оптимальных значений размеров апертуры антенн и углов наклона их максимумов диаграмм направленности при заданной точности определения высоты;

- выработка рекомендаций и разработка способов по повышению точности измерения высоты полета ЛА.

Разработанная имитационная математическая модель позволяет анализировать все основные процессы возникающие в процессе функционирования РВ. Условия моделирования представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Условия моделирования процесса функционирования РВ

Наименование параметра	Значение параметра
Высота полета БЛА, м	100
Несущая частота РВ, ГГц	4,3
Период модуляции сигнала РВ, мс	2
Девиация частоты сигнала РВ, МГц	180
Мощность передатчика РВ, Вт	0,1
Размер апертуры антенны РВ, м	0,05×0,05

Таким образом, разработанная имитационная математическая модель РВ представляет собой эффективный инструмент проведения анализа основных достоинств и недостатков различных схем построения, а также позволяет обобщить существующие подходы к разработке радиоэлектронных комплексов и решить следующие задачи:

проведение исследований основных достоинств и недостатков различных принципов построения РВ;

повысить наглядности при изучении основных этапов функционирования РВ по средствам анализа параметров сигналов в процессе их основных преобразований;

обосновать технические характеристики для достижения заданных параметров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Купряшкин, И. Ф. Малогабаритные многофункциональные РЛС с непрерывным частотно-модулированным излучением / И. Ф. Купряшкин, В. П. Лихачев, Л. Б. Рязанцев. – М. : Радиотехника, 2020. – 279 с.
2. Авиационная радионавигация : справочник / под ред. А. А. Сосновского. – М. : Транспорт, 1990. – 264 с.
3. Справочник по радиолокации / под ред. Я. С. Ицхоки. – М. : Сов. радио, 1976. – Т. 1 : Основы радиолокации. – 456 с.
4. Калитин, С. Б. Авиационные радионавигационные устройства и системы. Авиационные радиовысотомеры / С. Б. Калитин. – Минск : УО «ВА Респ. Беларусь», 2008. – 89 с.
5. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей : учебник / Е. С. Вентцель. – М. : Высш. шк., 1999. – 576 с.

УДК 629.7.036.24

Ю.Ф. Яцына, К.В. Мигалин, А.И. Сиденко

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси, ООО «Научно-производственная фирма «Ротор» (г. Тольятти), Тольяттинский государственный университет

ПЕРСПЕКТИВЫ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СОВРЕМЕННОЙ АВИАЦИИ

Прошло уже более 87 лет с изобретения Паулем Шмидтом клапанного пульсирующего воздушно-реактивного двигателя (ПуВРД), положившего начало истории развития импульсных двигателей в авиации. Интерес к этому типу двигателей то разгорался, то прерывался на долгое время. Это было связано с появлением турбореактивных двигателей. Остановка работ над ПуВРД в СССР, США и других развитых странах произошла 1953–1955 годах. Наивысшей точкой развития этих двигателей в СССР считается крылатая ракета Челомея 16Х, оснащенная двумя ПуВРД Д14-4 с тягой по 250 кГс.

Неудовлетворенность ресурсом и надежностью клапанного механизма заставила инженеров искать новые решения, и они были найдены [1]. Было разработано сравнительно много разнообразных конструкции бесклапанных ПуВРД. Наиболее типичные представлены на рисунке 1.

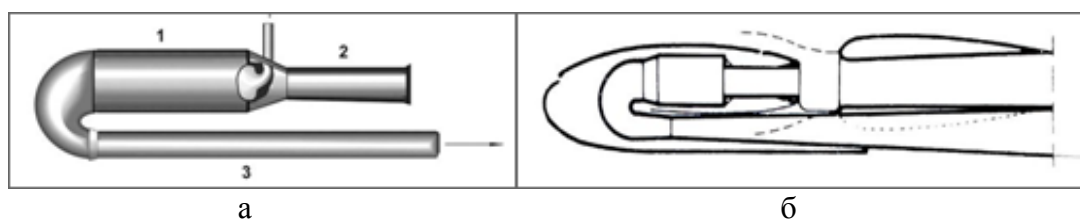


Рисунок 1 – Два типа бесклапанных двигателей:
а – двигатель Бертина, б – Snecma C-450

Их эксплуатационные характеристики существенно уступали ТРД, поэтому больших надежд на них не возлагали, но для решения простейших задач с минимальной затратой денежных ресурсов они вполне подходили. Самое главное их преимущество состояло в технологической простоте изготовления и в цене. Она оказывалась в 10–50 раз меньше, чем у турбореактивного двигателя аналогичной тяги. Это качество определило и их применение в одноразовых самолетах-мишенях. Для этой цели до сих пор используются ПуВРД типа Термо Джет. В России на сегодняшний день самолеты-мишени с этими двигателями производит АО «Эникс», г. Казань. За рубежом подобные типы мишеней так же производятся. Вполне ожидаемым стало решение управления по вооружениям ВВС США о расширении области применения самолетов с ПуВРД и начале финансирования работ по новому типу многоцелевых беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Их новое назначение – вскрытие систем ПВО противника и выполнение функций «камикадзе» (нанесение ударов по наземным целям). Такое решение было принято на фоне роста потребления самолетов беспилотной авиации армией США, приобретающей вид геометрической прогрессии.

В этой связи аналитиками Пентагона было принято решение перейти к удешевлению двигательной установки (рисунок 2), в противном случае в ближайшее время для производства двигателей может просто не хватить ресурсов.



Рисунок 2 – Фото самолета-мишени E95



Рисунок 3 – Проект нового типа БЛА компании «WEC»

В 2021 г. был заключен контракт с Wave Engine Corp, на начальном этапе в разработку вложен 1 млн. долларов. Новый тип БЛА планируется запускать с самолета F-16 (рисунок 3).

Но не только самолеты мишени оказались в зоне возможного применения бесклапанного ПуВРД. Примерно 20 лет назад сообщество двигателистов во всем мире «заболело» идеей создания детонационного ВРД. Наиболее яркие и ресурсозатратные

образцы таких двигателей описаны в [2]. Один из них представлен на рисунке 4, на котором показана попытка выноса детонационного контура из двигателя в отдельные камеры с золотниковыми механизмами. Эта и множество других попыток закончились полным провалом.



Рисунок 4 – Огневые испытания ТРД с детонационными камерами («Шок»)

Причин тому много, но главная состоит в том, что продольный тип детонации с высокой частотой пульсаций оказался технически не реализуем. Увеличить частоту детонационных вспышек можно, перейдя к другой форме детонации – сферической. Реализация такого вида детонации требует очень мощного источника циклического зажигания топливоздушную смеси. Бесклапанные эжекторные ПуВРД (рисунок 5) обладают таким источником и могут это осуществить [4]. И если в новом типе двигателя вопрос целесообразности перехода к циклу детонационного горения остается открытым, то в случае дефлаграционного горения новый двигатель способен работать на скоростях полета вплоть до 2М. Все известные на сегодняшний день ПуВРД дозвуковые.

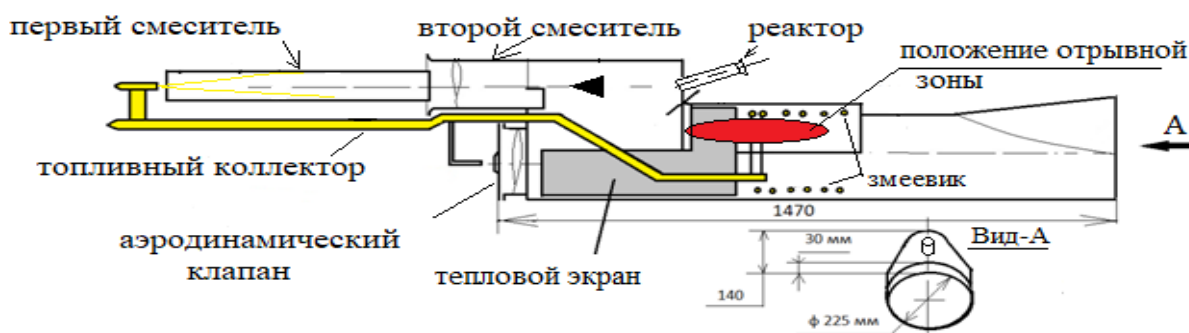


Рисунок 5 – Схематичное изображение двухконтурного эжекторного ПуВРД

На рисунке 6 представлены показатели по удельному расходу топлива и удельной тяге эжекторного двухконтурного ПуВРД в сравнении с другими типами авиационных двигателей. Можно видеть, что в области скоростей полета 1-1,5М этот двигатель демонстрирует показатели значительно лучше, чем прямоточный воздушно реактивный двигатель (далее – ПВРД). Если учесть то, что в этом диапазоне скоростей ПВРД стараются не использовать в виду крайне низкой экономичности, то разработанный новый вид ПуВРД может оказаться безальтернативным.

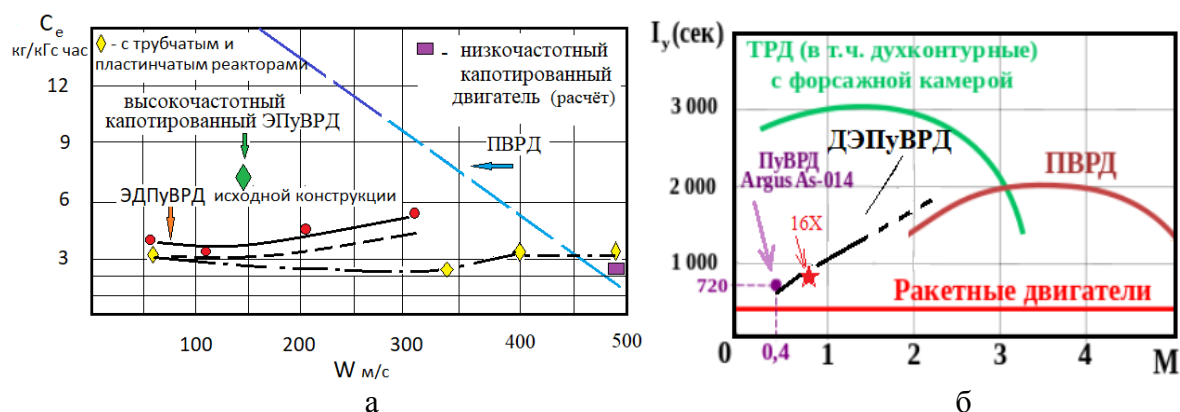


Рисунок 6 – Сравнение удельного расхода топлива (а) и удельной тяги (б), для эжекторного ПуВРД и ПВРД

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пульсирующие воздушно-реактивные двигатели : монография / К. В. Мигалин [и др.] ; под общ. ред. К. В. Мигалина. – Тольятти : Изд-во ТГУ, 2014. – 295 с. : ил., табл.
2. Импульсный реактивный двигатель как будущее ВВС США [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [h.https://vpk.name/news/521141_impulsnyi_reaktivnyi_dvigatel_kak_budushee_vvs_ssha.html](https://vpk.name/news/521141_impulsnyi_reaktivnyi_dvigatel_kak_budushee_vvs_ssha.html). – Дата доступа: 12.11.2021.
3. Шумилин, А. Перспективные силовые установки для высокоскоростных летательных аппаратов / А. Шумилин // Авиация и космонавтика. – 2003. – № 10. – С. 18–27.
4. Мигалин, К. В. Эжекторные двухконтурные пульсирующие воздушно-реактивные двигатели для около и сверхзвуковых скоростей полета / К. В. Мигалин, К. А. Сиденко, К. К. Мигалин. – Тольятти : Спект, 2021. – 147 с.



**3 СЕКЦИЯ.
ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ
ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ
СУДОВ**



УДК 623.746.174

Н.З. Агаев, А.В. Сенин, З.Н. Агаев

ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж).

ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ ВЕРТОЛЕТА В ПОЛЕТЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ

Одним из путей обеспечения безопасности нашей страны является поддержание стратегической стабильности, в основе которой лежит военная мощь Вооруженных сил (ВС). Повышение эффективности боевых авиационных комплексов (БАК) является одним из путей укрепления ВС России. Это может быть достигнуто путем проведения научных исследований в этой области. Успешное выполнение боевых задач с высоким уровнем эффективности, стоящих перед БАК, в значительной мере зависит от их способности избежать последствий воздействия средств поражения (СП) противника.

В комплексе мероприятий военного руководства России значительное место отводится ускоренному развитию армейской авиации, которая за относительно короткий период своего существования превратилась из вспомогательного в одно из основных и перспективных средств вооруженной борьбы.

Несмотря на высокие маневренные свойства вертолетов, применение средств радиоэлектронной борьбы и других мероприятий, обеспечивающих их выживаемость, вероятность воздействия по вертолету средств поражения при выполнении им боевой задачи и преодолении системы противовоздушной обороны (ПВО), остается значительной. В связи с этим задача обеспечения высокого уровня боевой живучести (БЖ) занимает важное место.

Одним из способов решения задач по БЖ является системный подход, который предполагает создание математических моделей, описывающих взаимосвязи между отдельными элементами в исследуемых явлениях с учетом задач более высокого уровня. Так как БЖ совместно с другими свойствами БАК определяет его боевую эффективность, то для оценки боевой живучести в конечном итоге используются критерии боевой эффективности. В соответствии с принципами системного подхода к исследованию эффективности можно выделить четыре иерархических уровня для формирования критериев оценки БЖ конструкции лопасти несущего винта (ЛНВ) вертолета.

Первый уровень. На данном уровне рассматривается ущерб, наносимый противнику вертолетом за его боевую жизнь. Традиционно в данном случае используется боевой потенциал.

Второй уровень. На этом уровне рассматривается БЖ одиночного ВС. В качестве критерия оценки принимается функция состояния ВС в некотором состоянии при воздействии типовых средств поражения. Для оценки БЖ необходимо уметь определять показатели функционального состояния ВС после воздействия средств поражения.

Третий уровень. На этом уровне рассматривается БЖ агрегата. Под агрегатом в данной работе понимается, часть конструкции ЛНВ вертолета. При получении ВС боевых повреждений изменяются летно-технические характеристики. В результате этого могут ухудшаться показатели устойчивости, управляемости и маневренности ВС, что может являться причиной срыва выполнения боевого задания, а в большинстве случаев – разрушением и потерей ВС. Поэтому при оценке БЖ ВС в первую очередь встает вопрос определения способности БАК решить поставленную задачу с имеющимися боевыми повреждениями или вернуться на аэродром базирования. Для этого надо уметь определять располагаемые характеристики поврежденного ВС и сравнить их с потребными, необходимыми для выполнения боевого задания или возвращения на аэродром базирования.

Четвертый уровень. На данном уровне рассматривается БЖ силового элемента конструкции ЛНВ вертолета с определением первичных повреждений от

непосредственного воздействия поражающих факторов СП. Под силовым элементом понимается часть конструкции лопасти, образованная лонжероном.

Разработка проектов вертолетов последнего десятилетия проходила в традиционной необходимости выполнения противоречивых требований, снижения массы конструкции и надежного обеспечения ее прочности. Особенностью проектов стало комплексное обеспечение статической, усталостной прочности, ползучести и аэроупругости. Каждое из направлений прочности стало одинаково важным, влияющим на другие и от других зависящим.

Итак, аэроупругостью называется отрасль механики, изучающая взаимодействие аэродинамических, упругих и инерционных сил и влияние этого взаимодействия на различные конструкции в потоке газа.

Борьба за повышение боевой эффективности ВС приводит к поискам новых конструктивных решений, совершенствованию численных методов проектирования и расчета на прочность конструкций, внедрению материалов с высокой удельной прочностью, применению систем автоматического управления и внедрению других технических достижений. Однако комплексная реализация такого рода нововведений, особенно связанных с конструкцией и направленных на уменьшение массы, повысила чувствительность конструкции к различного рода повреждениям.

Уменьшение прочности может повлечь за собой частичную потерю летных качеств ВС или привести к разрушению конструкции и гибели экипажа. Полное разрушение конструкции может наступить как вследствие катастрофического падения прочности, так и из-за снижения жесткости, которое приводит к возникновению флаттера или дивергенции.

Поэтому вопросы прочности, жесткости для ВС военного назначения стали важной проблемой наряду с надежностью и безопасностью полета.

Как показывает опыт боевых действий, из всех элементов компоновки вертолета несущий винт (НВ) является элементом, вносящим наибольший вклад в его уязвимость.

Это объясняется тем, что:

во-первых, наличие относительно большой площади НВ по сравнению с другими частями планера увеличивает вероятность попадания снарядов и осколков в него;

во-вторых, так как подъемная сила создается НВ, то его разрушение во многих случаях приводит к сбитию ВС;

в-третьих, несимметричные повреждения ЛНВ приводят к развитию движения крена, возможность парирования которого ограничены.

Поражение оборудования и некоторых систем экипаж может определить по изменению различных параметров функционального состояния ВС. А вот повреждения ЛНВ в полете практически не могут быть обнаружены. Пробоины в элементах конструкции приводят к уменьшению допустимых перегрузок. В условиях информационного вакуума летчик не в состоянии продолжать выполнение полетного задания с требуемым уровнем безопасности полета. Поэтому, одной из актуальных задач является диагностика отказов элементов и агрегатов ВС и его подсистем, а также оценка степени опасности выявленных отказов и принятие ответственных решений по выбору дальнейшего режима полета.

Одним из важнейших направлений в обеспечении безопасности полета является оснащение вертолета техническими средствами, позволяющими свести к минимуму вероятность ошибки экипажа. Таким же направлением является требование живучести – обеспечение высокой вероятности выполнения задачи полета при возникновении критических ситуаций, вызванных повреждениями силовой конструкции ВС, то есть ЛНВ в боевых условиях. В данной ситуации существует возможность разрушения ЛНВ при создании предельных перегрузок в процессе маневрирования.

Развитие технических средств, прогресс в области бортовых цифровых вычислительных машин (БЦВМ) открыли новые возможности. Применение БЦВМ

позволяет выбрать такие законы управления несущими поверхностями, которые могут придавать ВС новые свойства. Создание бортовой интеллектуальной системы поддержки экипажа позволяет летчику безбоязненно управлять вертолетом после воздействия по ВС средств поражения противника.

Введение новой системы диагностирования ЛНВ вертолета, при котором состояние контролируемых элементов определяется в момент появления боевого повреждения, а не прогнозируется на основе статистического анализа, требует разработки новых методов и устройств неразрушающего контроля в полете. Одним из ключевых направлений на пути создания будущих вертолетов является разработка концептуальных и теоретических основ построения бортовых систем управления и поддержки принятия решения. Поскольку в современной трактовке эти системы активно используют знание и опыт экспертов, ориентированные на оперативное вмешательство в работу объекта управления (то есть ВС и его подсистем) на основе анализа непрерывно меняющейся модели внешней и внутренней его среды, то их нередко называют бортовыми оперативно-советующими экспертными системами, экспертными системами реального времени или активными экспертными системами. В свою очередь, указанные системы относятся к классу интеллектуальных систем.

Интеллектуальной системой управления считается такая, в которой знания о неизвестных характеристиках объекта управления и окружающей среды формируются в процессе обучения и адаптации, а полученная при этом информация используется в процессе автоматического принятия решения так, что качество управления улучшается. Поэтому для оценки состояния поврежденной ЛНВ вертолета и формирования информации об этом, в данной статье предлагается система интеллектуальной поддержки экипажа.

Под системой интеллектуальной поддержки экипажа понимают совокупность средств и методов, позволяющих собирать, перемещать, обрабатывать и передавать отобранную информацию. Система интеллектуальной поддержки экипажа при воздействии средств поражения и повреждении ЛНВ вертолета дает возможность определить допустимые перегрузки и скорость при маневрировании вертолета и выдает рекомендации летчику о дальнейшем продолжении полета с учетом допустимой перегрузки, скорости.

В общем случае данная система интеллектуальной поддержки экипажа включает в себя следующие основные элементы, рисунок 1: датчик первичной информации (1); вычислитель (2), состоящий из блока обработки информации (3), блока формирования команд (4); исполнительное устройство (5).

Таким образом, разработка методики оценки боевой живучести вертолета с учетом изменения функционального состояния лопасти несущего винта вертолета в полете при боевых повреждениях и создание системы интеллектуальной поддержки экипажа является новой научной задачей.

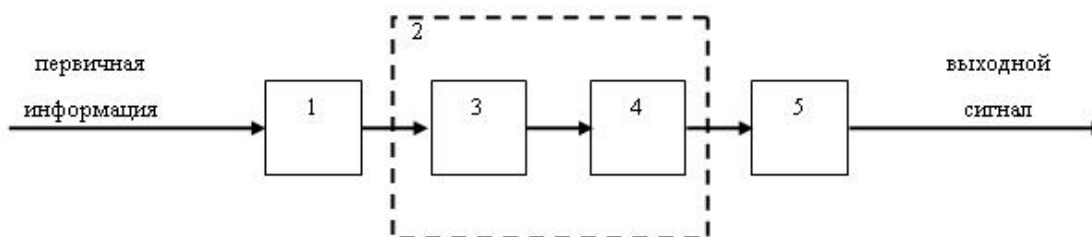


Рисунок 1 – Функциональная схема системы интеллектуальной поддержки экипажа

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кривцов, В. С. Проектирование вертолетов : учебник / В. С. Кривцов, Я. С. Карпов, Л. И. Лосев. – Харьков : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 344 с.
2. Курочкин, Ф. П. Конструирование винтов, силовых установок и приводов вертолета : учебное пособие / Ф. П. Курочкин. – М. : МАИ, 1980. – 139 с.
3. Вертолеты: расчет и проектирование / М. Л. Миль [и др.]. – М. : Машиностроение, 1966. – Кн. I. – 454 с.

УДК 004.9:629.7.067

Н.З. Агаев, А.В. Сенин, З.Н. Агаев

ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)

ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ АВИАЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В числе важнейших эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ), влияющих на эффективность применения воздушного судна (ВС), особое место занимают показатели надежности, безопасности и живучести [1]. В условиях возрастающих объемов интенсивности использования ВС неизбежно возрастают требования по обеспечению безопасности полетов (БП). БП характеризуется свойством авиационно-транспортной системы, которое заключается в ее способности осуществлять воздушные перевозки без риска для жизни и здоровья людей, предупреждать и предотвращать возникновение особых ситуаций. Необходимость решения проблемы обеспечения БП, обусловило поиск и разработку новых методов оценки ее уровня, формирования теоретических основ сохранения летной годности.

На БП влияют следующие факторы:

1. человеческий фактор – люди в той обстановке, в которой они живут и трудятся, взаимодействуют с машинами, процедурами и окружающей обстановкой, а также между собой;
2. технический фактор – включает характеристики воздушных судов (ВС) и другой авиационной техники, средства навигации и управления воздушным движением;
3. неблагоприятные внешние условия – события или явления во внешней среде, которые создают угрозу безопасности полета. К ним относятся неблагоприятные метеорологические условия, скопление в воздухе птиц, наличие спутных следов от ранее пролетевших самолетов и т. д.

При этом следует иметь в виду, что во всех случаях, связанных с исследованиями в данной области, присутствует и явном или неявном виде «человеческий фактор» (ЧФ) как один из важнейших аспектов безопасности полетов. На заре авиации доля ЧФ составляла около 5%, в середине XX в. – 45%. В настоящее время ЧФ определяет 80% всех авиационных происшествий.

Под человеческим фактором следует понимать совокупность индивидуальных и присущих профессиональному контингенту в целом качеств и свойств человека, которые проявляются в конкретных условиях функционирования авиационной системы, оказывая влияние на ее эффективность и надежность. В такой высокотехнологичной отрасли, как авиация, основное внимание при решении проблем часто уделяется техническим средствам. Однако статистика данных авиационных происшествий неоднократно подтверждает тот факт, что, по крайней мере, три из четырех происшествий являются следствием ошибок, допущенных внешне здоровыми индивидуумами с надлежащей квалификацией.

Ошибки технического обслуживания возникают в процессе эксплуатации и обычно вызваны некачественным ремонтом оборудования или неправильным монтажом вследствие недостаточной подготовленности обслуживающего персонала, неудовлетворительного оснащения необходимой аппаратурой и инструментами.

Статистика летных происшествий наглядно демонстрирует исключительно важную роль «отказа» человеческого звена в обеспечении безопасности полетов.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что обеспечить эффективную реализацию функциональных возможностей АТ, а именно снизить стоимость эксплуатации и повысить боеготовность авиационных частей возможно путем создания системы эксплуатации и ремонта авиатехники на основе применения современных ИПИ-технологий.

ИПИ-технологии – информационные технологии описания ВС и составных частей на всех стадиях его жизненного цикла, среды разработчиков, изготовителей, эксплуатирующих и ремонтных организаций, процессов, протекающих в этих средах, необходимых ресурсов в условиях автоматизированного информационного взаимодействия всех участников жизненного цикла.

По оценкам независимых экспертов внедрение информационных технологий управления жизненным циклом сложных систем вооружения в военно-промышленный комплекс США обеспечило:

- сокращение затрат на проектирование на 10–30%;
- сокращение времени разработки изделий на 40–60%;
- сокращение времени вывода новых изделий на рынок – от 25 до 75%;
- сокращение брака и конструктивных изменений на 25–75%;
- сокращение затрат на подготовку технической документации до 40%;
- сокращение затрат на разработку эксплуатационной документации до 30%;
- сокращение затрат на эксплуатацию и ремонт от 50 до 80%.

Одним из ключевых компонентов обеспечения процессов эксплуатации и ремонта авиационной техники (АТ) является эксплуатационная документация. Традиционная документация в бумажном исполнении отличается чрезвычайно большим физическим объемом, сложностью, продолжительностью и трудоемкостью ведения текущих записей и внесения в нее изменений, значительными неудобствами использования.

Особо следует отметить недостатки эксплуатационной и ремонтной документации на бумажных носителях, которые во многом обуславливают:

- ошибки личного состава, которые нередко приводят к возникновению аварийных ситуаций в воздухе;
- увеличение времени на выполнение работ из-за плохой приспособленности документации к предоставлению избирательной технологической информации о процессах технического обслуживания и ремонта (ТОиР);
- ошибки при планировании и управлении технической эксплуатацией и ремонтом ВС из-за плохой согласуемости документации на бумажных носителях с системой каталогизации предметов снабжения, с создаваемыми автоматизированными системами управления ИАС и материально-технического обеспечения.

Решение проблемы заключается в переводе всего комплекса эксплуатационной, ремонтной, нормативной, учетной и отчетной документации в электронный вид, а именно создание системы интегрированной логистической поддержки (ИЛП) в процессе эксплуатации. В институте [2] выполнены ряд исследований по формированию типового облика такой системы, в ходе которых установлено, что применительно к военной авиации целями ИЛП на стадиях эксплуатации и ремонта являются:

- автоматизация и информатизация процессов управления технической эксплуатацией и ремонтом;
- повышение эффективности работ по контролю качества ремонта в авиаремонтных предприятиях;
- обеспечение возможности анализа текущего технического состояния ВС и прогнозирование его изменения;
- непрерывное улучшение эксплуатационно-технических характеристик ВС;

- сокращение сроков подготовки ремонтного производства и освоения ремонта новых изделий АТ, существенное повышение уровня технико-экономической эффективности и качества серийного ремонта изделий АТ;

- сокращение стоимости эксплуатации и ремонта АТ.

По результатам анализа логистической поддержки осуществляется автоматизированное планирование в электронном виде процессов ТОиР, которое предполагает:

- формирование концепции ТОиР, определяющей виды ТОиР, их классификацию в зависимости от периодичности выполнения, условий эксплуатации и организации выполнения, организационных уровней обслуживания и ремонта;

- мониторинг технического состояния парка ВС и прогнозирование его изменения на основе накапливаемых в общей базе данных сведений о состоянии систем, оборудования и двигателей ВС, о произошедших отказах и повреждениях, об обеспеченности запасами ресурсов и сроков службы (хранения);

- разработку правила выбора и включения в программу ТОиР работ в целях поддержания надежности при оптимальных затратах ресурсов;

- разработку регламента технического обслуживания и его оперативную корректировку по результатам реальной эксплуатации в войсках;

- планирование деятельности эксплуатирующих организаций в процессе управления и контроля ТОиР.

В отличие от документов в бумажном исполнении электронные технические документы решают следующие задачи:

- оперативное обеспечение персонала информационным материалом об устройстве и принципах работы систем воздушного судна;

- оценку технического состояния судна с использованием средств автоматизированного контроля, диагностирования, поиска и устранения неисправностей;

- оперативное и наглядное обучение правилам и процедурам технического обслуживания и ремонта, обеспечение информацией о технологии выполнения операций по техническому обслуживанию и ремонту, о потребностях в необходимых инструментах и материалах, о количестве и квалификации персонала;

- реализацию автоматизированного заказа предметов снабжения и других материальных средств и их учета на этапах прохождения к эксплуатанту;

- обеспечение электронного обмена данными между эксплуатантом, органами военного управления и поставщиками.

Характерными свойствами электронной документации являются:

- интерактивность, то есть возможность для специалиста ИАС или ремонтного завода получать необходимые сведения об эксплуатационных и ремонтных процедурах, относящихся к конкретному изделию, непосредственно во время проведения этих процедур в форме прямого диалога с компьютером;

- обеспечение прямого интерфейсного взаимодействия с электронными модулями оценки технического состояния судна и его составных частей;

- обеспечение проведения операций по поиску отказов и повреждений на судне, их устранения, заказу необходимых запасных частей;

- обеспечение гипертекстовых ссылок между фрагментами документации и поиск необходимой информации по контексту.

Таким образом, разработка и создание системы ИЛП в процессе эксплуатации АТ является актуальным направлением, она позволит в значительной мере сократить ошибки технического обслуживания в процессе эксплуатации, что в свою очередь повышает безопасность полетов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анцелович, Л. Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета : учебник / Л. Л. Анцелович. – М. : Машиностроение, 1985. – 296 с.
2. Разработка требований к электронной эксплуатационной документации : отчет о НИР (заключ.). – М. : ФГУП «ЛИИ им. М. М. Громова», 2007. – 57 с.
3. Концепция разработки, внедрения и развития информационной поддержки жизненного цикла изделий авиационной техники Военно-воздушных сил Российской Федерации. – М., 2007. – 28 с.

УДК 657.2

И.И. Барабан, Е.Л. Моторина

Белорусская государственная академия авиации

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО УВД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В то время, когда пропускная способность воздушного пространства достигает своего предела, и работа авиадиспетчеров становится все более напряженной, технология удаленного ОВД, которая помогает снизить рабочую нагрузку авиадиспетчеров и повысить уровень безопасности, является огромным преимуществом [1].

Удаленное ОВД – это, по сравнению с существующей, менее затратная технология обслуживания воздушного движения, позволяющая в полном объеме оказывать пользователю услуги на аэродроме при взлете, посадке и рулении.

Суть этой технологии состоит в том, что на территории аэродрома вместо строительства и содержания диспетчерской вышки устанавливаются видеокамеры высокого разрешения. Информация с этих видеокамер передается на мониторы или проекторы виртуального диспетчерского пункта, где воспроизводятся на крупноразмерных дисплеях, и у диспетчеров создается полное ощущение работы на реальной диспетчерской вышке.

Данная система включает в себя следующие функции: удаленное наблюдение за ВПП, зонами маневрирования, возможность увеличивать картинку воздушных судов, наблюдение в инфракрасном диапазоне, обзор аэропорта в диапазоне 360 градусов, сопровождение и классификация воздушных судов при взлете и посадке.

Основные плюсы внедрения дистанционной диспетчерской вышки:

1) Экономия.

Намного дешевле один раз установить соответствующее оборудование, чем содержать службу УВД на малых аэродромах.

2) Подготовка.

В малых аэропортах подготовка авиадиспетчеров часто бывает очень слабой. И это ничего не говорит о самих диспетчерах. Просто при отсутствии постоянного движения навыки теряются, и подготовка на диспетчерских тренажерах не может заменить реальную практику.

3) Многофункциональность.

Система также позволяет подключить несколько аэродромов к одному рабочему месту. Другими словами, если известно, что в ближайшее время ожидается прибытие самолета, диспетчер просто переключается на нужный аэродром и обеспечивает диспетчерское обслуживание. А потом, таким же образом переключается на другой аэродром и т. д.

В настоящее время в Республике Беларусь расположено шесть действующих аэропортов: РУП «Национальный аэропорт Минск», Гомель, Брест, Гродно, Могилев и

Витебск. Также на территории Республики Беларусь находятся два гражданских аэродрома: Болбасово и Липки.

Одним из самых привлекательных аэродромов для внедрения системы дистанционного УВД является аэродром «Болбасово». Согласно указу президента РБ, в поселке Болбасово Витебской области, недалеко от города Орши, построят крупный мультимодальный промышленно-логистический центр.

Болбасово находится в выгодном географическом положении, город Орша – крупнейший железнодорожный узел РБ, длина ВПП 3000 метров (аэродром класса Б), может принимать самолеты Ан-124, Ил-76.

Инвестиционный проект предусматривает, что под Оршей до 31 декабря 2023 года планируется реконструкция действующей взлетно-посадочной полосы с целью создания аэропорта международного класса. В связи с этим потребуется строительство новой диспетчерской вышки. В качестве альтернативы, которая не только повысит безопасность полетов, но также существенно снизит расходы, может быть использована система дистанционных диспетчерских пунктов.

Если говорить о перспективе дистанционного оказания услуг ОВД нескольким аэродромам Республики Беларусь, то в настоящее время все основные службы, которые управляют воздушным движением на территории Беларуси, находятся в Национальном аэропорту Минск, что не соответствует мировой практике. Как правило, такие центры управления находятся обособленно в соответствии с международными требованиями. По правилам, Центр управления должен располагаться в отдельном здании, защищенном от помех и возможных террористических угроз. Поэтому было принято решение о строительстве нового центра управления воздушным движением, где в дальнейшем возможно размещение центра удаленных вышек.

Благодаря наличию экранов с круговым углом обзора, транслирующих изображение в режиме реального времени с аэродрома с аудио сопровождением, диспетчеры, находясь на значительном удалении от аэродрома, смогут управлять воздушным движением практически так же, как при традиционном УВД.

Основные улучшения будут достигнуты в следующих областях: безопасность полетов, снижение эксплуатационных расходов на аэродромы, снижение затрат на оказание услуг ОВД пользователям воздушного пространства, более эффективное использование людских ресурсов, повышение уровня стандартизации всех систем и процедур по дистанционному обслуживанию аэродромов, повышение уровня ситуативной осведомленности в условиях ограниченной видимости благодаря применению технических средств повышенной визуализации, повышение пропускной способности в условиях ограниченной видимости, повышение пропускной способности при возникновении непредвиденных обстоятельств.

Дистанционное оказание услуг ОВД нескольким аэродромам возможно с использованием ряда подходов, которые зависят от наличия нескольких факторов. Однако общим для них является принцип, что один ATCO/AFISO будет оказывать услуги ОВД сразу нескольким аэродромам. В числе дополнительных факторов, которые следует учитывать при варианте дистанционного оказания услуг ОВД сразу нескольким аэродромам, следует назвать [2]:

1) диспетчерские рабочие места – число и конфигурация CWP в RTC. Одно CWP может обслуживать один аэродром, несколько аэродромов или делить оказание услуг тому же аэродрому с другим CWP (применимо только к более крупным аэродромам);

2) методы работы – ожидается, что ATCO/AFISO сможет оказывать услуги ОВД большему числу аэродромов, когда на этих аэродромах в данный момент нет движения воздушных судов, но воздушное пространство организовано и нуждается в оказании услуг ОВД. По мере роста интенсивности движения максимальное число аэродромов, обслуживаемых одним ATCO/AFISO, будет снижаться;

3) организация воздушного движения – способность работать с движением в режиме как ППП, так и ПВП требует его организации – согласования спроса и пропускной способности. Координация окон вылета и синхронизация движения на нескольких аэродромах позволит получить максимальные выгоды от работы нескольких диспетчерских пунктов путем сокращения числа случаев, когда на нескольких аэродромах одновременно происходит движение воздушных судов;

4) группирование аэродромов – выбор аэродромов, которые могут одновременно обслуживаться одним АТСО/АФИСО;

5) контроль над заходом на посадку – решение вопроса о том, должен ли контроль над заходом на посадку также входить в обязанности АТСО/АФИСО, обслуживающего серию аэродромов, или его следует возложить на специально назначенного диспетчера АРР, либо с применением комбинации того и другого;

6) управление ресурсами – согласование численности смены с количеством обслуживаемых аэродромов, интенсивностью движения и числом аэродромов, обслуживаемых каждым АТСО/АФИСО.

Таким образом, можно сделать вывод, что для более безопасного и продуктивного УВД в первую очередь требуется выбрать одиночный аэродром Беларуси, на котором будут произведены испытания по применению системы удаленной диспетчерской вышки.

В дальнейшем, система позволит подключить несколько аэродромов к одному рабочему месту. Другими словами, если известно, что в ближайшее время ожидается прибытие самолета, диспетчер просто переключается на нужный аэродром и обеспечивает диспетчерское обслуживание. А потом, таким же образом переключается на другой аэродром.

Следовательно, реализация данного проекта является экономически целесообразной и внедрение системы дистанционно управляемых аэродромных диспетчерских пунктов в Республике Беларусь позволит существенно повысить безопасность и осуществить положительный экономический эффект за счет экономии средств на персонале за счет сокращения численности смен. А также за счет сокращения капитальных затрат, в частности, экономия за счет отсутствия необходимости менять или ремонтировать здание диспетчерской вышки и ее оборудование.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Doc 9868. Подготовка персонала. – Монреаль : ИКАО, 2016. – 120 с.
2. Doc 4444. Организация воздушного движения. – Монреаль : ИКАО, 2016. – 150 с.

УДК 351.814.26

T. Voika, Y. Hlukhava

Belarusian State Academy of Aviation

VOLCANIC ASH AND AVIATION SAFETY

Now aviation has learnt to cope well with wind, rain, snow, and fog. But every weather phenomenon has a degree that can be dealt with, and a line that it is better not to go beyond. And if there is even the slightest chance that the flight may be threatened due to the weather, it is canceled. Passenger safety is first and foremost.

Plumes of volcanic ash near active volcanoes represent flight safety, especially at night. Volcanic ash is hard, it can quickly cause significant wear of propellers and turbocharger blades, as well as scratch the cabin windows, impairing the view. Ash pollutes the fuel system, can jam gears and cause engine failure. Its particles have a low melting point, so they melt in the combustion chamber of the engine, then the ceramic mass adheres to the turbine blades, fuel injectors and the combustion chamber – which can lead to a complete engine failure [1].

Pilots cannot see ash clouds at night. In addition, the ash particles are too small to reflect the echo on the onboard weather radars of commercial airliners. Even when flying in daylight, pilots can interpret the visible ash cloud as an ordinary cloud of water vapor, and not as a danger, especially if the ash flew far from the eruption site. Volcanic ash has a melting point of about 1100°C (2010°F), which is lower than the operating temperature of modern commercial jet engines, about 1400°C (2550°F). Volcanic ash can damage gas turbines in several ways. They can be divided into those that pose an immediate danger to the engines, and those that pose a problem during maintenance.

The most sensitive surface is the guide vanes of the high-pressure turbine nozzle (NGV) located immediately after the combustion chamber. The gas flow is blocked through the gas engine transport, so the area of gas flow through the gas engine is a controlled area for the engine. If this area is reduced due to the build-up of ash, a smaller mass flow rate of gas passes through the engine core. Reducing the mass flow rate leads to the fact that the turbine performs less work. The turbine drives the compressor, which, accordingly, also performs less work on air compression. If the compressor can no longer hold the high-pressure gas in the engine core, the gas flow may reverse and exit the front of the engine. This is known as engine surging or compressor surging and is often accompanied by a flame ejection from the front of the engine. This wave is likely to extinguish the flame in the combustion chamber of the engine. As soon as the high pressure in the core subsides, the engine can be restarted. Restarting the engine at altitude may be difficult due to lower temperatures and ambient gas pressure, but this is usually not a problem. Volcanic ash carries a significant electrostatic charge. Powdery ash falling into the electronic components of the engine or fuselage can cause a power failure, which poses an immediate danger to the aircraft [2].

Problems caused by ash requiring increased maintenance:

1. Volcanic ash, being a solid substance, damages gas turbine compressors. It destroys by hitting the blades and blades of the compressor and removing the material, and erases due to three bodies of interactions between the rotating blade, ash particles and the annular space of the compressor. Changing the shape of the blades and blades, as well as increasing the gaps between the blades and rings, help reduce the fuel efficiency of the engine and its operability.

2. Molten ash stuck to the cooled surfaces can block the cooling holes. This stops the cooling air flow and heats the surrounding metal, which leads to accelerated thermal fatigue. This process affects the components of the combustion chamber and turbine.

3. Ash can accumulate and partially block the fuel spray nozzles, impairing the air and fuel flow fields and the stoichiometry of the mixture in the combustion chamber. Such unfavorable.

Sulfur dioxide – another product of volcanoes, which is carried in ash clouds after an eruption – causes corrosion of aircraft flying through it.

An attempt has been made to prove that sulfur dioxide, which usually accompanies a volcanic eruption, is indeed a good indicator of the presence of ash clouds, for example, to facilitate the prevention of the formation of ash clouds in aviation. However, it has been found that the two types of clouds tend to separate due to wind shear. In addition, detection methods have limitations, since both types can be masked by other types of aerosols, such as water or ice; this contributes to a large variability of data.

In the history of aviation, disasters have occurred due to the danger of volcanic ash for flights. In 1982, British Airways Flight 9 flew through an ash cloud, lost power to all four engines, and descent from an altitude of 37,000 feet to just 13,500 feet before the flight crew managed to start the engines. A similar incident occurred in 1989 with KLM Flight 867.

In 1976, during the eruption of Mount Augustine (Alaska), two F-4 fighters flew into an ash cloud and lost sight of each other, although there were only 10 meters between them. In the same year, ash damaged the windshields of the cabins of Boeing-747 and DC-8 aircraft of Japanese passenger airlines.

In connection with this danger, the Norwegian Research Institute (NILU) has developed a device that allows aircraft to detect clouds of volcanic ash. Meteorological radars of civil aircraft are unable to detect microscopic particles in the atmosphere. The detector, created by the leading researcher of NILU Fred Prata, is based on the principle of operation of an infrared camera and is able to detect ash formation in the atmosphere at a distance of up to 100 km.

REFERENCES

1. Emery, H. Aviation English for ICAO compliance / H. Emery, A. Roberts. – Oxford : Macmillan, 2008. – 127 p.
2. SKYbrary [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.skybrary.aero/index.php/Volcanic_Ash. – Date of access: 05.11.2021.

UDC 347.822.5

T. Boika, D. Smolski

Belarusian State Academy of Aviation

WIND SHEAR AS HAZARDOUS WEATHER PHENOMENA

Currently, the main trend in the development of civil aviation, as known, is to increase safety with an increase in the volume of traffic. Moreover, safety must be ensured at all phases of the flight. Takeoffs and landings are the most difficult phases of flight. This is due to the large number of tasks to be solved, the workload of the aircraft crew and the lack of time needed to make a decision. Of course, we must not forget about dangerous weather phenomena that more than ever before, rich in the climate of our planet.

When the crew is faced hazardous weather phenomena and lack of time, it must prevent this situation. This is partially solved by the technology of the crew's work, flight manuals and other guidance documents, recommendations that are designed to help solve emergency problems, as they contain solution algorithms that help the crew work in conditions of limited time. But some of them currently have either unclear or contradictory instructions, on the basis of which algorithms are created to help the crew in difficult situations. In particular, this concerns wind shear, wind gusts, rain in the form of heavy rainfall, and the calculation of the minima themselves during landing [1].

Minimums during landing are determined in accordance with the speed categories of aircraft, the height of obstacles entering the landing zone, as well as the experience, qualifications of the commander of the crew and the equipment of the aircraft with landing navigation systems. As for the influence of external conditions, unfortunately, they are not taken into account when determining minimums. Although these reasons often lead to accidents and catastrophes. There are still no clear scientifically based recommendations for changing the minima during landing depending on the magnitude of wind shear [2].

The ICAO documents state that 6 m/s or more is a very strong wind shear, and landing with such a shift is prohibited, because the conditional loss of aircraft power due to wind shear cannot be compensated by the available power reserve of the aircraft.

With wind shear values of less than 6 m/s, the behavior algorithm for the pilot is not provided – it is assumed that conditional power losses can be compensated by the aircraft's power reserve. Unfortunately, the following is not taken into account here:

1. The human factor. It is believed that almost instantly when a wind shear occurs, the power of the engines will be increased. But, depending on the pilot's experience, the time to detect wind shear can fluctuate in significant time intervals, and in reality the pilot needs time (10-15 seconds) to identify a dangerous phenomenon. At the same time, the same wind shear for one pilot will cause a difficult situation, and for another – a catastrophic. Only a device with a built-in algorithm of a single period for determining wind shear (for example, 5 seconds) will

allow you to include specific criteria for taking into account the human factor and increase flight safety by reducing the time to detect wind shear.

2. As known, the intensity of the impact of the same wind shear on an aircraft depends on the rate of descent on the pre-landing line, which is also not taken into account in the gradations of wind shear according to ICAO.

3. If the landing weight of the aircraft is less than the maximum permissible power reserve during landing will be greater. It means that it is possible for a pilot to overcome a relatively severe wind shear. This is also not taken into account in the ICAO gradations [1].

During the flight on the simulator, the wind shear of 1–1.5 m / s at 30 meters in most cases leads to a conditional plane crash. The trajectory of the aircraft's descent is very similar to the trajectory of the B-777 crash on July 07, 2013 in San Francisco. If we perform go around procedure on the simulator it will lead to a collision with the ground. This is confirmed by calculations [2].

Therefore, it is logical to distribute the gradations of wind shear depending on the type of aircraft, its landing weight and the human factor.

All these factors will affect the decision height. Currently DOC8168 ICAO prescribes calculating the decision height taking into account the height of obstacles during the approach and go around procedure, although it is obvious that a negative wind shear increases the height of the aircraft drawdown.

In this case, dangerous of wind shear in which it is impossible to land will be significantly less than 6 m/s at 30 meters altitude (Table 1). The minimum wind shear for each aircraft category is determined for the maximum landing weight.

Table 1 – Category of aircraft

Category of aircraft	Dangerous value of wind shear at 30 m altitude, m/s
A	2,5–3,3
B	2,2–2,7
C	1,7–2,5

In conclusion, we can say that a wind shear of 6 m / s at 30 meters is a very dangerous phenomenon, but extremely rare. More often, wind shear has much smaller values, but they more dangerous due to the high frequency of objectification. This significantly increases the danger of the wind shear phenomenon. During landing wind shear values, about 0.5 m/s, can be extremely dangerous in combination with wind gusts. This is especially important in cases where special precision is required.

REFERENCES

1. Шавкунова, Л. В. Авиационный английский : учеб. пособие / Л. В. Шавкунова. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2004. – 159 с.
2. SKYbrary [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.skybrary.aero/index.php/Low_Level_Wind_Shear. – Date of access: 05.11.2021.

UDC 351.814.2

T. Boika, H. Savich

Belarusian State Academy of Aviation

THE EQUALITY IN THE AIR: WOMEN IN AVIATION

In the recent past women had always been in the shade of men. It was not only about family chores, but also about career. Fortunately, every decade, every year, every month, every day the situation is getting better turning the whole world into equality between men and women [1]. A great deal of people would say that some spheres are connected with men's power exclusively. The same situation in aviation. Human beings do not trust women flying in the sky, women who keep airspace safe and efficient or who are responsible for installing and maintaining aircraft structures. In my work I want to show that aviation is not for men but also for women.

Aviation industry forecasts reveal the depth of the need for qualified personnel worldwide and the projected growth of the industry. Over the last five years, the industry has experienced average year over year passenger traffic growth of 6.5%. Now is the best time for women to occupy the aviation.

Pilots

According to date of the International Association of Aviation Pilots, the average percentage of female pilots in the whole is approximately 5%. It means that every twentieth flight is operated by women.

So, for example, the number of female pilots in Great Britain is 4,77%, in the USA – 4,36%, in Russia only 2,2%. There are some airlines which can boast of its highest percentage of female pilots: QantasLink (Australia) – 11,6%, Flybe (Great Britain) – 10%, Luxair (Luxembourg) – 10%, Hawaiian Airlines (the USA) – 9,6%. But turned out that QantasLink is not on the top the list. India has broken all record. Five years ago, the country was among outsiders in terms of gender equality. Nowadays we can see 13% of female pilot in India. And it is growing every year due to the fact that domestic transportation in India has been increasing at a hot race lately. The least number of female pilots turned out to be in Amirates, which close the top five carries in the world. The company employs 99 female pilots (2,3%), more over the third part of them was enlisted during the last two years. Also, Qatar Airlines (the best airline in the world), Finnair (Finland), Jetconnect (New Zealand) are situated at the end of rating. If we speak about Belavia, the total number of female pilots is 2. The number of airline captains all over the world is even sadder, namely 1.6% [2].

Airline Management

94% of airlines are run by men. (CAPA, 2015)

According to a study by CAPA which considered the number of women in leadership positions at global airlines, in 2010, 15 airlines had appointed a woman as managing director. By 2015, a follow up study showed that number had only increased to 18 (CAPA, 2015).

Women make up only 3% of Chief Executive Officers and Chief operating officers in the world's top 100 airline groups and 8% of airline Chief Financial Officers are women [2].

Maintenance Technician

Aircraft Mechanics and Service Technicians: Diagnose, adjust, repair, or overhaul aircraft engines and assemblies, such as hydraulic and pneumatic systems. Installing, maintaining and repairing aircraft structures, engines, and other mechanical systems, improving flight safety and fuel efficiency aboard the aircraft, handling the electronic maintenance of the aircraft, measuring wear and replace defective components of the aircraft all those things are about Maintenance Technician. This is quite hard work, so here we see a small percentage of women, namely 2.4%.

Travel Agents

Travel Agents: People who are responsible for planning and selling transportation and accommodations for customers. Determine destination, types of transportation, travel dates,

costs, and necessary accommodations. May also describe, plan, and arrange routes and sell tour packages. May give a helping hand in resolving clients' travel problems. At the moment, this type of activity is popular among girls. And this is confirmed by 85.5%.

Air Traffic Controllers

Air Traffic Controllers are in charge of a particular section of airspace which includes frequent radio contact with pilots flying over their section, and the responsibility involves giving the pilots instructions, clearance and information. The duties assigned to the controllers differ according to where they are based.

The total number of ATCs in the world is about 33.000. The percentage of female specialists differs from 15% to 20% [2]. In comparison with pilots, female air traffic controllers occupy a considerable share in aviation. Looking at the ratio of female-students and male-students at the Belarusian State Aviation Academy (two thirds of the study group are girls) who study to be an air traffic controller, we can come to the conclusion that every year the number of female air traffic controllers will grow.

Flight Attendants

Flight Attendants are responsible for monitoring the safety in the cabin of the aircraft, providing comfort and services to airline passengers, explaining safety information, serving food and drinks, and reacting to emergencies.

Perhaps many would say that it is flight attendants who occupy the largest share in aviation, but it turned out that they did not. Female flight attendants make up about 79%. The above information suggests the opposite: there are more women in the profession of travel agents than flight attendants.

Transportation Security Screener

Transportation Security Screener Their job duties include: conducting inspections at airports, constant communication at any time with managers, facilitating the efficient flow of passengers through security checkpoints, usage of security equipment, including x-ray machines, hand wands and other imaging equipment at security checkpoints, monitoring metal detector screening equipment, controlling passenger entry into security checkpoints. Approximately 40% of women are involved in this profession [1].

Airport Management

This job generally requires the ability to do the following duties: follow regulations and other guidelines, oversee managers and personnel, plan budgets, adapt to outside factors, such as weather, work with community leaders, maintain accurate records, control the maintenance and repair of airport equipment. Approximately 17% of women are involved in this profession.

Based on the above information, it can be concluded that currently women in aviation are undervalued. This is confirmed by the number of female pilots, mechanics, and women in leadership positions. But this is just the beginning. Stereotypes are collapsing in the world, which means that there will be equality in the future, not necessarily in the nearest future. In aviation, including.

REFERENCES

1. Global aircraft. History of aviation [Electronic resource]. – Mode of access: http://www.globalaircraft.org/history_of_aviation.htm. – Date of access: 07.11.2021.
2. Women in aviation: Present, Past, Future [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.flyaeroguard.com/blog/women-in-aviation/>. – Date of access: 05.11.2021.

UDC 344.7

T. Boika, A. Parazhniuk

Belarusian State Academy of Aviation

AIRCRAFT HIJACKING

As we know, terrorism is the way to achieve political, ideological, economic and religious goals with force.

One of the forms of terrorism is air terrorism – hijacking of an aircraft or other criminal interference in the activities of civil aviation. Air terrorism is an extreme form of terrorism. It is terrified by the victims of thousands of random people, feeling of fear and passenger's scare, which have an impact on international situation. In modern Russia, the problem of air terrorism is urgent and requires huge investments of funds and efforts to eliminate it. It is terrible because he causes the heaviest damage. Its characteristic feature is the closed space of the aircraft, which does not allow immediate operations to release hostages, which often leads to their imminent death. As a result of an aerial terrorist attack, thousands of random people may suffer. The psychological impact on society brought by acts of terrorism, including air terrorism, is so great that they cause panic, fear of insecurity and can provoke popular unrest, having a huge impact on international relations. Terrorism is gradually acquiring the character of one of the global problems of humanity, as it encroaches on the most significant state and universal values. Therefore, the modern policy of combating terrorism forces a new assessment of issues of national security and international cooperation in this area. As a rule, planes are hijacked to take passengers hostage or flee the country [1]. At the same time, in the case of hostage-taking, criminals may, for example, demand ransom, seek the release of imprisoned accomplices, or seek to draw public attention to the hardships of life in a certain region. Sometimes hijacked planes are used to destroy any objects – with the help of aircraft, the largest terrorist attacks in history were carried out on September 11, 2001, when four United Airlines and American Airlines airliners were hijacked by terrorists associated with Al-Qaeda (banned in the Russian Federation). Two of them rammed the towers of the World Trade Center in New York, one crashed into the Pentagon building, another fell in Pennsylvania after passengers tried to break down the door to the cockpit, where the hijackers locked themselves. Another incident occurred on February 17, 2014. On the Addis Ababa – Rome – Milan flight, the co-pilot of the Ethiopian Airlines Boeing 767 airliner, after waiting for the commander to leave the cockpit, locked himself in it and hijacked the plane to Geneva. Besides him, there were 193 passengers and 8 crew members on board. Once above the city, he contacted the authorities and requested political asylum. The plane landed with a ten-minute fuel supply on board, the hijacker surrendered to the authorities and received 20 years in prison [2].

To prevent the hijacking of an aircraft, the following measures have been taken:

- During the entire flight, pilots should not open the cockpit door under any circumstances.
- Most commercial airlines install armored doors in aircraft cabins. In countries such as the United Kingdom, the United States, Canada, France, and Australia, armed plainclothes air security officers (so-called “air marshals”) are present on some flights, which, if necessary, can neutralize terrorists. It is proposed to equip the aircraft with an autonomous piloting and landing system, which, in case of capture, would completely disable control from the cockpit.
- Airport security services play a significant role in preventing hijackings. There is a constant video recording and analysis of the biometric data of passengers. To prevent weapons and dangerous objects (sharp knives, scissors, tweezers) from being brought on board, all passengers pass through metal detectors, and luggage is checked on X-ray scanners. In Israel, luggage is checked in decompression chambers for the presence of detonators triggered when the pressure drops. There are also "black lists" of terrorists and other persons who pose a danger to aviation [3].

Suppression of an act of terrorism in the airspace of the Republic of Belarus is defined in Article 8-1 of the Constitution of the Republic of Belarus of 26.10.2012 N 435-Z. This article reads:

- The Armed Forces of the Republic of Belarus, in order to eliminate the threat or suppress an act of terrorism in the airspace of the Republic of Belarus, use weapons and military equipment in accordance with the procedure determined by legislative acts of the Republic of Belarus.

- If there is reliable information about the use of an aircraft to commit an act of terrorism and (or) the aircraft does not respond to radio commands from the air traffic and flight control authorities to stop violating the rules for the use of the airspace of the Republic of Belarus and (or) to radio commands and visual signals of military aircraft raised to intercept it or refuses to obey radio commands and visual signals without explanation, The Armed Forces of the Republic of Belarus use weapons and military equipment to prevent the flight of an infringing aircraft by forcing it to land. If the offending aircraft does not comply with the landing requirements and there is a real danger of loss of life or the onset of an environmental disaster, weapons and military equipment can be used by the Armed Forces of the Republic of Belarus to prevent the flight of this aircraft by destroying it [4].

The implemented aviation security measures have brought their results. Hijackings, which became a mass phenomenon in the 1970s – 1990s, almost stopped after 2001.

REFERNCES

1. Air piracy and methods of fight against it [Electronic resource]. – Mode of access: <https://cyberleninka.ru/article/n/vozдушное-пиратство-и-методы-борьбы-с-ним/>. – Date of access: 05.11.2021.

2. Chernickiy, A. Air piracy: the most vociferous hijackings / A. Chernickiy. – Phoenix, 2007. – 416 p.

3. Aerial terrorism [Electronic resource]. – Mode of access: <https://en.wikipedia.org/wiki/Terrorism>. – Date of access: 07.11.2021.

4. Constitution of the Republic of Belarus [Electronic resource]. – Mode of access: <https://pravo.by/pravovaya-informatsiya/normativnye-dokumenty/konstitutsiya-respubliki-belarus/>. – Date of access: 05.11.2021.

УДК 355.469.34

Т.В. Бушма, А.В. Дубовский

Белорусская государственная академия авиации

АНАЛИЗ РИСКОВ, РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЕНИЙ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Человечество стоит на пороге четвертой промышленной революции. Физические способности, навыки и умения человека уступают место стремительно развивающемуся искусственному интеллекту и роботизации. Высокий рост автоматизации приводит к глобальным изменениям не только в жизни общества, но и значительно преобразует экономику страны. Целью подобных технологий является существенное изменение жизни человека, удовлетворение его потребностей, сокращение потерь времени, исключение таких понятий как «малоэффективное» и «непроизводительное». Одним из наиболее актуальных направлений внедрения технологий во всем мире, является развитие беспилотных летательных аппаратов.

Первоначально история их создания и применения связана с военными целями, однако сейчас их разработка – одно из наиболее перспективных направлений развития современной авиации. Сегодня БЛА используют не только военные, они активно

применяются и в гражданской авиации. Ожидается, что уже в ближайшем будущем их значение возрастет еще больше. Прогресс беспилотных летательных аппаратов – это, вероятно, самое важное достижение авиации за последние десятилетия.

Так что же представляет собой беспилотный аппарат? Беспилотный летательный аппарат (БЛА; в разговорной речи также «беспилотник» или «дрон») – это летательный аппарат без экипажа на борту. БЛА могут обладать разной степенью автономности – от управляемых дистанционно до полностью автоматических, а также различаться по конструкции, назначению и множеству других параметров. Управление БЛА может осуществляться эпизодической подачей команд или непрерывно – в последнем случае БЛА называют «дистанционно-пилотируемым летательным аппаратом»

Как правило, одна из основных задач, возлагаемая на комплексы БЛА, проведение разведки труднодоступных районов, в которых получение информации обычными средствами, включая авиаразведку, затруднено или же подвергает опасности здоровье и даже жизнь людей. Помимо военного использования, БЛА нашли широкое применение и в гражданской сфере. БЛА применяются в таких сферах, как обследование труднодоступных участков местности, охрана природы и доставка товаров первой необходимости, цифровое фотографирование для использования в геодезических работах, в случаях чрезвычайных ситуаций, курьерская доставка еды и посылок, а также раздача Интернета. Беспилотники используются для проверки трубопроводов и линий электропередачи, обнаружения очагов лесных пожаров, контроля объектов недвижимости, изучения изменений погоды, а также патрулирования государственных границ. Полученная бортовыми средствами мониторинга информация должна в режиме реального времени передаваться на пункт управления для обработки и принятия решений.

В ходе исследования темы выявляются как положительные, так и отрицательные стороны использования БЛА.

Некоторые положительные стороны:

1. Исключение «человеческого фактора».
2. Содержание и техническое обслуживание БЛА обходится дешевле аналогичных расходов на пилотируемую авиацию.
3. Маленькие расходы на создание и обслуживание аэродромов.
4. Весомым преимуществом БЛА является их проходимость и транспортная доступность.

Но с другой стороны, несмотря на все положительные стороны применения беспилотной авиации, так же зарегистрировано сотни случаев, когда они наносили вред и были даже опасны для населения. Сейчас цена на дроны падает, соответственно, они становятся гораздо доступнее, чем ранее. Их становится все больше и больше, помимо положительного их влияния, стали проявляться и негативные аспекты их использования.

Некоторые негативные последствия:

1. Возможность нанесения ущерба объектам, зданиям, людям (на массовых мероприятиях)
2. БЛА могут быть источником утечки информации.
3. Создание помех в работе аэропорта или препятствие полету ВС в воздухе.
4. Возможность использования контрабандистами для перемещения нелегальных товаров через границу.

Несмотря на список преимуществ, как и любая новая инновационная отрасль, рынок БЛА сталкивается с барьерами, которые необходимо преодолеть:

– стоит отметить пробелы в законодательной базе применительно к использованию БЛА, которая еще не разработана окончательно для простых дронов, не говоря уже о пассажирских БЛА;

– пока не существует единой крупномасштабной информационной системы, которая бы объединила в себе всю авиационную инфраструктуру и инфоцентр, что поможет оградить всех участников воздушного движения от аварий и катастроф.

Нельзя не упомянуть о том, что значительная часть инцидентов либо опасных ситуаций, связанных с дронами, являются результатом действий неопытных операторов БЛА, игнорирующих или не знающих основ управления БЛА и авиации в целом. Поэтому очень важно пройти обучение, изучить соответствующую литературу по эксплуатации беспилотников, ознакомиться с правилами их применения, а также изучить информацию о запретных зонах для полетов беспилотной авиации. Все эти меры в совокупности станут результатом уменьшения различных неблагоприятных инцидентов, связанных с применением беспилотной авиации.

Подводя итог, можно сказать, что применение летательных аппаратов повсеместно и любым человеком возможно в обозримом будущем. Оценивать успешность таких аппаратов в пассажирских авиаперевозках возможно будет только после многочисленных испытаний тестовых прототипов. Но уже сейчас можно отметить, что их преимущества кажутся заманчивыми, а количество проблем, связанных с внедрением – внушительным. Но в то же время решение каждой проблемы и предотвращение существующих барьеров развития беспилотных летательных аппаратов, создаст новые преимущества и привлечет еще больше людей в освоение этой области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воздушный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] : 16 мая 2006 г., № 117-3 : принят Палатой представителей 3 апр. 2006 г. : одобр. Советом Респ. 24 апр. 2006 г. : с изм. и доп. от 31.06.2018 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Режим доступа: https://kodeksy-by.com/vozdushnyj_kodeks_rb.htm. – Дата доступа: 10.11.2021.

2. Об утверждении Авиационных правил полетов в воздушном пространстве Республики Беларусь [Электронный ресурс] : постановление Государственного комитета по авиации Республики Беларусь и Министерства обороны Республики Беларусь, 1 июня 2004 г., № 7/30 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <http://pravo.newsby.org/belarus/postanov19/pst246.htm>. – Дата доступа: 10.11.2021.

3. Области применения БПЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://robotrends.ru/robopedia/oblasti-primeneniya-bespilotnikov>. – Дата доступа: 10.11.2021.

УДК 533.6.013

Д.В. Верещиков, С.С. Ивашков, Д.В. Разуваев

Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)

АДАПТИВНОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ УГЛА АТАКИ МАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА С АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ СИСТЕМОЙ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Для выдерживания ограничений в самолетах с аналогово-цифровой системой управления применяются цифровая система предупреждения критических режимов (СПКР) и аналоговый активный ограничитель предельных режимов (ОПР). В СПКР, в зависимости от варианта подвески, высоты и скорости полета, а также положения центра масс, определяются допустимые значения перегрузки и угла атаки. Эти значения поступают в контур ОПР, который генерирует тряску ручки управления самолетом (РУС) при приближении к допустимым значениям перегрузки или угла атаки и формирует дополнительное усилие на РУС по тангажу «на себя» при достижении допустимых значений перегрузки или угла атаки.

СПКР представляет собой цифровой вычислитель, в котором запрограммированы значения допустимых углов атаки и перегрузки в зависимости от полетных данных (вариант подвески, конфигурация и число М). Контур ОНР, в свою очередь, является аналоговым, структурная схема которого представлена на рисунке 1.

Летные испытания показали, что на самолетах с аналого-цифровой системой управления ограничитель предельных режимов теряет свою эффективность при энергичном маневрировании и одновременном вращении в продольном и поперечном каналах. Связано это с тем, что ОНР не чувствителен к инерционному взаимодействию продольного и поперечного каналов, приводящему к «забросам угла атаки», которые ОНР не способен парировать.

Стоит отметить, что на современных самолетах с цифровой системой дистанционного управления проблема выхода за ограничения по углу атаки и нормальной перегрузке решается с помощью применения астатических алгоритмов [1], обеспечивающих управление без статической ошибки даже при наличии постоянно действующих возмущений. Такой способ ограничения угла атаки замечателен тем, что допустимый угол атаки достигается при максимальном перемещении РУС «на себя», причем алгоритм, реализующий эту закономерность, работает при наличии любых влияющих на этот процесс факторов, то есть астатизм ОНР заключается в точном соответствии допустимого угла атаки и положения РУС.

Реализация астатических алгоритмов на самолетах с аналого-цифровыми системами управления требует полной переработки системы управления, то есть необходимо полностью заменить аналоговый контур на цифровой. Это означает, что в результате у самолета сильно изменятся его пилотажные характеристики. Такая модернизация всего парка самолетов, очевидно, является весьма затратной по времени и материальным средствам. Все это делает нецелесообразным переход к цифровой системе управления с примененными в ней астатическими алгоритмами.

Возникает **противоречие** между необходимостью повышения эффективности ограничителя угла атаки и нормальной перегрузки самолета с аналого-цифровой системой управления и ограниченностью такой системы дистанционного управления в применении высокоэффективных астатических алгоритмов.

В качестве решения противоречия предлагается реализация в цифровой СПКР контура адаптивной коррекции, основанного на применении астатических алгоритмов. В этом контуре корректируются допустимые значения угла атаки и нормальной перегрузки, полученные из основного контура СПКР. Структурная схема такого ОНР представлена на рисунке 1.

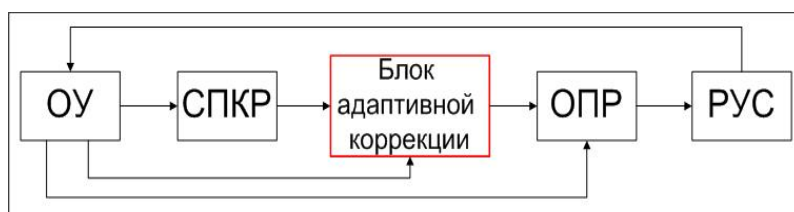


Рисунок 1 – Структурная схема ОНР с блоком адаптивной коррекции

Логика работы блока адаптивной коррекции рассматривается на примере ограничения угла атаки. В основе этой логики лежат статическая и астатическая ветви характеристики $\alpha_{\text{доп}} = f(X_B)$.

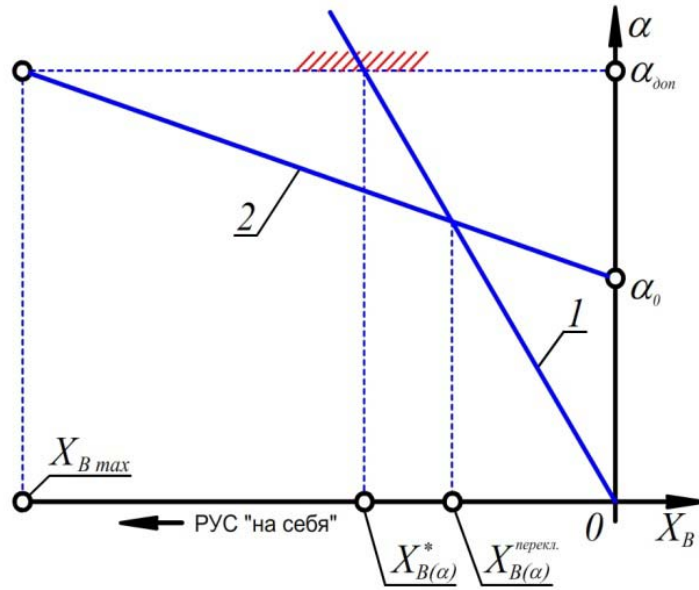


Рисунок 2 – Статическая и астатическая ветви характеристик $\alpha_{доп} = f(X_B)$

Астатической линия 2 является вследствие того, что при максимальном перемещении РУС «на себя» угол атаки или перегрузка достигают своих предельно допустимых значений точно. Необходимость в наличии статической линии 1 с большим градиентом X_B^α вызвана потребностью в энергичной реакции самолета скоростью тангажа на малые перемещения РУС в районе ее нейтрального (стриммированного) положения. В целом же обе линии ограничивают значения допустимого угла атаки и нормальной перегрузки при каждом конкретном положении РУС [1].

Исходя из описанной логики задачей адаптации сигналов $\alpha_{доп}$ является подбор такого расположения линий (1) и (2), которое обеспечивало бы при пилотировании «по границе срабатывания ОПП» невозможность превышения допустимых значений угла атаки и перегрузки. Вполне очевидно, что расположение ограничительных линий (1) и (2) характеризуется значениями параметров α_0 , $X_{B(\alpha)}^*$.

Значения параметров α_0 и $X_{B(\alpha)}^*$ определяются из следующих выражений:

$$\alpha_0 = \begin{cases} \alpha_{доп\ СПКР}, & \text{при } D_\alpha \geq 0 \\ \alpha_{доп\ СПКР} + k_{\alpha_0}^{ОПП} D_\alpha, & \text{при } D_\alpha < 0 \end{cases}; \quad (1)$$

$$X_{B(\alpha)}^* = \begin{cases} 0, & \text{при } D_\alpha \geq 0 \\ k_{X_{B(\alpha)}}^{ОПП} D_\alpha, & \text{при } D_\alpha < 0 \end{cases}$$

где $\alpha_{доп\ СПКР}$ – допустимый угол атаки, определяемый основным контуром СПКР, D_α – располагаемый запас по углу атаки, $k_{\alpha_0}^{ОПП} = f(q)$, $k_{X_{B(\alpha)}}^{ОПП} = f(q)$ – коэффициенты пропорциональности.

Коэффициенты $k_{\alpha_0}^{ОПП}$, $k_{X_{B(\alpha)}}^{ОПП}$ являются функцией скоростного напора, определяются экспериментально и задаются графически.

Располагаемый запас по углу атаки определяется по формуле:

$$D_\alpha = \alpha_{\text{доп СПКР}} - \alpha - (K_1 \dot{\alpha} + K_2 \omega_x), \quad (2)$$

где α – текущее значение угла атаки, $\dot{\alpha}$ – скорость изменения угла атаки, ω_x – скорость крена, K_1 и K_2 – поправочные коэффициенты.

Составляющая формулы $K_1 \dot{\alpha}$ учитывает инерционность самолета при движении в продольном канале. Коэффициент $K_1 = f(\varphi, \varphi_{\text{ПГО}}, \bar{M}_z^\alpha, \bar{M}_z^{\dot{\alpha}}, \bar{M}_z^{\omega_z}, \bar{M}_z^{c_y}, \bar{M}_z^\varphi, \bar{M}_z^{\varphi_{\text{ПГО}}})$ определяется из системы уравнений продольного короткопериодического движения самолета и равняется:

$$K_1 = -\frac{1}{2} \frac{1}{(\bar{M}_z^{\dot{\alpha}} + \bar{M}_z^{\omega_z} - \bar{Y}^\alpha) \dot{\alpha} + (\bar{M}_z^\alpha + \bar{M}_z^{\omega_z} \bar{Y}^\alpha + \bar{M}_z^{c_y} c_y^\alpha) \alpha + \bar{M}_z^\varphi \varphi + \bar{M}_z^{\varphi_{\text{ПГО}}} \varphi_{\text{ПГО}}}. \quad (3)$$

Составляющая формулы (2) $K_2 \omega_x$ компенсирует инерционное взаимодействие продольного и бокового каналов при вращении самолета по крену. Поскольку определение зависимости для коэффициента K_2 в явном виде представляется сложной задачей, при его вычислении применяется теория нечеткой логики [2]. Коэффициент K_2 определяется как нечеткая функция от скорости крена ω_x и разности скорректированного допустимого угла атаки и текущего $\alpha_{\text{доп}}^* - \alpha$ (выражение для определения $\alpha_{\text{доп}}^*$ приведено ниже):

$$K_2 = F(\omega_x, (\alpha_{\text{доп}}^* - \alpha)); \quad (4)$$

С учетом зависимостей 1–4 скорректированный допустимый угол атаки определяется следующей зависимостью:

$$\alpha_{\text{доп}}^* = \min \left(\frac{\alpha_{\text{доп СПКР}}}{X_{\text{В}(\alpha)}^* - X_{\text{В макс}}^+} (X_{\text{Втек}} - X_{\text{В макс}}^+), \frac{\alpha_{\text{доп СПКР}} - \alpha_0}{X_{\text{В макс}}^-} X_{\text{Втек}} + \alpha_0 \right), \quad (5)$$

где $X_{\text{В макс}}^+$, $X_{\text{В макс}}^-$ – максимальное положительное и отрицательное перемещение РУС, $X_{\text{Втек}}$ – текущее отклонение РУС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Верещиков, Д. В. Системы управления летательных аппаратов : учебник / Д. В. Верещиков, С. В. Николаев, Д. В. Разуваев. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 322 с.
2. Прикладные нечеткие системы / под ред. Т. Тэрано, К. Асаи, М. Сугэно. – М. : Мир, 1993. – 368 с.

УДК 351.814.2

К.М. Войно, Р.А. Вишнеvский

Белорусская государственная академия авиации

**ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ
НА ЭТАПАХ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ В УСЛОВИЯХ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ**

Повышение безопасности полетов в гражданской авиации является важнейшей проблемой разработчиков воздушных судов, эксплуатантов воздушного транспорта и системы организации воздушного движения, поскольку гражданская авиация является основным видом международного пассажирского транспорта. Наиболее ответственным этапом полета воздушного судна (ВС) является взлет и заход на посадку. На этом сравнительно краткосрочном этапе полета, длительность которого составляет в среднем 4 % от всего полетного времени, происходит 38 % среди всех наиболее тяжелых авиапроисшествий, аварий и катастроф. При взлете и заходе на посадку необходимо точно выдерживать траекторию движения и скорость полета при воздействии многих случайных и неопределенных возмущений, главными из которых являются турбулентность, сдвиг ветра со случайными, неопределенными значениями скорости и направления воздействия. При переходе к системам автоматического захода на посадку наиболее трудными проблемами, надлежащими решению, являются осуществление точного управления траекторным движением ВС до начала выравнивания и обеспечение безопасности при посадке. Особое значение при решении этих проблем имеют вопросы построения автоматических и директорных систем управления ВС, обеспечивающих заданную точность захода на посадку и посадки в условиях внешних возмущений и информационных помех, а также проблемы обеспечения устойчивости и контроля и управления безопасностью этих систем [1].

Установлено, что одним из основных путей повышения точности захода на посадку является применение новых принципов обработки навигационной информации и управления ВС. Нормативно-правовой механизм управления безопасностью полетов достигает своего предела, как в случае «кривой» для статистик авиапроисшествий «по Боингу». Поэтому корректировка определений показателей безопасности полета согласно международному стандарту ISO 8402, дает конструктивный смысл дальнейшим исследованиям. Определение по ISO 8402, статья 2.3.1. В связи с этим проведен анализ состояния безопасности и тенденций измерения уровня безопасности полетов при совершенствовании технических средств посадки. Выделены основные общесистемные факторы аварийности ВС. Установлено, что уменьшилось общее количество авиационных происшествий и катастроф (в 1,4 раза), снизилось количество погибших в катастрофах (25 %). Главный вывод, что «кривая Боинга» может быть взята за эталон качества систем обеспечения безопасности полетов. Поскольку не бывает абсолютно безопасных или абсолютно опасных взлетов и посадок, необходимо повышать эффективность управления, особенно при посадке самолетов. Ввиду неоправданного с позиций общества материального и морального ущербов для ГА в случае катастрофы приходится искать новые принципы управления. Это может быть принцип "минимакса". Минимаксный подход может дать новый способ выхода из создавшегося положения и использовать еще имеющиеся резервы. Причины возникновения авиапроисшествий могут быть самые различные. Успешность захода на посадку определяется точностью вывода самолета в такую область пространства относительно взлетно-посадочной полосы, из которой возможно приземление ВС с высоким уровнем безопасности [2].

Снижение погрешностей выдерживания глиссады может быть достигнуто за счет совершенствования наземного оборудования, разработки новых методов управления ВС, а также при использовании управления полетом новейших математических методов (теория оптимального управления, теория игр, метод статистических испытаний и др.). В начале

70-х годов в теории и практике разработки бортовых систем управления выделилось направление по изысканию новых методов и средств управления при заходе на посадку и посадке. Применение бортовой цифровой техники для реализации управления приводит к необходимости решения задачи синтеза и реализации соответствующих цифровых законов управления. Цифровые пилотажно-навигационные комплексы позволяют осуществить принципиально новые способы управления с прогнозированием терминального состояния. Попытки оценить вероятности неблагоприятных исходов при очень малой частоте их появления обычно дают неубедительные результаты. В подобных случаях целесообразно ориентироваться на самые неблагоприятные сочетания возмущений. Закон управления необходимо строить так, чтобы минимизировать величину максимальной оценки ошибки пилотирования.

В условиях захода на посадку требуется высокая точность определения координат и вектора скорости центра масс самолета, которые необходимы для реализации требуемых законов управления. Распространенной является ситуация, когда априорная информация о входных воздействиях является минимальной: какое-либо статистическое описание их отсутствует, а соответствующая информация ограничивается заданием лишь допустимых областей изменения неизвестных величин. Это обстоятельство приводит к задачам наблюдения в условиях неопределенности. Решение данных задач наиболее полно рассматривается в трудах и достигается путем привлечения методов минимакса и теории игр. В связи с этим представляется необходимой разработка методов решения игровых задач, дающих хотя и неоптимальные в полном смысле результаты, но гарантирующие приемлемое качество процессов в любых допустимых условиях.

Основными причинами нарушения условий безопасности полета являются возникновение экстремальных значений некоторых возмущений, на которые не рассчитана система или к парированию которых не подготовлены экипаж КВС ВС. В настоящее время открываются новые перспективы внедрения алгоритмов «минимакса» и игровых схем управления в бортовые комплексы систем управления ВС новых поколений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. DOC-4444. PANS – ATM. Организация воздушного движения. – Монреаль : ИКАО, 2016. – 508 с.
2. Авиационные правила «Правила использования воздушного пространства Республики Беларусь» [Электронный ресурс] : постановление Совмина, 04.11.2006 г. № 1471 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

UDC 629.7.08

S. Volyaniyuk, N. Milichenok, V. Paletayeva

Belarusian State Academy of Aviation

MODELS OF HUMAN FACTOR

In the era of high technology, the aviation industry is developing at an unprecedented pace. What would have taken years before is created in months. What people could not think of before, today has realized for millions of people. What used to be a distant future is now a modern reality. Every year dozens if not hundreds of new aircraft and vehicles are created around the world, new methods of data transmission are being developed, virtual and augmented reality are being widely introduced, aviation is becoming more accessible, faster, more environmentally friendly and most importantly safer.

Globally, with 38 million flights in 2019, there were 115 aircraft accidents and fortunately, only 6 of them were fatal. Now, more than a hundred years after two notorious

brothers – brothers Wright forever inscribed their names in the history of aviation, only a person remains unchanged elements of the aviation industry.

Unfortunately, one of the human qualities is to make mistakes. As the American writer Ralph Emerson said, “Every mistake is a stimulus and valuable advice”. However, when millions of human lives are at stake, mistakes are a luxury. According to statistics, depending on the country, from 50 to 80 percent of air crashes occur due to human error, a number of factors, including weather conditions, technical problems, terrorist attacks, etc, divides the remaining 20–50 percent.

To classify incidents that occurred due to person’s error, the term Human Factor was introduced. The human factor in aviation should be understood as the conditions, reasons for the occurrence of erroneous actions of aviation personnel in their interaction with aviation equipment, caused by ergonomic imperfection of technology and inconsistency with the psychophysiological capabilities of these persons. There are two main models describing human factor peculiarities in the sphere of aviation. These are the PEAR model and SHELL model.

The PEAR model

There are different views associated with the science and practice of the human factor. In aviation maintenance, it is better to have a single point of view about the things to worry about when considering Human Factors.

For a more accurate understanding, you can use the model. The term “PEAR” has been used to describe the human factor in maintenance over ten years. PEAR encompasses four important aspects of human factors programs: people (who do their job), the environment (in which they work), actions (which they do), resources (needed to get the job done).

Here are the elements that affect the human factor:

PEOPLE

Physical factors:

- Physical size
- Floor
- Age
- Force
- Sensory limitations

Physiological factors:

- Nutrition factors
- Health
- Lifestyle
- Fatigue
- Chemical addiction

Psychological factors:

- Load
- An experience
- Knowledge
- Education
- Attitude
- Mental or emotional state

Psychosocial factors:

- Interpersonal conflicts
- Personal loss
- Financial difficulties
- Recent divorce
-

ENVIRONMENT

Physical:

- Weather

- Indoor / outdoor location
- Working environment
- Shift
- Lighting
- Sound level
- Security

Organizational:

- Staff
- Supervision
- Relationship between administration and staff
- Pressure
- Crew composition
- Company size
- Profitability
- Morale
- Corporate culture

ACTIONS

- Steps to complete a task
- Sequencing
- Number of people involved
- Communication requirements
- Information control requirements
- Knowledge requirements
- Skill requirements
- Requirements in relation
- Requirements for certification
- Inspection requirements

RESOURCES

- Procedures / work cards
- Technical manuals
- Other people
- Test equipment
- Instruments
- Computers / software
- Registration of documents / signatures
- Ground equipment
- Work racks and lifts
- Light fixtures
- Materials
- Work lighting
- Education
- Quality systems [1]

SHELL Model

It is a Human Factors Model that helps to understand the Human Factors, the relationship between the resources / environment of the aviation system (flying subsystem) and the human component in the aviation system (human subsystem). SHELL model was developed in 1972. The model is called after the initial letters of its components (software, hardware, environment, live software). It stands for Software, Hardware, Environment, Liveware.

SOFTWARE

• Non-physical, intangible aspects of the aviation system, which regulates the operation of the aviation system and the procedure for organizing information in the system.

- Software can be compared to software that controls the operations of computer hardware.

HARDWARE

- Physical elements of an aviation system such as an aircraft (including controls, surfaces, displays, functional systems, and seating), operator equipment, tools, materials, buildings, vehicles, computers, conveyor belts, etc.

ENVIRONMENT

- The context in which aircraft and aircraft systems resources (software, hardware, live software) operate, consisting of physical, organizational, economic, regulatory, political and social variables that can affect the worker / operator.

- Indoor Air Transport. The environment refers to the immediate work area and includes physical factors such as cabin / cockpit temperature, air pressure, humidity, noise, vibration and ambient light levels.

LIVEWARE

- The human factor or people in the aviation system. For example, the flight crew who operates the aircraft, the flight attendant, the ground crew, management and administrative personnel.

- The liveware component takes into account human capabilities, capabilities and limitations [2].

In the conclusion, it should be said that human factor is the most important condition affecting the safety of flights of any kind. Human factor models allow you to understand the essence of the term and determine a clear understanding of it. To eliminate errors in aviation related to human actions, it is important to understand the causes of their occurrence. During the day, aviation is moving in leaps and bounds to ensure complete safety for passengers and aviation personnel.

REFERENCES

1. Human factors [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.faasafety.gov/files/gslac/courses/content/258/1097/AMT_Handbook_Addendum_Human_Factors.pdf. – Date of access: 12.11.2021.

2. ICAO SHELL Model [Electronic resource]. – Mode of access: <https://skybrary.aero/articles/icao-shell-model>. – Date of access: 12.11.2021.

УДК 796.07

П.П. Воронова

Санкт-Петербургский университет гражданской авиации (г. Санкт-Петербург)

ПОВЫШЕНИЕ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СТУДЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ ВУЗОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКИХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Сегодня работа пилота и авиадиспетчера считается одной из самых экстремальных профессий, негативные особенности их деятельности значимо влияют на уровень безопасности полета [7, 9, 10]. Нарушение цикла сна-бодрствования, воздействие звука и сильных вибраций, давление, гипоксия, физическая и психическая усталость могут привести к серьезным последствиям в нарушении здоровья. Доказано, что средняя продолжительность жизни человека, выбравшего летную профессию, значительно короче [6].

Заболевания, вызванные особенностями авиадеятельности, влияют не только на жизнь самого специалиста, но и на уровень безопасности полета. Именно поэтому пилоты и диспетчеры обязаны не только систематически проходить врачебно-летную экспертную

комиссию (ВЛЭК), но и самостоятельно следить за здоровьем, физической и психической работоспособностью, следовать здоровому образу жизни, элементом которого являются занятия физическими упражнениями, спортом, и, по нашему мнению, один из самых подходящих видов спорта для них – плавание, которое эффективно воздействует на вестибулярную устойчивость [4, 5]. Актуальность изучения вестибулярной устойчивости была и остается достаточно высокой. Изучению воздействия вестибулярных раздражений на организм человека посвящено значительное число работ [3, 8, 11].

Особое значение вестибулярная устойчивость имеет в профессиональной авиационной деятельности, так как потеря пространственной ориентировки является причиной 35% аварий и катастроф в авиации. Стремительное развитие авиационной техники в XXI веке привело к тому, что в системе «человек – самолет – среда» человек стал самым слабым звеном [12, 13].

В настоящее время дополнительное внимание к эффективной подготовке будущих специалистов гражданской авиации обусловлено, во-первых, отмечена неумолимой тенденцией ухудшения здоровья студентов авиационных вузов и молодых специалистов гражданской авиации, имеющих стаж не более 5 лет, и, во-вторых, значительным ростом требований к состоянию здоровья, внедрением новейших технологий в практику авиационной деятельности. Занятия спортом повышают физическую подготовленность занимающегося, а функциональное развитие двигательного аппарата имеет прямое отношение к системе равновесия, надежность которой предопределяет и профессиональную результативность [1, 2]. Высокую вестибулярную устойчивость обеспечивают специальные физические упражнения на равновесие, в том числе средства плавательной подготовки. Доказано, что плавательная подготовка является в настоящее время очень эффективным и чуть ли не центральным средством развития вестибулярной устойчивости.

Анализ и обобщение методической литературы позволили выделить основные особенности плавания, имеющие значение для авиационной деятельности [5, 8, 11]. Установлено, что на человека, находящегося в воде, действует более 30 экстремальных факторов, к которым организм должен приспособиться.

Плотность и вязкость воды относятся к факторам, затрудняющим двигательную деятельность, что подтверждается отсутствием жесткой опоры; многообразием степеней свободы перемещения тела; наличием значительных гидродинамических сил сопротивления; присутствием моментов инерции, вращательных моментов, угловых скоростей и ускорений; повышенными требованиями к координации движений. В воде и под водой человек подвергается давлению столба воды, создаются разные условия для оттока крови по сосудам, образуется дополнительная нагрузка на сердце, которому приходится преодолевать большое сопротивление движению крови по сосудам. Вода существенным образом влияет на функции анализаторов. С глубиной погружения острота зрения уменьшается, ухудшается цветоощущение. Под водой роговая оболочка глаза утрачивает часть преломляющей силы и предметы, находящиеся в воде, кажутся увеличенными, приближенными, расположенными выше действительного места. При плавании (особенно под водой) воздушная проводимость практически исчезает и на первое место при восприятии звуков выступает костная проводимость, которая на 40% ниже воздушной. Это ведет к изменению характера деятельности слухового анализатора и у нетренированных людей приводит к слуховой пространственной дезориентировке. Существенное изменение в воде претерпевает двигательный анализатор, снижается чувствительность его центров, что ведет к уменьшению скорости и ухудшению точности двигательных реакций. Горизонтальное положение тела пловца в состоянии невесомости требует перестройки всех двигательных стереотипов, формируются новые виды координации движений, обеспечивающие эффективность усилий в воде, а приобретение

дополнительного двигательного опыта в деятельности авиационного специалиста не оценимо.

Перечисленные особенности плавания имеют не оценимое значение для авиационной деятельности, для повышения психофизической подготовленности, качественного выполнения необходимых задач специалистов гражданской авиации и для этого не нужны большие физические нагрузки, наоборот, эффективно размеренное плавание [11].

На базе специальной научно-методической литературы, экспертной оценки авиаспециалистов, собственного практического опыта спортивной плавательной подготовки нами на I этапе исследования был разработан комплекс упражнений в плавании для развития статокINETической устойчивости студентов СПбГУ ГА. Разработанный комплекс упражнений включал:

- упражнения в спортивном плавании на суше;
- упражнения на ограниченной по ширине опоре;
- упражнения с различными предметами, с партнером;
- упражнения в спортивном и прикладном плавании.

Особое внимание в спортивном плавании для развития статокINETической устойчивости мы уделяли плаванию способом кроль на груди, где на протяжении полного цикла движений руками тело пловца поворачивается вправо и влево относительно продольной оси, а также систематическому выполнению поворотов «сальто». Такие стили как брасс и баттерфляй пока не планируется включать в программу подготовки, так как эти стили требуют большего времени специальной плавательной подготовки и необходимых навыков координации.

На II этапе исследования мы осуществляли оценку уровня развития статокINETической устойчивости студентов университета гражданской авиации. Диагностика степени развития статокINETической устойчивости проводилась в начале и в середине учебного года с помощью общепринятых и разработанных нами тестов. Для диагностики динамического равновесия использовались тесты, где оценивались различия в двигательных реакциях до и после вестибулярной нагрузки: кувыркoв, поворотов головы, вращений туловища и т.п. – проба Яроцкого, тест Меньшикова, для диагностики статического равновесия использовались пробы Ромберга и Бирюк [2]. Нами разработаны новые тесты в воде для оценки статокINETической устойчивости, приведенные ниже.

Тест 1. Студент держит плавательную доску на вытянутых руках, работая только ногами, пытается проплыть с закрытыми глазами по центру дорожки расстояние 25 м своим основным стилем плавания. Результат определяется по длине проплываемого отрезка без касания плавательной дорожки: оценка «5» – 20–25 м, «4» – 19–15 м, «3» – 14–10 м, «2» – менее 10 м.

Тест 2. Студент находится в положении «вытянутой стрелки», в руках держит плавательную доску, делает 5 оборотов туловища вправо и 5 оборотов влево, затем закрывает глаза и, работая только ногами, пытается проплыть по центру дорожки 25 м своим основным стилем плавания. Результат определяется также по длине проплываемого отрезка с оценкой «5» – 15–25 м, «4» – 14–10 м, «3» – 9–5 м, «2» – менее 5 м.

Тест 3. Студент делает в воде 5 кувыркoв вперед и 5 кувыркoв назад, берет в руки плавательную доску и, закрыв глаза, работая только ногами, пытается проплыть по центру дорожки 25 м своим стилем плавания. Результат определяется по длине проплываемого отрезка с оценкой «5» – 12–25 м, «4» – 11–8 м, «3» – 7–4 м, «2» – менее 4 метров.

Изучение влияния практических занятий по физической культуре в вузе на статокINETическую устойчивость студентов средствами плавательной подготовки свидетельствует о значимом росте данного качества от 3,1 до 6,7 по критерию t-Стюдента с уровнем значимости $P < 0,01-0,001$. Работа в воде усложняет процесс управления движениями, возникают антигравитационные рефлексy, помогающие

сохранению равновесия, а постоянное раздражение вестибулярного аппарата совершенствует его функции [11].

Тестирование статокINETической устойчивости в воде свидетельствует, что, во-первых, разработанные нами тесты являются надежными и достоверными, так как их результаты коррелируют с результатами общепринятых тестов, во-вторых, показывают специфические особенности средств плавательной подготовки для развития статокINETической устойчивости (наличие вращательных движений в различных плоскостях оказывает положительное действие), в-третьих, увеличивают игровой момент и интерес студентов к занятиям физической культурой. В тестах по плаванию почти все студенты смогли улучшить исходные показатели.

Считаем, что разработанный комплекс специальных физических упражнений на суше и в воде в плавательной спортивной и прикладной подготовке, внедрение и активное использование новых технологий для развития статокINETической устойчивости и проведения ее диагностики позволят существенно повысить профессиональные компетенции студентов – будущих авиационных специалистов, что даст возможность в итоге увеличить профессиональное долголетие и безопасность полетов воздушных судов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волкова, Л. М. Медико-биологические аспекты развития вестибулярной устойчивости у студентов – будущих пилотов под влиянием специальной физической тренировки / Л. М. Волкова, А. А. Голубев // Перспективные направления в области физической культуры, спорта и туризма : сборник. – М., 2016. – С. 94–99.
2. Высоцкий, Ю. М. Основы спортивного плавания / Ю. М. Высоцкий. – СПб. : Изд-во БПА, 2001. – 178 с.
3. Гильмуллина, К. И. Основные принципы здоровья студентов / К. И. Гильмуллина, А. С. Комбаров, А. Б. Хабибуллин // Вопросы педагогики. – 2020. – № 3-1. – С. 56–58.
4. Голубев, А. А. Оценка и методы развития вестибулярной устойчивости студентов для обеспечения безопасности полетов в гражданской авиации / А. А. Голубев, Л. М. Волкова // Культура физическая и здоровье. – 2017. – № 3 (63). – С. 86–88.
5. Евсеев, В. В. Плавание способом кроль на груди для развития вестибулярной устойчивости студента / В. В. Евсеев, Л. М. Волкова, А. А. Голубев // Неделя науки СПбПУ : мат. науч. конф., Санкт-Петербург, 2017. – СПб., 2017. – С. 31–34.
6. Лапаев, Э. В. Совершенствование методов определения устойчивости к укачиванию в практике ФЛЭ / Э. В. Лапаев, О. А. Воробьев // Совершенствование форм и методов медицинского контроля. – Л., 1990. – С. 62–64.
7. Маркевич, Е. Влияние стилей плавания на вестибулярную устойчивость молодых пловцов / Е. Маркевич, В. Ткачук, К. Чубак // Современный спорт и спорт для всех : VII Международный конгресс, Москва, 2003. – М., 2003. – Т. 3. – С. 115–116.
8. Митенкова, Л. В. Вестибулярная устойчивость будущего пилота / Л. В. Митенкова, Л. М. Волкова, А. А. Голубев. – СПб., 2017. – 29 с.

УДК 159.91

В.М. Гостилович, В.Э. Базылев, М.И. Токарева

Белорусская государственная академия авиации

ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРИЕНТАЦИЯ ЛЕТЧИКА КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Особенности летного труда определяются специфическими условиями, в которых протекает профессиональная деятельность летного состава, сложностью и многообразием задач, особенностями психофизиологического состояния в полете, высокими требованиями, предъявляемыми к летчику. Деятельность летчика связана с необычными

пространственно-временными отношениями с окружающей средой: отрыв от земли, подъем на высоту, большая скорость перемещения в пространстве. При этом изменяются привычные условия восприятия, повышается значимость поступающей информации, возрастает ответственность за принятие правильных решений и управляющих действий.

Дополнительное своеобразие летной деятельности придает необычная пространственная ориентация, которая вызывает необходимость перестройки взаимодействия анализаторов. Оценку положения самолета в пространстве летчик осуществляет путем анализа инструментальной (приборной) и неинструментальной информации, а в сложных метеоусловиях – только по приборам, что существенно осложняет работу.

Под пространственной ориентацией летчика понимают сложный психофизиологический процесс, позволяющий летчику постоянно определять положение самолета в пространстве относительно гравитационной вертикали, поверхности Земли и внекабинных ориентиров [1].

Пространственная ориентация осуществляется путем интеграции непосредственных сигналов внешней среды и опосредованной информации от пилотажно-навигационных приборов. Способность к пространственной ориентации зависит как от врожденных психологических механизмов, так и от навыков, приобретенных в ходе летного обучения и профессиональной деятельности. Немаловажное значение при этом имеют функциональное состояние центральной нервной системы, интеллектуальный и психологический компоненты пространственной ориентации.

Навыки пространственной ориентации играют огромную роль в обеспечении безопасности полетов: дезориентация явилась причиной 16 % всех авиационных происшествий, сопровождавшихся человеческими жертвами.

Изучением вопросов ориентации человека в пространстве занимались И.М. Сеченов, В.М. Бехтерев, И.С. Бериташвили, В.И. Воячек, К.Л. Хиллов и другие ученые. Они считали, то положение в пространстве отражается в сознании с помощью нескольких анализаторов, образующих функциональную систему. В процессе восприятия пространства под влиянием оптических и механических раздражителей возникают очаги возбуждения в определенных нервных структурах головного мозга. Функциональная система обеспечивает ответ на такой комплексный раздражитель не суммой объективных реакций, а целостной реакцией организма [2].

У человека имеются безусловные рефлекс, направленные на поддержание равновесия тела. При нахождении в кабине самолета на земле на летчика действует сила земного притяжения, обуславливающая давление и деформацию тела в местах соприкосновения с сиденьем и спинкой кресла, педалями. Кроме того, ориентация реализуется путем зрительного восприятия пространственных отношений кабины (пол, приборная доска, остекление) и внекабинных объектов на аэродроме.

При отрыве человека от поверхности Земли пространственная ориентация принципиально меняется. Во-первых, в полете она осуществляется в трехмерном пространстве в отличие от двухмерного на поверхности Земли. Во-вторых, ускорения действуют на летчика в полете в течение более длительных отрезков времени, чем на это рассчитаны физиологические характеристики вестибулярного аппарата. В-третьих, вестибулярный аппарат и механизмы ориентации в пространстве биологически предназначены прежде всего для обеспечения равновесия и быстрого рефлекторного возвращения в положение теменем вверх, а не для доведения до сознания положения тела в пространстве, что необходимо в пространственной ориентации летчика. В-четвертых, наши органы чувств не различают воздействия гравитационной и инерционной сил, а воспринимают только результирующую силу, которая субъективно ощущается как направление вектора гравитации. В-пятых, летчик оценивает не только свое положение в пространстве, но и положение самолета и свое положение относительно самолета, что в

ряде случаев создает дополнительные трудности. В-шестых, для осуществления пространственной ориентации летчик интегрирует два совершенно разнородных вида информации: непосредственную чувственную (первосигнальную) о положении в пространстве и опосредованную приборную (второсигнальную). Наконец, пространственная ориентация летчика осложняется неустойчивостью опоры и недостатком неподвижных зрительных ориентиров, в том числе горизонта, который не всегда просматривается [3].

Пространственная ориентация в полете представляет собой активный психический и интеллектуальный процесс отражения в сознании пространственного положения и условий, в которых выполняется полет. Осуществление пространственной ориентации в полете требует от летчика волевого усилия для преобразования потока инструментальных сигналов (информационная модель) и формирования в сознании образа пространственного положения и режима полета (концептуальная модель полета).

В отличие от визуального полета, который совершается при непосредственном восприятии пространства, при полете по приборам (в сложных метеорологических условиях, ночью, под шторкой) образуется новая, более сложная и менее устойчивая функциональная система. К особенностям ее формирования следует отнести непосредственное восприятие внутрикабинных оптических ориентиров и опосредованное восприятие пространства по показаниям основных пилотажно-навигационных приборов (авиагоризонт, командно-пилотажный и навигационно-плановый приборы, высотомер, вариометр) с использованием информационной модели полета. Таким образом, через зрительный анализатор поступает как первосигнальная, так и второсигнальная информация. Ее синтез осуществляется раздельно, причем первосигнальная информация поступает непрерывно от всех анализаторов, в то время как второсигнальная — дискретно только с помощью зрения при фиксации взгляда на приборах.

При полете по приборам достаточно часто возникает рассогласование между непосредственным и опосредованным восприятием пространства. Формирующаяся функциональная система, обеспечивающая пространственную ориентацию, обладает более отчетливыми следами первосигнальной информации, поэтому зачастую у летчиков возникают сомнения в правильности показаний приборов. Помимо этого, новая функциональная система нарушается при ухудшении функционального состояния (слабые интоксикации, утомление, снижение активности ретикулярной формации). В этих случаях функциональная система распадается на две части: естественную (привычную) и образовавшуюся на основе показаний приборов, при этом приоритетное значение имеет первая из них.

Нарушения пространственной ориентации по первому ее компоненту обусловлены возникновением иллюзий пространственного положения. Иллюзии отражают реальные события и встречаются почти у каждого летчика. Психофизиологические механизмы развития иллюзий заключаются в повышении порогов анализаторов, ослаблении корковой регуляции, снижении активности ретикулярной формации, нарушении функциональной системности, приводящих к разрушению образа пространственного положения или к нарушению его непрерывности. Под действием иллюзии летчик может полностью потерять представление о фактическом положении самолета в пространстве (потеря пространственной ориентации), что приводит к полной дезорганизации управляющей деятельности, проявляющейся в ослаблении тормозных процессов, затруднении дифференцировки и преждевременных и нескоординированных управляющих движениях на фоне генерализованного мышечного напряжения.

В летной практике широко используется наименование иллюзий в зависимости от того ложного представления о положении самолета, которое возникает у летчика. Сюда относятся: иллюзии крена, пикирования, кабрирования (набора высоты), вращения и др.

Если рассматривать пространственные иллюзии в зависимости от вида анализатора, играющего роль в их возникновении, то можно разделить их на зрительные, вестибулярные, зрительно-вестибулярные и другие иллюзии.

К зрительным иллюзиям относятся аутокинетические иллюзии, иллюзия «слепого» пространства, иллюзия «разбухания и таяния тел» и некоторые другие. Вестибулярными иллюзиями считаются иллюзия прямолинейного полета, иллюзия перевернутого положения, иллюзия положения собственного тела. К зрительно-вестибулярным иллюзиям относят окуло-гиральную и окуло-гравическую иллюзии. Каждая из указанных иллюзий имеет свои особенности в появлении и в механизме развития. Важно подчеркнуть, что в их генезе, как правило, принимают участие несколько анализаторов при доминировании одного из них.

В соответствии с третьей классификацией, в основе которой лежат физиологические механизмы, все иллюзии делятся на три группы:

1. нарушение функциональной системности;
2. ослабление корковой регуляции функций подкорковых отделов головного мозга при развитии очагов торможения в коре больших полушарий;
3. наличие во внешней среде условий, затрудняющих дифференциацию естественных ориентиров [4].

Профилактика иллюзий сводится к комплексу мероприятий, проводимых командованием и медицинской службой авиационных частей. В первую очередь необходим тщательный и систематический контроль за здоровьем, рациональной организацией труда, отдыха и питания летного состава. Помимо этого, необходимо воспитывать у летчиков уверенность в надежности приборов и проводить с летным составом специальные занятия для изучения психофизиологических механизмов возникновения основных видов иллюзий, а также влияния на состояние летчика различных интоксикаций.

Профессиональный отбор летного состава должен исключать лиц с пониженной статокINETической устойчивостью, с повышенной возбудимостью вестибулярного анализатора и с общей эмоциональной неустойчивостью, так как именно эти качества служат предпосылкой для возникновения иллюзий и укачивания в полете. Повседневное совершенствование летных навыков и правильная регламентация перерывов в полетах, безусловно, способствуют уменьшению вероятности возникновения иллюзий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Благинин, А. А. Надежность деятельности летчика / А. А. Благинин, К. Н. Койстрик // Вестник Балтийской академии. – 1999. – № 1, вып. 25. – С. 100–105.
2. Меденков, А. А. Система управления полетами / А. А. Меденков, О. Н. Рыбников // Психофизиологическая надежность летчика. – М., 1993. – С. 62–68.
3. Ушаков, И. Б. Функциональная надежность и функциональные резервы летчика / И. Б.
4. Ушаков, П. М. Шалимов // Вестник РАМН. – М., 1996. – С. 26–31.
5. Новиков, В. С. Физиология летного труда : учебник / под ред. В. С. Новикова. – СПб. : Наука, 1997. – 411 с.

УДК 347.822.4:378

Е.А. Дехтяренко, Ф.С. Южаков, Д.А. Корниевич

Белорусская государственная академия авиации

УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Движущей силой учебного процесса является противоречие между выдвигаемыми ходом обучения практическими и познавательными задачами и уровнем знаний, умений, навыков курсантов, их умственным развитием [1]. Познавательные и практические задачи изучаются и усваиваются путем наблюдения предметов и явлений, анализа и имеющегося опыта, объяснения преподавателя.

«От живого созерцания к абстрактному мышлению и от него к практике – таков диалектический путь познания истины, познания объективной реальности». Эта формула имеет для процесса обучения авиационных специалистов основополагающее значение. Ведь начальная ступень познания внешнего мира – это живое созерцание, связанное с функционированием органов чувств. Иначе, как посредством ощущений, познаются отдельные свойства предмета в процессе восприятия. Когда в обучении происходит переход от освещения конкретных фактов к формированию понятий, в сознании курсантов развиваются элементы обобщения, способность не только различать, дифференцировать, но и абстрактно мыслить. Необходимой ступенью процесса познаний является практика как источник и критерий истины [2]. Научные обобщения, которые подтверждены практикой, являются истинными. Единство теории и практики в процессе обучения осуществляется в последовательном прохождении курсантами теоретической, наземной и тренажерной подготовок.

Основными функциями подготовки авиационных специалистов являются: развивающая, вырабатывающая у курсантов творческое мышление при решении возникающих при обслуживании воздушных судов задач; образовательная, вооружающая курсантов знаниями, навыками и умениями; психологическая, формирующая у курсантов психологическую готовность к успешным действиям в усложненных условиях и особых ситуациях при подготовке воздушных судов к полету; воспитательная, развивающая у курсантов качества личности, необходимые для успешного выполнения заданий руководителя.

Успешное и плодотворное проведение процесса обучения – это наличие в нем логики изложения, единство обучения и воспитания. Раскрытие логики учебного процесса дает возможность найти оптимальное решение вопроса о последовательности изучения учебного материала в связи с задачей сознательного его усвоения и развития мышления курсантов. Знание законов логики учебного процесса и учебной дисциплины поможет преподавателю правильно организовать и применить средства совместной учебной деятельности с курсантами.

Потребность в подготовке высокообразованных, квалифицированных специалистов, осваивающих сложнейшую авиационную технику, обязывает совершенствовать учебный процесс путем применения различных технических средств обучения.

Задача преподавателя – усвоение курсантами знаний, понимание смысла определенных слов, понятий, научных теорий, закономерностей, понимание их сущности и возможность оперировать ими в жизни при решении самых различных задач.

Безопасность полетов в гражданской авиации закладывается в стенах академии авиации. Здесь впервые встречаются будущих авиационных специалистов, раскрывают их способности и задатки, обучают мастерству и развивают необходимые морально-волевые качества. Можно сказать, что в стенах академии закладывают фундамент знаний и открытий.

От качества работы специалистов по обслуживанию авиационной техники зависят не только безопасность, но и регулярность полетов.

Одной из главных задач специалистов в ходе технического обслуживания авиационной техники является поддержание ее технического состояния на уровне, соответствующем предъявляемым требованиям. В этих целях специалисты с помощью специальных технических устройств проводят проверку технического состояния авиационного оборудования, их настройку, регулировку, ремонт. Эффективность обслуживания системы и устранения в ней неисправностей зависит от многих причин и определяется рядом факторов, таких, как интерес к работе, моральное состояние, дефицит времени, загруженность информацией и т. д. Это может свести на нет способности специалиста точно и в срок принимать необходимые решения, связанные с обслуживанием систем, неправильному распределению функций в системе обслуживания, а именно:

от низкоквалифицированного специалиста требуется обслуживание оборудования высокой квалификации;

от высококвалифицированного специалиста требуется обслуживание оборудования низкой квалификации.

Правильно организованное и качественно выполняемое ТО авиационной техники дает возможность предотвратить проявление некоторых конструктивно-производственных недостатков, приводящих к инцидентам.

Для успешной подготовки авиационных специалистов необходимы систематический контроль за профессиональной подготовкой, непрерывное совершенствование их знаний, умений и навыков.

Учебный процесс – это целое искусство, требующее определенного творчества, больших знаний, высокой культуры и педагогического мастерства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Слостенин, В. А. Педагогика : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / В. А. Слостенин, И. Ф. Исаев, Е. Н. Шиянов. – М. : Издательский центр «Академия», 2002. – 576 с.
2. Роль практики в познании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.grandars.ru/college/filosofiya/rol-praktiki-v-poznanii.html>. – Дата доступа: 18.11.2021.

УДК 681.51

К.А. Журавский, П.С. Костин, Д.В. Разуваев

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОТЕРЮ ВЫСОТЫ ПРИ ПЕРЕВОРОТЕ СОВРЕМЕННОГО МАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА

Современные маневренные самолеты имеют широкий эксплуатационный диапазон и способны выполнять множество пространственных маневров. Наиболее опасными из этих маневров являются те, которые выполняются на границе эксплуатационного диапазона. К таким маневрам относится переворот. Одним из основных параметров переворота, с точки зрения безопасности полетов, является потеря высоты ΔH . Следовательно, выявление факторов, влияющих на потерю высоты, является актуальной проблемой.

В настоящее время потерю высоты при перевороте можно определить с помощью формулы (1) [1]:

$$\Delta H = \frac{2V_{cp}^2}{gn_{ycp}}, \quad (1)$$

где V_{cp} – средняя скорость за переворот, g – ускорение свободного падения, n_{ycp} – средняя нормальная перегрузка за переворот.

Если в формулу (1) подставить выражение нормальной перегрузки, то она примет вид (2):

$$\Delta H = \frac{4G}{gS\rho_{Hcp}C_{ycp}}, \quad (2)$$

где G – вес самолета, S – площадь крыла самолета, ρ_{Hcp} – средняя плотность воздуха за маневр, C_{ycp} – средний коэффициент подъемной силы за маневр.

Следовательно, каждая переменная в формулах (1, 2) является фактором, влияющим на потерю высоты. Такой подход является обоснованным с теоретической точки зрения, хотя и имеет следующие недостатки:

- отражает не все факторы, влияющие на потерю высоты;
- усредненные переменные (V_{cp} , n_{ycp} , C_{ycp} , ρ_{Hcp}) редко используются в летной эксплуатации маневренных самолетов, потому что их невозможно определить в предварительных расчетах для первоначальной оценки ΔH .

В связи с этим необходимо выявить максимального количества факторов, влияющих на потерю высоты, а также заменить усредненные факторы на эквивалентные им, используемые в летной эксплуатации.

В результате были выявлены следующие факторы, влияющие на ΔH :

1) скорость ввода в маневр V_{BB} , которая влияет на V_{cp} и является одним из начальных условий для переворота;

2) высота ввода в маневр H_{BB} , которая влияет на ρ_{Hcp} и является одним из начальных условий для переворота;

3) режим работы двигателей, который за весь маневр не изменяется и влияет на V_{cp} ;

4) масса самолета $m_{ЛА}$, которая влияет на G ;

5) конфигурация самолета (варианты подвесок), которая влияет на $m_{ЛА}$ и на аэродинамику самолета (C_{ycp});

6) атмосферные возмущения (турбулентность, боковые и вертикальные порывы ветра будут влиять на искривление траектории, и, следовательно, на потерю высоты);

7) управляющие действия летчика или характер управления летчика (темп создания потребных крена, нормальной перегрузки и (или) угла атаки, точность удержания данных параметров, величина перерегулирования);

8) особенности работы ограничителя предельных режимов [2] (для современных маневренных самолетов с комплексной системой управления), а именно характеристики переходного процесса и логика перестройки ограничиваемых параметров.

Например, на рисунке 1 показаны результаты полунатурного моделирования переворота, где каждый отдельный столбик диаграммы отражает потерю высоты при определенной заправке (массе самолета) и конфигурации самолета. Как видно максимальная заправка может на 18,2% увеличить потерю высоты при перевороте, что может составлять порядка 272 м.

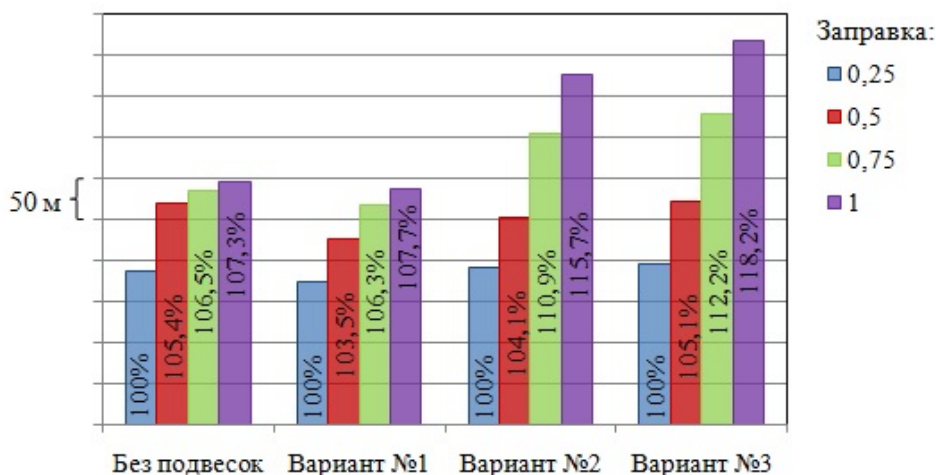


Рисунок 1 – Диаграммы влияния заправки (массы самолета) при различных конфигурациях

Таким образом, было выявлено 8 основных факторов, влияющих на потерю высоты, изучение которых позволит увеличить уровень безопасности и качества выполнения маневра переворот.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Левицкий, С. В. Динамика полета : учебник для вузов по специальности «Техническая эксплуатация летательных аппаратов и двигателей» / С. В. Левицкий, Н. А. Свиридов. – М. : Изд. ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2008. – 526 с.

2. Верещиков, Д. В. Системы управления летательных аппаратов [Текст] : учебник / Д. В. Верещиков, С. В. Николаев, Д. В. Разуваев. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 322 с.

УДК 629.05

А.Д. Игнатович, Р.А. Вишнеvский

Белорусская государственная академия авиации

ОПТИМИЗАЦИЯ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ПРИ СВОБОДНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ПОЛЕТОВ

Развитию мировой гражданской авиации способствует разработка и внедрение новых технологий, направленных на оптимизацию системы управления воздушным движением.

Современные требования к УВД заключаются в следующем:

- обеспечение высокого гарантированного уровня безопасности полетов;
- увеличение пропускной способности системы УВД;
- гибкое использование воздушного пространства;
- возможность выполнять полеты по оптимальным траекториям;
- динамическая коррекция планов полетов;
- минимизация отклонения воздушных судов от запланированных траекторий и т. д.

Для реализации этих требований была разработана концепция зональной навигации и ее развитие свободной (гибкой) маршрутизации полетов, которая позволяет выполнять полет по оптимальной (согласно заданному критерию) траектории, выбираемой экипажем.

Основная задача концепции заключается в оптимизации траектории полета при перемещении в выделенной пространственно-временной области воздушного пространства и точного вывода воздушного судна (ВС) в заданный пункт маршрута в назначенное время при обеспечении высокоточного определения местоположения и параметров движения с требуемым уровнем безопасности полетов.

Современная идея управления воздушным движением предполагает, что оно должно обеспечивать эффективное использование воздушного пространства и его высокую пропускную способность в условиях высокой насыщенности и интенсивного движения при одновременном сохранении и расширении уровни безопасности полетов.

Оптимизация, направленная на сокращение расстояния по траектории, может привести к экономии времени полета, расхода топлива, а также к снижению воздействия воздушного судна на окружающую среду.

Такой подход позволяет эффективно использовать воздушное пространство, повысить экономичность и безопасность авиационных перевозок. Реализация данной концепции возможна только при высокой точности позиционирования ВС, то есть при высоком качестве их навигационного обеспечения.

В ряде практических исследований используется критерий минимального расстояния между исходной и конечной точками траектории (минимальная длина желаемой трассы), в то же время избранная траектория должна соответствовать условиям безопасности полета (избегать запретных зон, неблагоприятных погодных условий и предотвращать риск столкновения).

Навигационные технологии, обеспечивающие повышенную эффективность летательных аппаратов, являются хорошо зарекомендовавшими себя, технологии предполагают использование спутниковых навигационных систем GPS и ГЛОНАСС в качестве основных средств точного навигационного позиционирования воздушного судна.

Гибкая маршрутизация предполагает достаточный уровень ситуационной осведомленности как летного экипажа, так и УВД об условиях, управления воздушным движением в зоне воздушного пространства, а также рекомендуемой траектории полета.

Ключевыми факторами для принятия экипажем решения о выборе новой траектории, которая будет отвечать определенным условиям и обеспечивать достаточный уровень безопасности полета являются:

- анализ метеорологической информации;
- анализ запрещенных зоны в воздушном пространстве;
- анализ степени точности координат;
- анализ переменных движений воздушного судна, предоставляемые навигационными пилотажными приборами.

Однако существующий подход говорит, что траектория, выбранная экипажем или рекомендованная диспетчером, не учитывает возможные изменения характеристик конкретного воздушного пространства, которые могут повлиять на точность траектории.

Внешние изменения траектории полета, возникающие в результате изменения ветра, атмосферной турбулентности, также могут изменяться во времени и пространстве. Таким образом, траектория, выбранная при входе в воздушное пространство, может оказаться не оптимальной.

Соответственно, оптимальное решение по оптимизации траектории должно учитывать изменения в воздухе навигационных (обеспечиваемые бортовыми приборами точного определения местоположения), воздушных и метеорологических условий. Таким образом, построение траектории должно основываться на ее поддержании точного прогноза в пределах определенного воздушного пространства.

Из-за возможных отклонений от желаемой траектории самолет будет следовать по исправной траектории (TMG), которая характеризуется длиной $LTMG$ [1]. Здесь $LTMG = LLDP(LЗП) + \Delta LTSE$, где $\Delta LTSE$ – это увеличение длины желаемого пути из-за отклонений.

Рассмотрим два возможных определения траектории полета (рисунок 1):

- оптимальное, которое характеризуется минимальной желаемой длиной пути $LLDPE1$;
- неоптимальная, которая характеризуется длиной $LLDP2 > LLDPE1$.



Рисунок 1 – Траектория полета воздушного судна

При определенных условиях, которые зависят от точности траектории (при $\Delta LTSE1 > \Delta LTSE2$), возможна ситуация, когда $LLDP2 + \Delta LTSE2 < LLDP1 + \Delta LTSE1$. Тогда неравенство справедливо, $LTMG2 < LTMG1$.

$LTMG2 < LTMG1$, то есть длина TMG при полете по неоптимальной LDP будет меньше, чем в случае полета по оптимальной расчетной траектории. Таким образом, выбор новой траектории должен зависеть от точности поддержания ее во время дальнейшего полета.

Современная идея управления воздушным движением предполагает, что оно должно обеспечивать эффективное использование воздушного пространства и его высокую пропускную способность в условиях высокой насыщенности и интенсивного движения при одновременном сохранении и расширении уровня безопасности полетов. Эта особенность системы ОРВД основана на структуре воздушного пространства и оптимизации использования, которые также предполагают оптимизацию траектории полета воздушного судна.

Решение проблемы свободной маршрутизации может быть реализовано в два этапа. Первый – построение оптимальной траектории для данной области воздушного пространства. Вторым этапом – следование оптимальной траектории полета с минимальным отклонением от нее.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Оптимизация маршрута полета летательного аппарата / Н. Ф. Аверкиев // Известия вузов. Авиационная техника. – 2016. – № 4. – С. 33–37.

УДК 628.5

Е.А. Ильюк, А.В. Дубовский

Белорусская государственная академия авиации

ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ ТИПА GLS

Заход на посадку – аварийно-опасный этап, где происходит до 50 % всех происшествий. В связи с этим, актуальность данной проблемы обуславливается необходимостью дальнейшего развития навигационных спутниковых систем. На сегодняшний день существует ряд систем (ILS и др.), общим недостатком которых является высокая стоимость их применения. Один комплект наземного оборудования может обслуживать только одно направление одной взлетно-посадочной полосы, а также требуется постоянное проведение дополнительных работ для улучшения характеристик системы.

Единственной реальной альтернативой для эффективного и оперативного решения проблемы повышения безопасности посадки и полетов в целом является обеспечение их инструментальными системами спутниковой посадки, получившими в международной практике обозначение GLS.

Более 10 лет авиационная промышленность осуществляла разработку позиционирования и наземного планирования, основанную на Глобальной навигационной спутниковой системе (GNSS). Эти усилия увенчались успехом в 2001 году, когда ICAO одобрила международный стандарт для системы посадки на основе местных коррекционных данных GNSS до уровня, который будет соответствовать современным способам подхода и посадки [1].

Система посадки GLS или GBAS landing system – это зависящая от глобальной навигационной спутниковой системы альтернатива системе посадки по приборам (ILS), которая использует одну наземную станцию GBAS в аэропорту для передачи скорректированных данных GNSS на соответствующим образом оборудованные воздушные суда, чтобы они могли выполнять точный заход на посадку с большей гибкостью.

Крупнейшие производители воздушных судов такие, как Boeing, Airbus, Embraer, Sikorsky и другие оснащают свои самолеты оборудованием, обеспечивающим инструментальный заход на посадку с использованием GLS.

Построение наземной же части GLS ЛККС-А-2000, которая установлена в Национальном аэропорту Минск, зависит от многих факторов, как от места ее размещения так и прогнозируемым режимом ее использования.

В период с мая 2007 года по октябрь в международной кооперации в Германии были проведены испытания на совместимость ЛККС-А-2000 и зарубежного наземного и бортового оборудования с участием производителя ЛККС «НППФ Спектр», Евроконтроля и Росаэронавигации.

По итогам исследования на предмет совместимости получены результаты, показывающие полную идентичность российского ЛККС-А-2000 и зарубежного VDB Telerad оборудования.

Несмотря на существенные различия в эксплуатации GLS и ILS, бортовые приемники могут одновременно использовать сигналы обеих спутниковых навигационных систем, что обеспечивает более высокую точность и надежность безопасной посадки. Различий в методиках захода на посадку в системах не отмечается, следовательно, стереотип действия пилотов сохраняется [2].

Уже сегодня самолеты, оборудованные GLS могут заходить на посадку при метеоусловиях I ИКАО (высота принятия решения не менее 60 метров), а в ближайшее время планируется, что заходы на посадку по GLS будут обеспечивать более точные заходы.

В настоящее время применение ЛККС-А-2000 как инновационное решение безопасности эксплуатации воздушных судов является практически единственным способом повышения безопасности полетов. Сейчас активно поддерживают использование систем GLS в частности оснащения аэродромов ЛККС-А-2000 [3].

На сегодняшний день система GLS внедряется успешно. Многие подходы и посадки, основанные на GLS, были успешно проведены в различных аэропортах и в различных условиях на ВПП. Автоматические посадки и посадки были безопасно реализованы как в обычных, так и в сложных условиях. На дисплеях пилота GLS была необычайно устойчивая по сравнению с нынешними системами ILS, даже когда критические области, необходимые для подходов ILS, были незащищенными во время подходов GLS. GLS представляет собой возможность, готовую к широкомасштабной оперативной реализации. Внедрение GLS улучшит безопасность, увеличит пропускную способность и предоставит эксплуатационные преимущества авиакомпаниям, пилотам, пассажирам, аэропортам и поставщикам услуг воздушного движения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Oliveira, P. Comparative Study between ILS and GBAS Approaches: The Case of Viseu Airfield / Pedro Oliveira, Jorge Silva, Paulo Soares. – Portugal : Department of Aerospace Science, 2020. – 240 p.
2. Милашкина, О. В. Особенности инновационной системы навигации global landing system (gls) для обеспечения информации о местоположении, требуемой для подхода и посадки воздушных судов / О. В. Милашкина, Д. Э. Алексеев, Н. А. Куклев // Вестник УлГТУ. – 2019. – № 1. – С. 41–44.
3. Дмитриева, М. А. Локальная контрольно-корректирующая станция как инновационное решение безопасности эксплуатации воздушных судов / М. А. Дмитриева, А. И. Тюменцева // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2016. – Т. 2. – С. 417–420.

УДК 351.814.37

Д.В. Казаринова, Р.А. Вишневецкий

Белорусская государственная академия авиации

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА РАДИООБМЕНА ДИСПЕТЧЕРА УВД С ЭКИПАЖЕМ ВОЗДУШНОГО СУДНА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

В профессиональной деятельности авиационных специалистов особое место занимает профессиональная коммуникация.

Авиационная радиосвязь организуется для поддержания связи с экипажами на всех этапах полета, от запуска двигателей и до их выключения. В процессе УВД производится обмен информацией о выполнении плана полета и вносимых в него изменениях, передача докладов с борта о пролете пунктов обязательных донесений, команд по управлению полетом и предупреждений об опасных метеоявлениях, передаваемых диспетчерами службы движения на борт. В свою очередь экипажи сообщают на землю данные об особых случаях в полете.

Согласно документам ИКАО, диспетчер УВД в будущем останется центральным звеном системы УВД, а речевой радиообмен между диспетчером УВД и экипажем ВС будет оставаться основным методом общения служб УВД с ВС. Формулируя требования к авиационной связи в общем виде, можно отметить, что она должна быть непрерывной, надежной, беспойсковой, бесподстроечной, экономичной и эффективной.

Непрерывность связи означает своевременность установления связи и устойчивое ее поддержание на всех этапах движения ВС. Продолжительность процесса установления связи строго регламентируется.

Дисциплина связи заключается в точном и неукоснительном выполнении установленного порядка и режима ведения связи. Радиопереговоры должны быть краткими, вестись с соблюдением установленной фразеологии четко и внятно. Они должны содержать только сведения, связанные с выполнением полетов и УВД. Запрещается радиообмен иного содержания.

Надежность связи подразумевает способность средств связи и корреспондентов обеспечивать быстрое установление и устойчивое поддержание бесперебойной связи на всем протяжении полета и в любое время суток при высоком качестве передачи сообщений и их достоверности. Надежность связи оценивается вероятностью безотказного функционирования средств связи и вероятностью безошибочных действий оператора – пилота и диспетчера УВД.

Проблема повышения качества речевого радиообмена между диспетчером УВД и экипажем ВС существует постоянно, а поэтому является актуальной.

Повышение качества речевого радиообмена между диспетчером УВД и экипажем воздушного судна для обеспечения требуемого уровня безопасности полетов достигается решением следующих основных задач:

- разработка методов оценки уровня безопасности полетов как функции качества речевого взаимодействия диспетчера УВД с экипажем ВС;
- анализ факторов, влияющих на качество речевого радиообмена;
- анализ фразеологических и лингвистических особенностей речевого радиообмена.

Правильное произношение слов, воспроизводимых с постоянной скоростью более высоким голосом по сравнению с нормальным, но при сохранении ритма обычного разговора, играет большую роль в обеспечении удовлетворительного приема механически воспроизводимой речи. Микрофоны функционируют направленно и, следовательно, диспетчеры должны говорить непосредственно в них. Во избежание ограничения передачи, особенно в тех случаях, когда передатчик находится на расстоянии от микрофона, важно полностью нажать кнопку передачи до начала речи и не отпускать ее до завершения передачи. Диспетчеры должны использовать четкие предложения и искоренять такие очевидные ошибки, как колебательные звуки, многословие, понижение голоса, неясные созвучия и т. д. Это обеспечит максимальную эффективность передачи сообщений и предохранит от ненужных повторений. Правильной процедурой для диспетчеров является сообщение своего позывного при каждом вызове [1].

Как правило, причины коммуникативных сбоев разделяются на две категории:

- лингвистические (причины, непосредственно связанные с языком ведения коммуникации);
- экстралингвистические (сложность информации, неправильное прогнозирование ситуации, стресс, рассеивание внимания, чрезмерная нагрузка, усталость и личные особенности участников коммуникации).

Следует отметить, что в подавляющем большинстве случаев именно лингвистические факторы являются причиной возникновения непонимания между участниками радиопереговоров (54% случаев по данным исследователей). Поэтому в данном исследовании мы ограничимся рассмотрением лингвистических причин коммуникативных сбоев.

Проведенный анализ записей радиопереговоров авиационных специалистов на английском языке, выявил следующие причины коммуникативных сбоев:

- двусмысленность формулировки при ведении переговоров;

В специальной литературе описывается случай, когда бортпроводница попросила капитана «turnaround», на что последний повернул воздушное судно назад, в пункт отправления. Однако выяснилось, что стюардесса лишь хотела, чтобы капитан обернулся и увидел, что дверь в кабину была открыта и закрыл ее.

- неправильная интерпретация терминов;

Так, причиной катастрофы Боинг 747 при полете к аэропорту Субанг (Subang Airport) в Куала Лумпур (Малайзия) в феврале 1989 года стала инструкция диспетчера «descend twofourzerozero» (снижение 2,400 футов), неверно интерпретированная пилотами как снижение до 400 футов. Здесь неправильно были интерпретированы термины, представляющие собой омофоны: «to» и «two».

- ошибочное использование цифрового алфавита;

Flightlevelone-zero-zero (вместо onehundred), headingone-eighty (вместо one-eight-zero), Machnumberzero-point-eight-two (вместо Machpoint-eight-two). Тут мы сталкиваемся с неправильной передачей цифр при радиопереговорах (скорее всего, связанное с незнанием правил передачи числительных), которое может привести к их неправильной интерпретации.

- нарушение порядка слов;

Air France 1053, foreign object on the runway – stop immediately (вместо Stop immediately, Air France 1053, stop immediately, foreign object on the runway), Taxi via F, C, B to runway 23 holding point (Taxi to holding point runway 23 via taxiways F, C, B), Descend 900 meters height (вместо Descend to height 900 meters).

Здесь имеем дело с опущением значимых частей грамматической структуры (сначала нужно озвучить действие, а затем адресата этого действия). Что приводит к непониманию основной мысли сообщения [2].

Следует сделать вывод о том, что коммуникативный сбой между авиационными специалистами явление достаточно частое, в котором языковые особенности играют главную роль. Регулярно специалисты ИКАО (ICAO – International Civil Aviation Organization) ведут работу по усовершенствованию радиообмена: стандартизируя его, заменяют двусмысленные слова и формулировки на однозначные, более правильные в определенной ситуации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Симантьева, К. Л. Отбор и организация содержания обучения профессионально-ориентированному иностранному языку будущих авиадиспетчеров / Н. В. Баграмова, Н. В. Гуль ; Санкт-Пет. гос. ун-т. – СПб., 2016. – 25 с.

2. Контроль факторов угрозы и ошибок при управлении воздушным движением : утв. ген. секретарем Междунар. орг. гражд. авиации. – Квебек : ИКАО, 2008 – 15 с.

УДК 629.7

Е.В. Каминская, О.Н. Скрыпник

Белорусская государственная академия авиации

БЛОЧНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ АВИАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КАК МЕХАНИЗМ ГАРМОНИЗАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ АЭРОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Современный мир – это мир глобализированный, взаимосвязанный в единый механизм, и авиация является его важным инструментом. Именно она дает возможность отдельным людям и группам преодолевать географические границы, которые ранее служили препятствием для получения нового опыта и связей. Авиация буквально «сжимает» пространство и время, открывая бесконечные возможности на пути развития и познания, которые в ближайшее время не прекратятся несмотря на временные ограничения в связи с распространением коронавирусной инфекции COVID-19. Более того, именно авиация имеет возможность спасения цивилизации от различного рода социальных и природных катастроф.

В целом можно утверждать, что современное глобализирующееся общество не сможет нормально функционировать и развиваться без авиации как транспортного средства связи и коммуникации. Задача мирового авиационного сообщества – сделать это средство связи максимально безопасным и надежным.

В общем, слова «безопасность» и «надежность» являются фундаментом всей концепции мировой гражданской авиации. Для того чтобы обеспечить функционирование настолько сложной и всеобъемлющей системы, для которой не должно существовать политических границ, необходим уникальный набор правил. Они должны быть понятными, доступными, строгими, и одновременно гибкими, и универсальными.

Текущий уровень функционирования мировой аэронавигации позволяет говорить о достаточной безопасности и надежности. Применяемые Стандарты и Рекомендуемая практика Международной организации гражданской авиации (далее – ИКАО) дают возможность всем странам выдерживать приблизительно одинаковую ступень развития своих аэронавигационных систем [1].

Однако увеличение объема перевозок обязует ИКАО пересмотреть применяемые методы стандартизации. Значительная часть мировой аэронавигационной системы ограничена рамками консервативных подходов, которые появились в XX столетии. Эти

аэронавигационные возможности ограничивают пропускную способность воздушных перевозок и способствуют чрезмерной эмиссии газов в атмосферу.

Решением этой проблемы стала концепция всесторонне согласованной глобальной аэронавигационной системы, основанной на измеряемых характеристиках, процедурах и технологиях. Так называемая, аэронавигационная система XXI века. Для того, чтобы позволить всем государствам совершенствовать свои аэронавигационные возможности, исходя из своих конкретных эксплуатационных требований, была сформулирована Методика блочной модернизации авиационной системы (далее – ASBU), модули которой определяют программный и гибкий глобальный системный технический подход.

ASBU позволит регионам и государствам реализовать соответствующие блоки или отдельные модули с целью достижения гармонизации и интероперабельности путем их последовательного применения в регионах и по всему миру. Благодаря ASBU появится возможность проанализировать нынешнюю и будущую эффективность аэронавигационной системы и при необходимости принять меры по повышению нынешнего уровня эффективности деятельности до ожидаемого уровня.

Предложенные блоки и модули блочной модернизации авиационной системы ASBU, соответствующие технические дорожные карты и экономические выгоды описаны в Глобальном аэронавигационном плане ИКАО (далее – ГАНП).

Глобальный аэронавигационный план ИКАО представляет собой комплексные рамки, которые включают основные принципы политики в области гражданской авиации, призванные оказать помощь регионам, субрегионам и государствам ИКАО в подготовке их региональных и национальных аэронавигационных планов.

ГАНП ИКАО на 2016–2030 гг. является комплексным инструментом планирования в поддержку согласованной глобальной аэронавигационной системы для каждой страны. В нем определены все имеющиеся сегодня потенциальные усовершенствования характеристик, он содержит подробную информацию о технологиях наземного оборудования с требованиями к бортовому радиоэлектронному оборудованию, линиям передачи данных и системе ОрВД будущих поколений, которые будут использоваться во всем мире, и обеспечивает инвестиционную стабильность, необходимую государствам и отрасли для принятия стратегических решений в целях своего индивидуального планирования.

Концепция ASBU относится ко второму уровню многоуровневой системы Глобального аэронавигационного плана. Всего в целях аэронавигационного планирования предложено 4 уровня: глобальный стратегический уровень, глобальный технический уровень, региональный уровень и национальный уровень.

И хотя не ожидается что предоставленные блоки ASBU будут применяться повсеместно, ИКАО отмечает тот факт, что основные критерии обязательны для использования всеми странами, так как гармонизация воздушного пространства является приоритетом. Более того, ИКАО, как главный регулирующий орган, сможет установить обязательные сроки для внедрения некоторых модулей ASBU. Таким образом модули в конечном счете станут предметом Стандартов и Рекомендуемой практики ИКАО, которые как известно, настоятельно рекомендованы к исполнению.

На сегодняшний день веб-страница ГАНП ИКАО служит порталом для централизованного доступа ко многим средствам и документам, а также ко всеобъемлющему документу по ASBU, содержащему описание каждой модели для сведения государств-членов и отрасли.

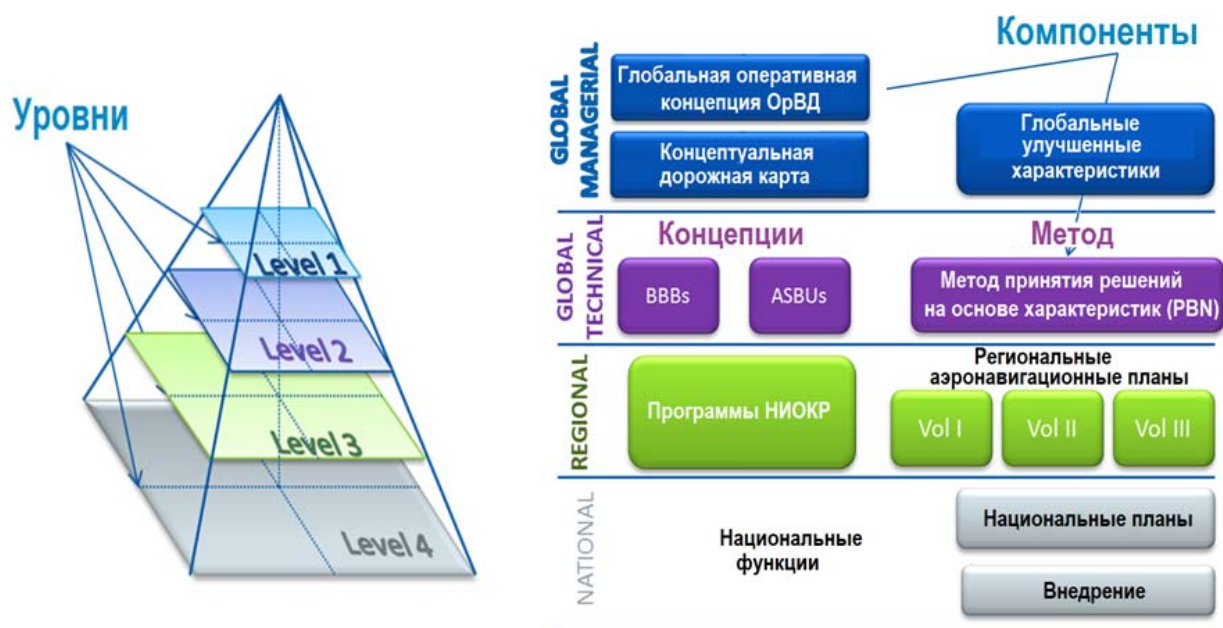


Рисунок 1 – Многоуровневая структура ГАНП

В заключение стоит отметить, что сейчас в рамках традиционного подхода к аэронавигационному планированию рассматриваются лишь потребности поставщиков аэронавигационного обслуживания, в то время как методика ASBU предусматривает рассмотрение нормативных требований и требований всех пользователей воздушного пространства. Результатом станет гармонизированная и интероперабельная глобальная аэронавигационная система, в рамках которой каждое государство сможет реализовать лишь те процедуры, которые отвечают его требованиям.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Doc 9750 : Глобальный аэронавигационный план. – Монреаль, 2019. – 36 с.

УДК 7.017.9

А.И. Кириленко, Д.О. Шпилевский, В.В. Дубовик

Белорусская государственная академия авиации

ЗРИТЕЛЬНЫЕ ИЛЛЮЗИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ

Проблема дефицита авиационных кадров повсеместна. Особенно остро стоит проблема подготовки летного состава. В 2021 году в БГАА основана школа пилотов. При этом требуется переосмысление образовательных программ, в том числе по общим дисциплинам, таким как физика. В них следует включать новый материал, который для других авиационных специалистов не преподается. Одними из таких моментов являются зрение и зрительная работоспособность. Цель работы – восполнить этот пробел.

Человеческий глаз – уникальная оптическая система, но зрительное восприятие неотделимо от обработки поступающей в головной мозг информации, а это уже вопросы психологии. Отсюда вытекают проблемы, которые определяются как «человеческий фактор». Несмотря на уникальность, глаз и зрение в целом не лишены недостатков, часть из которых проявляется как зрительные иллюзии. Общеизвестно, что самой распространенной причиной многих авиационных происшествий является человеческий фактор. Среди них 15 % составляют зрительные иллюзии. Около 90% таких происшествий

заканчиваются фатально с формулировкой: «Пилотируемый полет технически исправного воздушного судна (ВС) до столкновения с землей». Авиация становится всепогодной, осваивает новые высоты, летает в горах, пустынях и тундре, что создает экстремальные условия для работы зрения. Поэтому особую категорию зрительных иллюзий составляют погрешности зрения, связанные с движением. Преимущественно на них мы и сосредоточимся.

25.12.2016 г. в Сочи при взлете Ту-154М Минобороны РФ произошла катастрофа. Анализ информации показал, что начальный этап взлета проходил штатно. Эксперты сделали вывод, что причина – некорректные действия пилота, обусловленные зрительной иллюзией, возникающей ночью над морем: отражение звезд в водной глади. Пилоту казалось, что он движется вверх, а на самом деле самолет летел вниз. Отметим, что на взлете и при посадке пилоты отдают предпочтение визуальному восприятию перед приборным.

В литературе особенности зрительного аппарата такие как аккомодация, адаптация, световая, контрастная и спектральная чувствительности, разрешающая способность (острота зрения), поле зрения, бинокулярное и стереоскопическое зрение тщательно изучены.

Деятельность пилота происходит в динамичной обстановке. Поэтому важна скорость реакции на раздражитель. Время двигательной реакции зависит от воспринимающего анализатора (время реакции на слуховой раздражитель меньше, чем на зрительный), от интенсивности раздражителя, от двигательного комплекса реакций пилота (правые рука и нога обычно двигаются быстрее, чем левые), от возраста и пола и от сложности реакции. Время перехода от восприятия к действию обусловлено: временем на обнаружение сигнала – 0,1 с; распознавание зрительного образа – 0,4 с; принятие решения – 4–5 с; двигательная реакция – 0,5 с; реакция летательного аппарата – 2,1 с. Соответственно, всего 7–8 с.

На перроне аэропорта, рулежных дорожках и ВПП устанавливаются прожекторы для освещения пространства в темное время суток. Проблема слепящего эффекта стоит остро. Чтобы полнее учесть уровень дискомфорта для глаз, создаваемый искусственным светом, был введен обобщенный показатель дискомфорта UGR (Unified Glare Rating). Среди производителей профессионального осветительного оборудования на развитых рынках он обладает большей значимостью, чем показатель светоотдачи и блескости. Негативными последствиями высокого UGR являются усталость глаз, потеря концентрации, снижение работоспособности, раздражительность и головные боли. Совокупность этих факторов может привести к дезориентации пилотов и, следственно, авиакатастрофам.

Различные зрительные иллюзии как причинные факторы нарушения пространственной ориентировки традиционно рассматриваются с позиций взаимодействия центрального (фокусированного) и периферического (окружающего) полей зрения пилота. Задачей центрального поля зрения является избирательная поисковая деятельность и опознавание объектов внешнего мира. Задачей периферического зрения, охватывающего все зрительное поле и его наиболее удаленные сегменты, является обеспечение пилоту возможности оценки положения линии естественного горизонта и опорных визуальных ориентиров на поверхности земли, которые он воспринимает в своем представлении воздушного пространства неподвижными. Периферическое поле зрения, взаимодействуя с механизмами восприятия, глазодвигательной регуляции и поддержания функции двигательного равновесия и позы, способствует сохранению в мозгу летчика вертикальной ориентации объектов внешнего мира, несмотря на постоянное изменение картины зрительного поля при перемещении его собственного тела в различных направлениях. В отличие от этого центральное поле зрения, обладая высокой разрешающей способностью, обеспечивает летчику селективную

переработку зрительных сигналов, привлекающих его внимание, считывание буквенно-цифровых символов, цветоразличение высвечиваемых на дисплеях параметров полета, и глубинный глазомер – определение удаления до целей.

Зрительные иллюзии в полете могут быть вызваны следующими факторами: оптические характеристики лобового стекла; дождь на лобовом стекле; туман, дымка, пыль и их влияние на восприятие глубины; угол наклона глиссады; ширина и длина взлетно-посадочной полосы; системы огней взлетно-посадочной полосы; наклон взлетно-посадочной полосы; наклон местности; посадка ночью над водой или другой неосвещенной местностью.

Несмотря на совершенство человеческого организма, оптимальными условиями жизнедеятельности являются температура воздуха +20°C, перегрузка порядка 1g и скорость, равная скорости пешехода. Отклонение от этих условий требует дополнительных усилий для адекватного восприятия человеком внешнего мира и соответствующей реакции на происходящие изменения. Известно, что при полетах скорость и ускорение превышают нормативы, а перегрузка может достигать предельных для организма значений.

Рассмотрим основные виды иллюзий, имеющие значение при пилотировании ВС.

1. Эффект цветовой тени. На белом фоне (на снегу) расположен предмет и 2 источника света: газоразрядная лампа (ГЛ) и лампа накаливания (ЛН). Включим ЛН. Белый фон освещается всюду, за исключением области тени, создаваемой объектом S_1 . Зажигаем ГЛ. Фон выглядит белым, включая и отмеченную область S_1 . Черная тень предмета лежит теперь в S_2 . Далее при свете ГЛ включаем ЛН, отчего в области S_1 физически ничего не изменяется. Мы видим в S_1 тень ясного оливково-зеленого цвета. Она резко контрастирует от S . В наш глаз попадает только свет, идущий от ГЛ. Область S охвачена светлой рамкой, образованной светом ЛН. Таким образом, произошло искажение истинных цветов. На примере этого опыта хорошо можно отразить принцип расстановки огней на взлетно-посадочных полосах. Из-за неправильного расположения цветов может произойти дезориентация пилотов и, как следствие – авиакатастрофа. На бытовом уровне этот эффект служит основой для запрещения включения ламп разной цветности в один световой прибор.

Эта иллюзия получила и практическое применение. На ее основе построена система PAPI (precision approach path indicator – точный указатель траектории захода на посадку). Она состоит из флангового горизонта из четырех многоламповых огней с резким цветовым переходом, расположенных через равные промежутки. Она размещается с левой стороны ВПП, за исключением случаев, когда это физически невозможно. Фланговый горизонт PAPI устанавливается таким образом, чтобы во время захода на посадку пилот, находясь:

- выше глиссады, видел один огонь красным, а три – белыми;
- значительно выше глиссады, видел все огни белыми;
- на глиссаде или близко к ней, видел два огня красными, а два – белыми;
- ниже глиссады, видел три огня, красными один белым;
- значительно ниже глиссады, видел все огни красными.

Дальность видимости огней PAPI в ясную погоду днем до 10 км (более четкое определение можно наблюдать от 7 км), а в ночное время достигает 18 км. Она зависит от регулирования силы света огней.

2. Следующим важным видом зрительных иллюзий являются иллюзии, вызванные искажением или полной утратой картины периферического поля зрения, связанной в первую очередь с восприятием земли или линии естественного горизонта. Для пилотов особую опасность представляют иллюзорное ощущение или ложное восприятие линии горизонта или поверхности земли. Примерами являются зрительные искажения следующего рода. Пилот, принимая за линию естественного горизонта наклон верхней кромки надвигающегося с одной стороны сплошного облачного фронта, произвольно

вводит в крен самолет. Примерами восприятия ложного горизонта по углу тангажа является пилотирование самолета в ночных условиях над береговой линией, которая в горизонтальном полете воспринимается пилотом удаляющейся под самолетом аналогично тому, как изменяется положение линии естественного горизонта при наборе высоты в дневных условиях. Огни береговой линии ошибочно принимаются пилотом за линию горизонта и формируют у него ложное ощущение выхода самолета на большие углы тангажа.

3. Еще одна погрешность зрения связана с исчезновением зрительных ориентиров периферического внекабинного пространства. Даже днем при полетах в зоне пустынь в условиях пыльной бури, сдува песчаных частиц и формирования облака пыли под напором воздушного потока от вращающихся лопастей ротора вертолета создают ситуации непонятного пространственного положения, именуемые пилотами «желтой пеленой».

В северных районах аналогичные явления (метель, подъем массы снежинок) провоцируют состояние пространственной неопределенности, именуемое «белой пеленой». Ночные условия полета также могут разрушить восприятие опорных ориентиров наземного пространства за счет «размывания» линии естественного горизонта, контуров рельефа местности и слияния наземных огней освещения со светом звезд, пониженные условия освещенности ночью могут спровоцировать нарушение пространственной ориентировки у пилотов. Зрительную работу летчика в ночном полете затрудняют и световые блики на пилотажно-навигационных приборах.

4. Несовершенство двухмерного отображения пространственного положения самолета на авиагоризонте с прямой и обратной индикацией углов крена вынуждает летчика обращаться к наземным ориентирам для определения истинного положения своего самолета, например, по удалению от цели или для сверки навигационных ориентиров пролетаемой местности. При фиксации взора на наземных ориентирах местности, с включением механизмов глубинного глазомера, он будет ощущать эволюции самолета по крену как свое собственное и своего самолета перемещение в пространстве. При фиксации же взора на опорных ориентирах внутри кабины периферическое поле зрения будет воспринимать эволюции самолета по углу крена как вращение линии естественного горизонта и наземных ориентиров. Процесс пространственной ориентировки летчика в полете реализуется через последовательное чередование визуальных механизмов когнитивного опроса центральным полем зрения пилотажно-навигационных приборов с фиксацией периферическим горизонтали по водоразделу между прозрачными и непрозрачными элементами рабочей кабины и визуальных механизмов дальнего глубинного зрения с фиксацией точек отсчета пространственного положения самолета на неподвижной линии естественного горизонта.

5. Одна из иллюзий называется «узнавание солнца» – возникает при полете под верхними слоями облаков, через которые просвечивает солнце. Такой свет летчик может принять за верх и накренивает самолет в соответствии с новой вертикалью, забывая о том, что солнце находится всегда под каким-то углом к вертикали (исключая экваториальные области). К оптическим иллюзиям относят восприятие летчиком огней на земле за звезды или отражающуюся ночью в безоблачную погоду звездное небо в океане.

6. «Очарование» – эта иллюзия возникает, когда летчик концентрирует внимание только на одном из приборов или на одном объекте. Она случается при переутомлении или перенапряжении зрения. Иногда отражающиеся от облаков маяки самолетов, тени от вращающихся лопастей вертолета, падающих на кабину, воспринимаются в искаженном виде.

7. Довольно часто зрительные иллюзии возникают при предпосадочном снижении при приближении к ВПП, особенно ночью и в сложных метеоусловиях после пробивания нижней кромки облаков. Сконцентрированное внимание на ВПП и недостаток

периферических сигналов могут привести к иллюзии недостаточной скорости самолета при посадке на широкую полосу и слишком большой – на узкую.

8. ВПП или местности, имеющие уклон вверх, могут создать у пилота иллюзию, что самолет находится на большей высоте, чем на самом деле. Пилот, не отдающий себе отчета в возможности этой иллюзии, будет заходить на посадку с меньшей высоты, чем необходимо. Если ВПП или местность имеют уклон вниз, это создается обратный эффект. Система RAPI позволяет избежать последствий этой иллюзии.

9. В отсутствие видимых элементов рельефа местности, например, при заходе на посадку над водой, не освещенными участками или местностью, покрытой снегом, у пилота может возникнуть иллюзия, что самолет движется на большей высоте, чем на самом деле. Эта иллюзия, часто называемая «посадкой в черную дыру», «провал ВПП», заставляя пилотов заходить на посадку с меньшей высоты, чем необходимо.

10. Ниже на рисунке 1 представлены три вида оптических иллюзий, связанных с работой вестибулярного аппарата: иллюзия инверсии, лифта и крена.



Рисунок 1 – Оптические иллюзии, связанные с работой вестибулярного аппарата:
а) иллюзия инверсии; б) иллюзия «лифт»; в) иллюзия крена

Сенсорные расстройства пилотов, провоцируемые воздействием экстремальных факторов полета и неблагоприятных метеоусловий, приводят к снижению безопасности, их работоспособности и эффективности пилотирования. Наилучшим решением этой проблемы и щитом от этих угроз являются эффективные пилотажно-навигационные дисплеи.

Необходимо расширить применение на борту самолетов систем невизуальной (например, тактильной и звуковой) сенсорной информации, а также двигательной

системы, которые в наименьшей степени подвержены неблагоприятным эффектам и последствиям воздействия гравитационного поля и визуально-вестибулярного конфликта (например, пальцы рук). Именно создание оптимизированных систем индикации и управления полетом позволит исключить тяжелые последствия нарушений пространственной ориентации и связанных с ними расстройств сенсорно-перцептивной сферы летчиков в полете.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коваленко, П. А. Пространственная ориентировка пилотов: (Психологические особенности) / П. А. Коваленко. – М. : Транспорт, 1989. – 230 с.
2. Коваленко, П. А. Учение об иллюзиях полета. Основы авиационной делиалогии : монография / П. А. Коваленко, В. А. Пономаренко, А. В. Чунтул. – М. : Институт психологии РАН, 2007. – 461 с.
3. Рок, И. Введение в зрительное восприятие : в 2 т. / И. Рок. – М. : Педагогика, 1980. – Т. 1. – 312 с.
4. Руководство по авиационной медицине : утв. Генеральным секретарем ИКАО. – 3-е изд. – Монреаль : Международная организация гражданской авиации, 2015. – 650 с.

УДК 543.27-8

Д.М. Кончевский, Д.Ю. Мягков

Белорусская государственная академия авиации

ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КИСЛОРОДА, ПРИМЕНЯЕМОГО В АВИАЦИОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

Безаварийная эксплуатация воздушных судов зависит от качества сжатых и сжиженных газов, применяемых в авиационных технических системах, которые предназначены для обеспечения необходимых условий работы летных экипажей, функционирования оборудования и систем летательных аппаратов [1]. К одной из таких систем относится система кислородного питания, которая предназначена для поддержания необходимой величины парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, когда парциальное давление кислорода в атмосфере кабины становится ниже нормального. При нормальной деятельности человека расход кислорода составляет 2–3 литра в минуту, средний расход кислорода при дыхании одного члена экипажа составляет 5–6 литров в минуту [2]. Качество медицинского кислорода определяет жизнедеятельность экипажа на больших высотах.

Нормативно-техническими документами установлено, что контроль качества газов проводится в целях:

- не допущения применения на летательных аппаратах некондиционных газов;
- предупреждения добычи некачественных газов на газодобывающих станциях, порчи их при хранении и зарядке летательных аппаратов;
- обеспечения своевременного освежения запасов газов;
- установления путем проведения лабораторных анализов соответствие физико-химических показателей требованиям государственных стандартов или технических условий;

Качеству газов, полученных на газодобывающих станциях частей военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны, предъявляются следующие требования:

- кислород газообразный медицинский должен соответствовать ГОСТ 5583–78;
- кислород жидкий медицинский должен соответствовать ГОСТ 6331–78;
- азот газообразный и жидкий должны соответствовать ГОСТ 9293–74.

Сжатый воздух должен соответствовать следующим требованиям:
содержание водяных паров соответствует температуре насыщения воздуха не выше -40°C ;

- чистота по механическим примесям должно соответствовать 5–8 мкм;
- масло должно отсутствовать.

В настоящее время организация и оснащение лабораторий контроля качества газов проводится в соответствии с пунктами 256 и 257 руководства по электрогазовой службе Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны, утвержденного приказом командующего Военно-воздушными силами и войсками противовоздушной обороны № 451 от 28 ноября 2003 г. [3].

Опыт проведения контроля качества газов с использованием оборудования, имеющего в лаборатории показал ряд существенных недостатков.

Так, для определения процентного содержания кислорода и азота в Военно-воздушных силах и войсках противовоздушной обороны используются прибор ПАК и АУ2 (рисунок 1).

Данный прибор морально устарел, его эксплуатация выявила следующие недостатки:

- разрушение металлического змеевика теплообменника вследствие коррозии;

- изменение прозрачности измерительного сосуда, изготовленного из органического стекла;
- разрушение резинового компенсатора под действием щелочного раствора пирогаллола;
- контроль возможен только при отборе пробы;
- отсутствие приспособления (ерша) для мойки прибора.



Рисунок 1 – Прибор ПАК и АУ2

Предлагается вместо ПАК и АУ2 использовать газоанализатор кислорода ПКГ-4 Н-К-П с проточной камерой типа «елочка» (рисунок 2).



Рисунок 2 – Газоанализатор ПКГ-4 Н-К-П

- Основными преимуществами данного прибора являются:
 - так как прибор электронный, для его использования не применяются химикаты, то есть исключено вредное воздействие на лаборанта, который проводит анализ;
 - прибор портативный и его применение возможно в любом месте, которое удобно лаборанту;
 - имеется возможность постоянного измерения получаемого газа;

небольшая масса прибора (500 г);

Для определения влажности кислорода в настоящее время используется фотоэлектронный индикатор влажности 8Ш-31 (рисунок 3), который имеет ряд недостатков:

большая масса прибора (33 кг);

большие габаритные размеры (560x280x390 мм);

при определении влажности имеется расход продукта;

потребляемая мощность – 200 Вт;

диапазон измерения составляет -10/-70°C.



Рисунок 3 – Автоматический фотоэлектронный индикатор влажности 8Ш-31

Предлагается прибор 8Ш-31 заменить электронным гигрометр ИВГ-1 К-П-Т (рисунок 4).



Рисунок 4 – Электронный гигрометр ИВГ-1 К-П-Т

Данный прибор имеет ряд преимуществ:

низкая масса блока (0,6 кг);

небольшие габаритные размеры (170x85x35 мм);

отсутствует расхода газа;

диапазон измерения составляет 0/-80°C;

имеет цветной графический дисплей с сенсорным управлением;

внутренняя память до 885 точек.

Таким образом, проанализировав преимущества предложенных приборов ПКГ-4 и ИВГ-1 над имеющимися в лабораториях приборами ПАК и АУ2 и 8Ш-31, можно сделать вывод, что используемое в настоящее время оборудование требует замены.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Корнеев, П. А. Эксплуатация средств обеспечения сжатыми и сжиженными газами : лекция. – Монино : ВВА имени Ю. А. Гагарина, 1980. – 42 с.
2. Организации контроля и качества газов» : метод. пособие / Мазан Д. И. [и др.]. – Воронеж : ВВАИУ, 1982. – 88 с.
3. Руководство по электрогазовой службе Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны : утв. приказом командующего ВВС и войск ПВО, 28.11.2003, № 451. – Минск, 2003. – 54 с.

УДК 629.7

С.А. Коршак, В.Р. Вашкевич, В.В. Медведев

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

МЕТОДИКА ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ НЕПАРИРОВАНИЯ ЭКИПАЖАМИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ОСОБЫХ СИТУАЦИЙ В ПОЛЕТЕ С УЧЕТОМ ФАКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Одним из прогрессивных инструментов обеспечения безопасности полетов (далее – БзП) в мировой практике является система управления рисками для БзП. Риск рассматривается как прогнозируемая вероятность и тяжесть последствий проявления опасных факторов (далее – ОФ) (двухкомпонентный показатель) [1]. При этом, воздействие ОФ на элементы авиационной системы может привести к развитию в полете особых ситуаций (далее – ОС). В зависимости от конкретных условий эксплуатации данное воздействие с вероятностью $1 - V$ может быть парировано, например, правильными и своевременными действиями экипажа и не допущено перерастание ОС в катастрофу, или не парировано, с вероятностью V (рисунок 1).

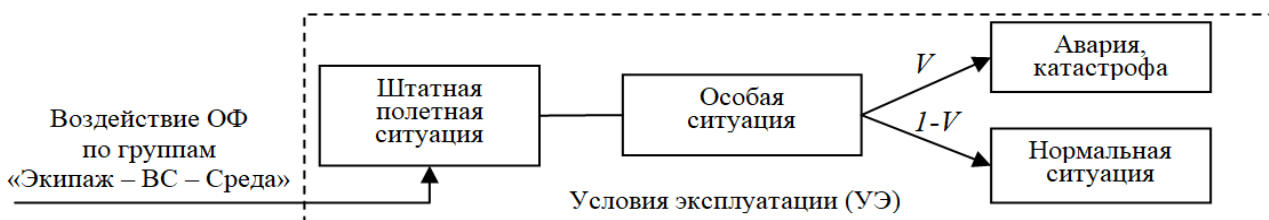


Рисунок 1 – Схема развития ОС при воздействии ОФ на элементы авиационной системы

Таким образом, риск для БзП целесообразно рассматривать как трехкомпонентный показатель, учитывая вероятность ОФ, тяжесть последствий и способность авиационной системы противостоять угрозам. Перечень показателей, характеризующих условия эксплуатации воздушных судов (далее – ВС) военного назначения X_i сформирован с учетом требований руководящих документов [2, п. 4–10] и приведен в таблице 1.

Вероятность возникновения ОС может быть оценена по результатам статистического анализа полетной информации или по частоте событий, тяжесть последствий регламентирована руководящими документами. Применение классических методов математической статистики, для оценки вероятностей непарирования ОС, не целесообразно ввиду отсутствия достаточного объема статистической информации. В этом случае единственным возможным инструментом является применение методов экспертного оценивания. Экспертная оценка вероятностей с учетом условий эксплуатации

требует перебора всех сочетаний значений их показателей (180 для показателей X_i в таблице 1) [3].

Таблица 1 – Показатели условий эксплуатации и их описание

Показатели условий эксплуатации $X_i = \{x_1, \dots, x_5\}$	Описание	Значение
Профессиональная подготовка летчика x_1	Летчик 1; 2; 3 классной квалификации	1; 2; 3
Состояние летчика в момент вылета x_2 (количество вылетов в смену)	Первый; второй; третий; четвертый; пятый вылет в летную смену	1; 2; 3; 4; 5
Время суток x_3	День; Ночь	1; 2
Метеоусловия x_4	Визуальные (ВМУ); Приборные (ПМУ)	1; 2
Высоты H выполнения ПЗ x_5	Средние (СВ) и большие (БВ); Малые (МВ); Предельно малые высоты (ПМВ)	1; 2; 3

Оптимизация процесса экспертного оценивания возможна путем совместного применения методов экспертного количественного оценивания и ранжирования. Блок-схема разработанной методики экспертной оценки вероятностей непарирования ОС с учетом условий эксплуатации приведена на рисунке 2 и включает три этапа.

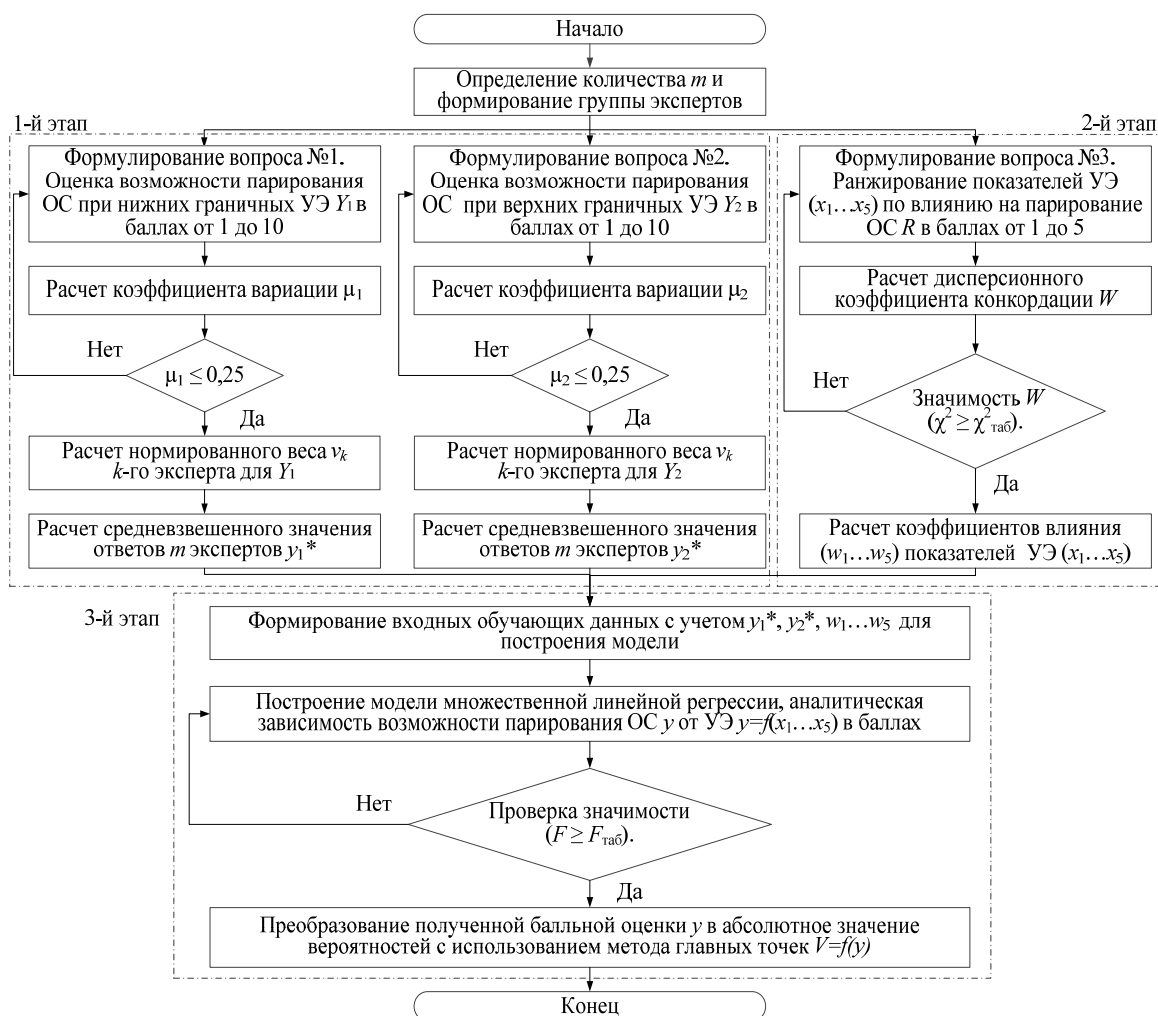


Рисунок 2 – Блок-схема методики экспертной оценки вероятностей непарирования ОС с учетом условий эксплуатации

На первом этапе производится экспертное количественное оценивание $m = 10$ экспертами возможности парирования экипажем ВС j -й ОС A_j при нижних $X_1 = \{\text{летчик 3-го класса, 5-й вылет, ночь, ПМУ, ПМВ}\}$ и верхних $X_2 = \{\text{летчик 1-го класса, 1-й вылет, день, ВМУ, СВ}\}$ граничных условиях эксплуатации в баллах от 1 до 10. Результирующее мнение группы экспертов, при условии ее согласованности определяется по формуле [3]

$$y_j^* = \sum_{k=1}^{10} v_k y_{jk}, \quad (1)$$

где y_{jk} – оценка вероятности парирования j -го события, определенная k -м экспертом; v_k – нормированный вес k -го эксперта, определен как величина, обратно пропорциональная его вкладу в общую дисперсию оценок [5].

На втором этапе производится оценка влияния $n=5$ показателей условий эксплуатации на возможность парирования экипажами ВС j -й ОС A_j , при условии согласованности экспертной группы по формуле [3]

$$w_i = \frac{2[m(n+1) - r_{i\Sigma}]}{mn(n+1)}, \quad i = 1, 2, \dots, 5, \quad (2)$$

где $r_{i\Sigma}$ – сумма рангов, i -го показателя x_i ; m – количество экспертов.

На рисунке 3, в качестве примера, представлены коэффициенты влияния w_i (2) показателей x_1, \dots, x_5 (таблица 1) на возможность парирования событий: A_1 – превышение допустимой перегрузки n_y ; A_{12} – ложная сигнализация о пожаре; A_{20} – попадание ВС в опасные явления погоды.

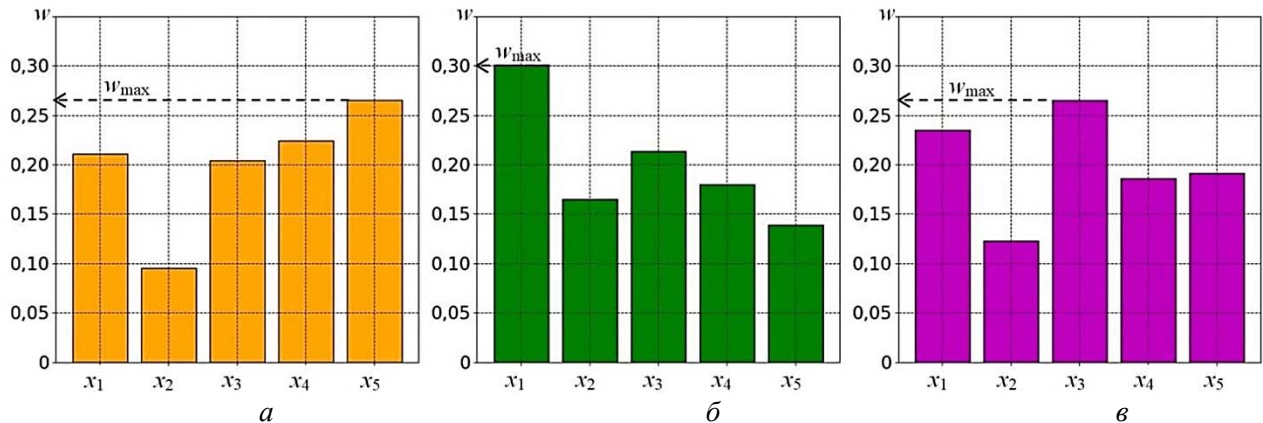


Рисунок 3 – Коэффициенты влияния показателей x_i на возможность парирования событий A_1 (а), A_{12} (б) и A_{20} (в)

На третьем этапе производится построение моделей множественной линейной регрессии $y_j = f_j(x_1, \dots, x_5)$, описывающие зависимости возможностей парирования отдельных ОС A_j от условий эксплуатации (таблица 1) по полученным в процессе обработки результатов экспертного опроса граничным значениям возможностей парирования y_{j1}^* и y_{j2}^* (1) и коэффициентов w_i (2). В таблице 2, в качестве примера, приведены зависимости возможностей парирования рассматриваемых ОС A_1, A_{12} и A_{20} .

Адекватность полученных зависимостей $y_j = f_j(x_i)$ подтверждается путем расчета и проверки статистической значимости по F -критерию Фишера ($F > F_{\alpha; k1; k2}$) коэффициента детерминации R^2 . Преобразование балльной оценки возможности парирования ОС в абсолютное значение вероятностей непарирования V произведено по методу «Главных точек», путем аппроксимации, равномерного распределения области определения

балльной оценки $y \in [1...10]$, на область определения вероятностей непарирования $V \in [10^{-6}...1]$ [3]. Полученная зависимость $V = f(y)$ имеет вид

$$V = 5,7527e^{-1,534y}. \quad (3)$$

Таблица 2 – Аналитические зависимости $y_j = f_j(x_i)$ возможности парирования ОС A_1 , A_{12} и A_{20}

Событие	$y_j = f_j(x_i)$	R^2	F	$F_{a;k1;k2}$
A_1	$y_1 = 8,720 - 0,178x_1 - 0,040x_2 - 0,445x_3 - 0,379x_4 - 0,224x_5$	0,99996	$8,7 \cdot 10^5$	2,37
A_{12}	$y_{12} = 9,979 - 0,226x_1 - 0,062x_2 - 0,320x_3 - 0,270x_4 - 0,104x_5$	0,99998	$1,2 \cdot 10^6$	2,37
A_{20}	$y_{20} = 8,667 - 0,199x_1 - 0,052x_2 - 0,450x_3 - 0,316x_4 - 0,163x_5$	0,99999	$3,4 \cdot 10^6$	2,37

Таким образом, применение разработанной методики позволяет получить количественную оценку вероятностей непарирования экипажами ВС ОС в полете с учетом условий эксплуатации при отсутствии достаточного объема статистической информации и обеспечивает возможность оценки риска для БзП с целью принятия управленческих решений по его устранению. Установлено, что использование разработанной методики позволяет снизить ошибку экспертизы более чем в 4 раза, за счет сокращения количества экспериментов до 7 (2 – экспертное оценивание; 5 – экспертное ранжирование) [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Doc 9859. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). – Монреаль : ИКАО, 2013. – 300 с.
2. Авиационные правила организации и выполнения полетов государственных воздушных судов Республики Беларусь : постановление МО Респ. Беларусь от 30.11.2004, № 74. – Минск, 2004. – 25 с.
3. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Обработка значений экспертных оценок: ГОСТ 23554.2 – 81. – М. : Изд-во стандартов, 1982. – 69 с.
4. Коршак, С. А. Экспертная оценка вероятностей парирования экипажами воздушных судов особых ситуаций в полете с учетом фактических условий эксплуатации / С. А. Коршак, В. Р. Вашкевич // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2021. – № 2 (71). – С. 53–63.

УДК 331.446.4

Е.Л. Кохановский, А.А. Кулинка

Белорусская государственная академия авиации

БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР

Не является открытием то, что авиационный транспорт в настоящее время – это один из самых безопасных видов транспорта. Одним из главных направлений, стоящих перед руководством авиационной отрасли, является повышение безопасности при выполнении полетов. Однако при решении такой задачи, возникает ряд трудностей. Рассмотреть выполнение полета исключительно с безопасной точки зрения будет не совсем правильно, так как перелеты должны быть подчинены не только требованиям безопасности, но еще должны быть экономически эффективными и регулярными. При этом отметим, что требования безопасности являются важнейшими. Приходится констатировать, что абсолютно безопасной деятельности человека просто не существует. Убрать риски в авиации крайне сложно, при том, что в данной деятельности человека ошибочные действия влекут к многочисленным человеческим жертвам. Вопрос безопасного выполнения полетов всегда был и остается важнейшим направлением деятельности сотруddников задействованных в выполнении полетов.

Система управления безопасностью полетов начала свое функционирование с целью максимально обеспечить безопасность пассажиров при выполнении полетов. Решение данной задачи основывается на управлении факторами рисков, которые существуют на всех этапах полетов. Основное предназначение системы – непрерывающееся улучшение уровня безопасности полетов [1].

Основными вопросами реализации данной системы является то, что система должна соответствовать масштабам организации и уровня ее сложности. Международной организацией гражданской авиации ИКАО были сформулированы основные принципы и элементы, которые составили минимальные требования к реализации системы управления безопасностью полетов. При формулировании требований особое внимание было акцентировано на человеческом факторе. Определение «человеческий фактор» нашло широкое применение в сферах деятельности человека и везде его используют в соответствии со спецификой работ или услуг. С целью выяснить понятие «человеческий фактор» попробуем выяснить смысл понятия «фактор» [2]. В науке, понятие «фактор» понимается

как – источник воздействия, движущая, действующая сила или существенное обстоятельство. При упоминании понятия «человеческий фактор», можно подразумевать любые действия человека связанные с его своеобразием личности. Влиять на окружающий человека мир могут различные явления, которые могут быть связаны с темпераментом человека, его интеллектуальным развитием.

Приходится констатировать, что при воздействии на окружающий мир, когда человек реализует свои способности и удовлетворяет различные потребности, его реакция всегда будет разной. К сожалению, данное поведение человека предвидеть нельзя, так как оно может быть связано с различным состоянием индивида. Действие человека в следствие принятого решения – является процессом совершенным, но общеизвестно, что принцип превентивности является одним из главных в процессе повышения безопасности. Исходя из опыта эксплуатации воздушных судов, известно, что не только деятельность человека будет определять факторы воздействия, но именно человек играет ключевую роль, объединяя в себе все предыдущие неопределенности. Подводя итог вышесказанному, можно уверенно заявить, что человек является главнейшим звеном в процессе повышения безопасности полетов.

По данным статистики, ключевая роль в летных происшествиях отводится либо отказам авиационной техники (15–21%), либо ошибочным действиям экипажа воздушного судна (54–61%) [3].

Все чаще обстоятельства указывают, что правильные и своевременные действия летчиков могут зависеть не только от приобретенного опыта. Все реже, причиной по которой возникли критические ситуации на борту является слабая готовность и отсутствие практического опыта у летчиков. Нередко, даже опытные специалисты, осознанно и абсолютно немотивированно, прекращают выполнять установленные правила безопасности. В свою очередь, молодые специалисты, требовательно относятся ко всем установленным правилам и нормам.

Данные факты могут говорить о том, что существуют и другие факторы которые способны кардинально влиять на решения человека и с целью их выявления и понимания необходимо будет проводить новые исследования поведения человека.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Коваленко, Г. В. Летная эксплуатация : учебник / Г. В. Коваленко, А. Л. Микинелов, В. Е. Чепига ; под ред. Г. В. Коваленко. – СПб. : Наука, 2016. – 463 с.
2. Doc9683. Руководство по обучению в области человеческого фактора. – Монреаль : ICAO, 1998. – 370 с.
3. Controlled Flight Into Terrain Accident Analysis Report. – IATA, 2015. – 40 p.

UDC 656.085.22

V. Krivosheya, V. Paletayeva

Belarusian State Academy of Aviation

STRESS AS KEY REASON OF HUMAN FACTOR

Aviation safety is important because people's lives are involved in every operation of aircraft. Safety must be the number one priority for any airline in all aspects of air transportation. Due to poor safety management in aviation, not only damages associated with a single airplane crash but the loss of much valuable – human life.

Aviation safety is a step towards the prevention of accidents and incidents in the aviation industry. In fact, an accident betrays many telltale signs during its building upstages that can be easily identified for timely intervention. An accident is seldom the direct result of a single failure. Invariably, it is the coming together of various causal factors that stack up sequentially and converge into a single point in time, where the last trigger results in the overlap of all failed barriers. Usually an instance of a single error or oversight finds unobstructed passage through a string of absent, ineffective, or failed barriers. The idea is to break the link in the chain leading to an undesirable and unsafe outcome [1].

Safety is of paramount importance. In aviation, safety determines the very existence of the industry. Aviation is a complex business and involves the participation of people in more spheres than one.

From the manufacturer, maintenance, ground support, ATC, inflight to the flight crew, and even passengers, every agency plays a role in the safe take off to landing of every flight. This is achieved through an intricate network of procedures that prevent errors and omissions as well as processes that are in place to capture such lapses. People are working around equipment and in conditions that themselves have potential hazards. This safety entails not only the safe operation of aircraft but also the safety and well-being of personnel involved behind the scenes.

Aviation safety is continuously improving. This is made possible by sharing the knowledge of manufacturers, operators, and regulators. Aviation safety has improved by the **collaborative approach** of the organizations that are involved in designing and production of aircraft and its equipment, oversight of regulatory requirements, operation of aircraft, Air Traffic Control, and infrastructure of the airport. This collaborative approach is **more effective** than regulatory action alone because this continuously advances safety in all aspects of the global air transport system. Identifying safety risks and introducing the best practices is an all-in-one solution to improve aviation safety [1].

It should be said that flight safety is highly dependent on maintenance. When not done correctly, it contributes to a large number of accidents and incidents. Speaking about maintenance errors the following are to distinguish:

- incorrect parts installation
- lack of details
- failure in necessary check completion.

Compared to many other threats to aviation safety, aviation technician mistakes are more difficult to detect. These errors are often present but not visible and can remain hidden, affecting the safe operation of the aircraft for longer periods of time. There is a number of human factor aspects in aviation unique namely to this industry. Aviation technicians often work at night or early in the morning, in confined spaces and in various adverse conditions. The work can be exhausting, but it also requires attention and concentration to details.

However, one of the main human factors is stress. Aviation maintenance is challenging due to many factors. Airplanes need to be serviceable and flyable for airlines to make money, which means maintenance should be done promptly to avoid delays and cancellations of flights. Rapidly evolving technologies that are constantly changing can complicate the work of technicians. This requires from aviation professionals continuous studying and training of the

sophisticated equipment. Other stressors include working in the dark and confined spaces, lack of resources for proper repairs, and long hours of work.

A major stress in aviation maintenance is the realization that the work they do, if not done correctly, can lead to tragedy. Everyone handles stress differently and particular situations may influence different people in various ways. For example, working under a strict timeline can be a stressful factor for one person and normal for another. The reasons causing stress are called stressors. They are categorized as physical, psychological, and physiological stressors.

Physical Stressors

Physical stressors add to the personnel's workload and make it uncomfortable for him or her in their work environment.

1. Temperature – high temperatures in the hangers increase perspiration and heart rate causing the body to overheat. Low temperatures can cause the body to feel cold, weak, and drowsy.

2. Noise – hangers that have high noise levels (due to aircraft taking off and landing close by) can make it difficult for maintenance personnel to focus and concentrate.

3. Lighting – poor lighting within a workspace makes it difficult to read technical data and manuals. Likewise, working inside an aircraft with poor lighting increases the propensity to miss something or to repair something incorrectly.

4. Confined spaces – small workspaces make it very difficult to perform tasks as technicians are often contorted into unusual positions for a long period of time [2].

Psychological Stressors

1. Psychological stressors relate to emotional factors, such as a death or illness in the family, business worries, poor interpersonal relationships with family, co-workers, supervisors, and financial worries.

2. Work-related stressors – over anxiousness can hinder performance and speed while conducting maintenance if there is any apprehension about how to do a repair or concerns about getting it done on time.

3. Financial problems – impending bankruptcy, recession, loans, and mortgages are a few examples of financial problems that can be stressors.

4. Marital problems – divorce and strained relationships can interfere with one's ability to perform their job correctly.

5. Interpersonal problems – problems with superiors and colleagues due to miscommunication or perceived competition and backstabbing can cause a hostile work environment [2].

Physiological Stressors

Physiological stressors include fatigue, poor physical condition, hunger, and disease.

1. Poor physical condition – trying to work when ill or not feeling well can force the body to use more energy fighting the illness and less energy to perform vital tasks.

2. Proper meals – not eating enough, or foods lacking the proper nutrition, can result in low energy and induce symptoms like headaches and shaking.

3. Lack of sleep – fatigued person is unable to perform his or her function properly and can become sloppy with repairs and miss important mistakes.

4. Shift schedules – the affect of changing sleep patterns on the body's circadian cycle can lead to a degradation of performance [3].

Everyone deals with stress differently. The first step, according to psychologists, is to identify stress factors and symptoms that arise. Depending on the symptoms, recommendations are made in order to cope with stress. However, there are standard advice that include developing and maintaining healthy lifestyles with adequate rest time, exercise, healthy eating, drinking alcohol and avoiding tobacco products.

There is no single solution to all problems. Some issues, such as uncertainty, can be addressed by conducting safety interviews with workers so everyone knows what is expected of them. The first step is to acknowledge what is beyond our control. In most cases, we cannot get rid of the worries and health problems of people. Moreover, you can't get people to leave stress

and mental distress in their cars before they get to work. Nevertheless, what safety professionals can do is to help workers understand the risk of human error and the importance of focusing as much as possible on the task.

Other measures may include:

1. Solving unsolvable problems by shake-up of employees and assigning new tasks.
2. Highlighting human factors hazards through additional safety discussions.
3. Supporting supervisors and managers to better monitor workers who are at higher risk of injury due to human factors.
4. Make sure that any changes in the work environment or work processes are written about in the documentation [4].

There is one more thing that can be done to protect workers: look to the future. The sooner we collectively acknowledge that a dangerous situation exists, the sooner we can all begin to address problems. It will also help with the uncertainty that can live in the minds of workers.

REFERENCES

1. Aviation Safety. Importance & Strategy [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.aviationhunt.com/aviation-safety>. – Date of access: 15.11.2021.
2. Human factors [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.faasafety.gov/files/gslac/courses/content/258/1097/AMT_Handbook_AddendmHuman_Factors.pdf. – Date of access: 18.10.2021.
3. Как снизить влияние человеческих факторов? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://laboratoria.by/stati/vlijanie-chel-faktorov>. – Дата доступа: 13.11.2021.
4. Человеческий фактор в авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aviav.ru/stati/chelovecheskiy-faktor-v-aviatsii.html>. – Дата доступа: 12.11.2021.

УДК 629.7.05

А.С. Леонтьев, С.П. Полуэктов, И.О. Пелепец

Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ БОЕВОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

На современном этапе развития авиационной техники одним из основных направлений в решении проблемы безопасности полетов является оснащение воздушных судов (ВС) бортовыми системами обеспечения безопасности полета (БСОБП), которые позволяют своевременно определить возникновение особой ситуации в полете, вызванной влиянием различных источников и носителей опасности, а при необходимости парировать ее или перевести в менее опасную ситуацию [1]. Основными источниками и носителями опасности являются отказы, сбои, разрушения, возникающие в авиационной технике (планере, силовой установке, шасси, комплексе бортового оборудования и др.), а также ошибки, нарушения, упущения экипажа, который является ключевым элементом в управлении боевым авиационным комплексом (БАК). Положительное влияние БСОБП проявляется через снижение аварийности, что подтверждается как статистическими данными [2], так и работами специалистов в области авиационной безопасности [4, 5].

Однако до сих пор нет единой методики оценки влияния БСОБП на эффективность функционирования БАК в условиях боевых действий, что не позволяет оценить его приспособленность к выполнению задач в конкретных условиях боевого применения с учетом огневого, радиоэлектронного и других видов противодействия противника, то есть

боевую эффективность [3]. Кроме того, не все авиационные специалисты единодушны в результатах итогового воздействия БСОБП на эффективность БАК.

С одной стороны, существует мнение [5] о том, что БСОБП отрицательно влияют на боевую эффективность БАК, так как ограничивают возможности боевого применения и не позволяют экипажу полностью использовать функциональные возможности ВС. С другой стороны, высокая интенсивность боевых вылетов и боевое напряжение в совокупности с воздействующими источниками и носителями опасности приводят к возникновению небоевых потерь (авиационных происшествий), что при отсутствии БСОБП ведет к неоправданным потерям. В этом случае БСОБП будет ограничивать не возможности ВС, а определяющие параметры с учетом изменения полетной ситуации. Это обеспечит возможность более полного использования маневренных возможностей ВС и тем самым повышение боевой эффективности БАК [4, 5].

Следовательно, правильная организация функционирования БСОБП позволит обеспечить снижение как небоевых, так и общих потерь путем выполнения боевых задач наиболее эффективным способом, в котором реализован наименее опасный вариант достижения цели с учетом воздействия источников и носителей опасности [5]. Таким образом, боевые задачи и задачи безопасности полета не должны выполняться автономно и независимо друг от друга, а должны быть увязаны на основе интеллектуальных принципов, обеспечивая достижение единой цели, перераспределяя приоритеты с учетом важности решаемых задач. Поэтому влияние БСОБП на эффективность функционирования БАК носит положительный характер. Следовательно, становится актуальной задача количественной оценки этого влияния.

По своей структуре БСОБП является функциональной распределенной подсистемой комплекса бортового оборудования (КБО), которая для выполнения своих функций использует все необходимые подсистемы КБО и системы самолета. КБО представляет собой совокупность бортовых комплексов (пилотажно-навигационный, прицельно-навигационный, комплекс связи и наведения и др.), а также бортовых систем и устройств, объединенных общими алгоритмами и бортовой вычислительной системой, предназначенных для решения группы задач различными способами [3].

Существующие подходы к оценке боевой эффективности основаны на использовании понятия «боевой потенциал», для расчета которого используются совокупность математических моделей и методов, обеспечивающих получение численных значений частных показателей. Известно несколько подходов, отличающихся набором частных показателей и структурой общего показателя боевого потенциала [6, 7].

В работе [6] общий показатель боевого потенциала представлен выражением

$$W_{\text{БП}} = \frac{U_{\Sigma}}{P_{\Sigma}} \cdot K_{\text{М}} \cdot K_{\text{ПР}}, \quad (1)$$

где U_{Σ} – показатель суммарного ущерба, нанесенного противнику (учитывает вероятности атаки и поражения цели); P_{Σ} – показатель суммарных потерь, понесенных в ходе достижения U_{Σ} (учитывает количество обстрелов и вероятность поражения БАК); $K_{\text{М}}$ – показатель мобильности; $K_{\text{ПР}}$ – показатель применимости.

В источнике [7] общий показатель боевого потенциала определяется на основании следующего выражения

$$W_{\text{БП}} = a_1 W_{\text{пер}} + a_2 W_{\text{истр}} + a_3 W_{\text{уд}} + a_4 W_{\text{раз}} + a_5 W_{\text{рЭП}}, \quad (2)$$

где $W_{\text{пер}}$ – показатель решения задач перехвата воздушных целей; $W_{\text{истр}}$ – показатель решения истребительных задач (ведение воздушного боя); $W_{\text{уд}}$ – показатель решения

ударных задач по наземным (надводным целям); $W_{\text{раз}}$ – показатель решения задач воздушной разведки; $W_{\text{РЭП}}$ – показатель решения задач радиоэлектронного противодействия; $a_1 \dots a_5$ – весовые коэффициенты важности решения указанных функциональных задач.

С целью получения объективной оценки боевой эффективности общий показатель боевого потенциала дополняют экономическим показателем, тогда боевая эффективность может быть определена как функция двух аргументов

$$W_{\text{БЭ}} = f(W_{\text{БП}}, W_{\text{Э}}), \quad (3)$$

где $W_{\text{БП}}$ – общий показатель боевого потенциала; $W_{\text{Э}}$ – общий показатель экономической эффективности, характеризующий затраты потребных ресурсов на создание и эксплуатацию БАК.

Анализ выражений 1–3 показывает, что на их основе не представляется возможным адекватно оценить влияние БСОБП на боевую эффективность БАК, так как при такой оценке подразумевается идеальное управление, при котором экипаж ошибки не допускает и всегда полностью использует потенциальные возможности ВС.

Поэтому для оценки влияния БСОБП на боевую эффективность БАК необходимо создание новых подходов, учитывающих возможные нарушения в функционировании системы «экипаж – воздушное судно» и работу БСОБП по предотвращению и локализации негативных последствий этих нарушений.

В работах авторов [5, 8, 9] предлагается подход, основанный на оценке опасности полетной ситуации, где в качестве общего показателя эффективности функционирования БСОБП используется вероятность гибели системы «экипаж – воздушное судно». С учетом данного подхода интегральный показатель для критерия боевой эффективности примет вид

$$W_{\text{БЭ}} = f(P_{\text{Г}}, W_{\text{БП}}, W_{\text{Э}}), \quad (4)$$

где $P_{\text{Г}}$ – вероятность гибели системы «экипаж – воздушное судно» при выполнении полетного задания, характеризующая потери из-за воздействия средств поражения противника и возникновения АП.

Введение дополнительного показателя $P_{\text{Г}}$ позволяет учесть не только воздействие боевых (ПВО противника, воздействие средств поражения в воздушном бою) и небоевых источников и носителей опасности (внешние неблагоприятные воздействия, отказы техники, ошибочные действия экипажа), а также характеризует качество функционирования БСОБП по противодействию этим источникам и носителям опасности.

Таким образом, при оценке влияния бортовых систем обеспечения безопасности полета на эффективность функционирования БАК целесообразно использовать методический подход, основанный на трех общих показателях – боевом потенциале, вероятности гибели при выполнении полетного задания и показателе экономической эффективности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Леонтьев, А. С. Методика повышения эффективности бортовой системы обеспечения безопасности полета маневренного самолета при боевом маневрировании в режиме маловысотного полета / А. С. Леонтьев, С. П. Полуэктов, В. А. Малышев // Авиакосмическое приборостроение. – 2021. – № 8. – С. 25–38.

2. Алгоритмическое обеспечение маловысотного полета самолета на основе оценки опасности полетной ситуации / А. С. Леонтьев [и др.] // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2021. – Т. 19, № 4. – С. 27–37.

3. Радиоэлектронные комплексы навигации, прицеливания и управления вооружением летательных аппаратов / под ред. М. С. Ярлыкова. – М. : Радиотехника, 2012. – Т. 1 : Теоретические основы. – 504 с.

4. Безопасность полетов : учебник / под ред. А. В. Головнева. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 404 с.

5. Жмеренецкий, В. Ф. Активное обеспечение безопасности полета летательного аппарата: методология, модели, алгоритмы / В. Ф. Жмеренецкий, К. Д. Полулях, О. Ф. Акбашев. – М. : ЛЕНАНД, 2019. – 320 с.

6. Скопец, Г. М. Внешнее проектирование авиационных комплексов: методологические аспекты / Г. М. Скопец. – М. : ЛЕНАНД, 2017. – 344 с.

7. Туголуков, В. О. Эффективность превыше всего: особенно для боевой авиации / В. О. Туголуков. – М. : Перо, 2015. – 260 с.

8. Жмеренецкий, В. Ф. Опасность полета ЛА: физическая сущность и пути снижения / В. Ф. Жмеренецкий, К. Д. Полулях, О. Ф. Акбашев // Авиационные технологии 21 века : мат. 5-го междунар. научно-техн. симпозиума, Жуковский, 1999. – Жуковский : ЦАГИ, 1999. – С. 233–239.

9. Жмеренецкий, В. Ф. Основные направления снижения опасности полета ЛА / В. Ф. Жмеренецкий, К. Д. Полулях, О. Ф. Акбашев / Проблемы безопасности полетов. – 1998. – № 6. – С. 38–45.

УДК 73.01.09: 347.823.32

А.И. Листопад, А.А. Гурецкий

Белорусская государственная академия авиации

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НОРМАТИВНОЙ ПРАВОВОЙ БАЗЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ В СССР 1917–1940 ГОДЫ

Одно из важных мест в СССР занимала авиационная промышленность. С ее быстрым развитием необходимо было не менее быстро менять нормативно правовую базу. Так, к примеру, в 1917 году на счету молодого советского государства стояла одна тысяча самолетов. Совершались нерегулярные рейсы из Москвы в Петроград, выполнялась аэрофотосъемка в годы гражданской войны.

Одним из знаменательных событий явился подписанный 17 января 1921 года и 1 марта того же года вступивший в силу декрет Совета народных комиссариатов РСФСР «О воздушных передвижениях» [4]. Декрет требовал наличие строгого учета аэродромов, посадочных площадок, ангаров, летного состава и воздушных судов. Этим документом определялась организация полетов иностранных самолетов. Также данный декрет заложил основы воздушного законодательства и способствовал развитию гражданской авиации.

В Приказе от 03.10.1922 года установились правила регистрации воздушных судов, установились нормы применения опознавательных знаков, огней и сигналов. В этом же году 1 декабря была создана Инспекция гражданского воздушного флота (ГВФ). Этот орган занимался разработкой мероприятий по использованию гражданской авиации в народном хозяйстве.

Инспекция определяла типы пассажирских самолетов, следила за сроками эксплуатации воздушных судов. Также устанавливала порядок использования аэродромов, технический контроль за авиалиниями. В то же время стоит отметить, что Инспекция гражданского воздушного флота контролировала отбор летного и технического составов.

Официальной датой рождения гражданской авиации СССР 9 февраля 1923 года Советом Труда и Оборона были приняты Постановления «Об организации Совета по гражданской авиации» и «О возложении технического надзора за воздушными линиями на Главное управление воздушного флота» [5].

Немаловажной датой считается 17 марта 1923 года, когда официально было создано акционерное общество «Добролет» (Российское общество добровольного воздушного флота). Это была коммерческая кампания, выполнявшая задачи по созданию отечественной гражданской авиации: внутренние и международные перевозки пассажиров, различных грузов и почтовых отправлений.

На средства от продажи акций «Добролета» сперва приобретались иностранные самолеты, а потом стали производиться первые советские пассажирские воздушные суда. Благодаря этому «Добролет» можно считать прообразом Аэрофлота.

В 1920-е годы гражданская авиация бурно развивалась. Появлялись новые воздушные линии, строились аэропорты, развивались советские авиазаводы, конструировались усовершенствованные воздушные суда.

С утверждением Положения от 29 июля 1927 года был образован Совет по гражданской авиации. На него возлагался ряд функций:

а) общий надзор за гражданской авиацией в Союзе ССР и руководство ее развитием;

б) выдача разрешений на открытие новых воздушных линий;

в) рассмотрение финансовых отчетов обществ воздушных сообщений;

г) рассмотрение перспективных планов работы обществ воздушных сообщений, представление их на утверждение Совета Труда и Оборона и наблюдение за их осуществлением;

д) рассмотрение и утверждение ежегодных финансово-производственных планов обществ воздушных сообщений [1].

В 1929 году была принята Варшавская конвенция – международное правовое соглашение, регулирующее воздушные перевозки. Документ вступил в силу в 1933 году, кампания Аэрофлот вступила в конвенцию в 1934 году.

В 1930 году стала производиться эксплуатация первых советских пассажирских самолетов. А уже 6 ноября 1931 года был открыт первый в СССР пассажирский аэровокзал [2].

Одним из значимых событий в авиационной истории стало 25 февраля 1932 года, когда было образовано Главное управление Гражданского воздушного флота (ГУГВФ). А 25 февраля 1932 года было образовано Главное управление Гражданского воздушного флота (ГУ ГВФ) и учреждено официальное сокращенное наименование гражданской авиации страны – Аэрофлот [3]. Для сотрудников Аэрофлота была введена форменная одежда и знаки отличия, появились 12 категорий личного состава, которые являлись аналогами воинских званий.

За годы первой пятилетки гражданская авиация стала важным составляющим транспортной системы страны. В 1929 году протяженность воздушных линий составляла 26310 км, а к началу 1934 года данный показатель был 34 760 км.

В 1930 году совершенствовалась служба движения (диспетчерская служба), призванная обеспечивать безопасность полетов. Одним из нормативных документов, организовывающих ее работу, стало Положение о диспетчерской службе и категорировании сотрудников службы движения.

Одной из главных задач диспетчерской службы являлась организация движения с целью прохождения самолетов по отдельным участкам воздушных трасс по расписанию, чтобы минимизировать возможность задержки рейсов.

Диспетчерская служба была сформирована на всех вертикалях от центральной диспетчерской службы в Москве до диспетчерской службы в аэропортах городов. Диспетчеры управления воздушным движением выполняли следующие функции:

1. наблюдение за движением самолетов по воздушным линиям;

2. регистрация всех случаев опоздания вылетов, задержек рейсов;

3. управление движением в зависимости от конкретной обстановки.

В 1935 году были впервые введены бланки авиабилетов, которые просуществовали почти до середины 40-х годов.

9 июня 1936 года был создан указ о повышении качества обслуживания на борту самолетов. Согласно указу в салоне авиалайнеров запрещалось перевозить грузы, между рядами сидений были постелены ковровые дорожки, на сидения стали одеваться чехлы, также появилась кухня.

В 1937 году образовано Управление международных воздушных линий ГВФ. Также в этом году стали осуществляться регулярные рейсы в Европу: открылась авиалиния Москва-Рига-Стокгольм.

29 апреля 1937 года вышел приказ по главному управлению ГВФ Положение о перевозке почты. Этим приказом регламентировалась работа в сфере почтовых перевозок: нормативные акты должны были обеспечить сохранность почтовых грузов и ускорить их доставку.

В этом же году 4 июня вышло Положение о службе перевозок. Этот приказ способствовал расширению внутренних и международных перевозок, увеличению количества авиалиний, повышению культуры перевозки пассажиров.

Если говорить о протяженности международных авиалиний, то она изменилась с 2116 км в 1928 году до 7000 км в 1940 году. К началу 1940 году в Союзе Советских Социалистических Республик насчитывалось 150 аэропортов. «Аэрофлот» располагал широкой сетью местных воздушных линий.

Летом 1941 года протяженность авиалиний составляла уже 146 тысяч км. Регулярное воздушное сообщение связывало столицу со всеми республиками Средней Азии и Дальнего Востока.

Гражданская авиация СССР в период с 1917 до 1940 годов являлась одной из важных составляющих единой транспортной системы страны, которая имела большую сеть воздушных трасс, аэропортов, авиационных организаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Положение о Совете по гражданской авиации : постановление от 29 июля 1927 г. / Совет труда и обороны СССР. – М., 1980. – 25 с.
2. Центральный аэродром имени М. В. Фрунзе / гл. ред. С. О. Шмидт ; сост.: М. И. Андреев, В. М. Карев. – М. : Большая российская энциклопедия, 1997. – 976 с.
3. День воздушного флота России: история праздника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ria.ru/20120819/725452276.html>. – Дата доступа: 12.11.2021.
4. Подписан первый законодательный акт в области воздушного права России [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.prlib.ru/history/618954>. – Дата доступа: 13.11.2021.
5. В СССР принято постановление «Об организации Совета по гражданской авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.calend.ru/events/4428/>. – Дата доступа: 13.11.2021.

УДК 656.7

Е.С. Литавор, А.В. Дубовский

Белорусская государственная академия авиации

ВЛИЯНИЕ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ 5G НА РАБОТУ АВИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ

Федеральное авиационное управление (FAA) США выразило серьезную озабоченность потенциальным влиянием сотовых сетей связи пятого поколения (5G) на безопасность воздушных полетов. Ведомство намерено выпустить формальное

предупреждение о проблеме, нацеленное на пилотов и авиакомпании, сообщает Reuters со ссылкой на источники.

Представители американской авиационной отрасли еще в конце 2020 г. забили тревогу, утверждая, что базовые станции стандарта 5G могут создавать помехи для бортового оборудования воздушного судна, которые могут привести к ряду негативных последствий – задержке и отмене рейсов, отклонением авиалайнеров от курса и сложностям с заходом на посадку и, как следствие, человеческим жертвам, отказу от эксплуатации элементов авиационной инфраструктуры.

По словам представителя FAA, «ведомство продолжает свое взаимодействие с другими агентствами, направленное на достижение безопасного сосуществования авиации и новейшего поколения технологии 5G» [1].

В Федеральной комиссии по связи США (FCC) заявили о «приверженности обеспечению безопасности полетов и продолжении внедрения новых технологий в интересах американского бизнеса и граждан». Другими словами, чиновники FCC серьезной угрозы в вышках 5G в контексте ситуации не видят.

В частности, проблемы могут наблюдаться в работе радиовысотомера. Это устройство, использующееся для определения высоты полета над поверхностью Земли с помощью радиосигнала. Данная информация является очень важной для экипажа и, к примеру, может использоваться автопилотом при посадке летательного аппарата.

Проблема заключается в том, что частотный спектр, в котором могут излучать приборы данного типа (4,2–4,4 ГГц) близок с таковому у вышек 5G в верхней его границе.

Это так называемый C-Band или сантиметровый диапазон 3,7–3,98 ГГц. Данный диапазон является крайне привлекательным для операторов сотовой связи, поскольку представляет собой «золотую середину», обеспечивая баланс между радиусом действия базовой станции 5G и шириной канала связи.

Таким образом, по мнению экспертов FAA, некоторые сотовые вышки, несмотря на более чем 220-мегагерцовый «частотный буфер», в силу своей высокой мощности могут способствовать искажению показателей авиационных приборов и вызывать серьезные сбои в масштабе всей отрасли.

В 2020 г. FCC заказала профильной организации RTCA (Radio Technical Commission for Aeronautics) исследование по вопросу безопасности использования «золотого» частотного диапазона. Его результаты показали, что излучение базовых станций пятого поколения не представляет угрозы для авиаотрасли. Однако ее представители с выводами RTCA не согласились, указав на ряд недочетов в методологии исследования.

Ассоциация STIA, представляющая интересы американской телеком-отрасли, утверждает, что сети 5G сантиметрового диапазона совершенно безопасны и «не создают вредных помех для авиационного оборудования». Организация также сослалась на опыт 40 других стран, в которых эксплуатируются подобные сети, отметив, что «любая задержка с развитием данного спектра ставит под угрозу конкурентоспособность Америки» [2].

Примечательно, что изначально FCC хотела выдавать лицензии операторам на использование всего сантиметрового диапазона (3,7–4,2 ГГц), о чем публично уведомила в 2017 г. Однако в декабре 2020 г., незадолго до начала первого аукциона, представители авиационной индустрии неожиданно озвучили свои опасения. Ведомство прислушалось к их аргументам и урезало верхнюю часть разыгрываемого среди операторов диапазона частот до 3,98 ГГц.

В конце февраля 2021 г. FCC провела очередной раунд торгов, в которых решалась судьба 3,7 ГГц, входящих в «золотой» диапазон. Оператору Verizon удалось получить

более 3,5 тыс. лицензий, которые обошлись ему в \$45,5 млрд. Конкуренты – AT&T и T-Mobile суммарно выиграли 1,9 тыс. лицензий на сумму около \$32,7 млрд.

В начале декабря 2021 г. в 46 странах запустят мобильные 5G-сервисы на сантиметровых частотах. Verizon, в частности, планировала начать эксплуатацию соответствующих базовых станций не ранее конца 2021 г.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конвенция о международной гражданской авиации 1944 года [Электронный ресурс. – Режим доступа: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/conventions/pdf/chicago_conv.pdf. – Дата доступа: 15.11.2021.

2. Чесноков, Е. В. Автоматические радиоконпасы вертолетов. Порядок списания и устранения радиодeviационной ошибки : учебно-методическое пособие / Е. В. Чесноков, Н. Н. Андреев. – Воронеж, 2013. – 48 с.

УДК 656.7

А.В. Лубинская, Д.А. Беляев

Белорусская государственная академия авиации

ПОДГОТОВКА АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ И «ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР»

Безопасность полетов воздушных судов – комплексная характеристика деятельности в области авиации, определяющая способность выполнения полетов воздушных судов без угрозы для жизни и (или) здоровья граждан (Воздушный кодекс Республики Беларусь от 16 мая 2006 г. № 117-З, статья 1).

Обучение авиационного специалиста, в том числе и в направлении обеспечения безопасности полетов производится в авиационных образовательных учреждениях гражданской авиации. Также подготовка и переподготовка специалистов в области авиационной безопасности осуществляется в учебных центрах по авиационной и транспортной безопасности при аэропортах и аэродромах, заводах и др.

Одна из составляющих авиационной безопасности является «человеческий фактор».

Человеческий фактор – это возможность принятия человеком ошибочных или нелогических решений в конкретных ситуациях. В авиации «человеческий фактор» рассматривается как важнейшее условие, влияющее на уровень и определяющее состояние безопасности полетов любого рода воздушных судов [1, 2].

Согласно данным Международной организации гражданской авиации (ИКАО), в течение многих лет каждые три из четырех авиационных происшествий происходили по причине «человеческого фактора». Принятые и принимаемые ИКАО меры способствовали сокращению общего числа авиационных происшествий, но причинность остается прежней – не менее 80% всех авиационных инцидентов, аварий и катастроф из-за ошибочных и неправильных действий авиационного персонала, как в воздухе, так и на земле.

Любому человеку свойственны ограничения возможностей или ошибки. Не всегда психологические и психофизические характеристики человека соответствуют уровню сложности решаемых задач или проблем. Ошибки, называемые проявлением «человеческого фактора», как правило, непреднамеренны: человек выполняет ошибочные действия, расценивая их как верные или наиболее подходящие, причинами могут являться: эмоциональная напряженность, усталость, снижение внимания, неудовлетворительное психическое состояние человека.

При рассмотрении человеческих или личностных факторов в рамках обеспечения безопасности полетов изучают системно взаимодействие персонала технического обслуживания, оборудование, которое они используют, письменные и устные процедуры и правила, которым они следуют, и окружающие условия. Целью исследования человеческих факторов является оптимизация взаимоотношений между персоналом по техническому обслуживанию и системой с целью улучшения безопасности и эффективности [3].

Таким образом, человеческие факторы включают в себя такие элементы как:

- психология человека;
- устройство рабочего места;
- условия окружающей среды;
- взаимодействие по принципу «человек-машина»;
- антропометрия;
- эргономика.

Ведущим и единственным учебным учреждением в Беларуси, занимающимся подготовкой авиационных специалистов, является Белорусская государственная академия авиации. Академия осуществляет подготовку авиационных специалистов по различным направлениям. Все направления очень ответственны и требуют особой подготовки в области обеспечения авиационной безопасности. Эта подготовка заключается в том числе и в качестве изучения теоретического материала. Качество знаний выпускника важный аспект человеческого фактора авиационного специалиста [4].

Повышение качества знаний на этапе обучения специалиста помогут обеспечить следующие подходы:

- предоставление качественной, обширной и разносторонней информации;
- мотивация учебной деятельности;
- использование современных информационных технологий;
- проведение викторин, конкурсов и блиц-опросов;
- выполнение тестовых заданий и др.

Помимо хороших теоретических знаний и практических навыков авиационный специалист должен обладать и набором определенных положительных личностных качеств. Среди основных востребованных личностных качеств выпускника авиационного учебного заведения можно выделить следующие:

- дисциплинированность;
- аккуратность;
- ответственность;
- внимательность;
- активность;
- вежливость;
- аналитические способности;
- смекалка;
- логика;
- коммуникабельность;
- взаимовыручка;
- высокая работоспособность;
- ориентация на результат;
- способность к быстрому и самостоятельному принятию решений;
- стремление к повышению профессионального уровня.

Поэтому, уже с первых дней и в процессе всего обучения в академии необходимо уделять особое внимание развитию данных качеств, например, с помощью организации и проведения:

- психологических тренингов;
- кураторских часов на разносторонние темы;
- субботников с участием педагогического состава и курсантов;
- интеллектуальных и дискуссионных мероприятий;
- экскурсий по авиационным предприятиям;
- дополнительных занятий;
- участие курсанта в общественной деятельности академии и др.

Обладая определенным набором профессиональных знаний и вышерассмотренных личностных качеств, выпускник способен минимизировать последствия отрицательного воздействия человеческого фактора на безопасность при осуществлении полетов воздушных судов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руководство по обучению в области человеческого фактора / утв. Генеральным секретарем ИКАО. – 1-е изд. – Монреаль : Международная организация гражданской авиации, 1998. – 650 с.

2. Руководство по управлению безопасностью полетов / утв. Генеральным секретарем ИКАО. – 1-е изд. – Монреаль : Международная организация гражданской авиации, 2006. – 650 с.

3. Человеческий фактор в авиации – реальность и мифы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.aex.ru/m/docs/4/2018/12/19/2855/>. – Дата доступа: 16.11.2021.

4. Социально-гуманитарные аспекты развития общества и авиационной отрасли: материалы Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22 мая 2020 г. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. акад. авиации ; [редсовет: А. А. Жукова [и др.] ; под науч. ред. А. А. Шегидевича]. – Минск : Национальная библиотека Беларуси, 2020. – 293 с.

УДК 504.064.36:625.717

А.С. Люев, М.Н. Мануйлов, Д.С. Диско

Белорусская государственная академия авиации

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ИНЖЕНЕРНО-АЭРОДРОМНОЙ СЛУЖБЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

Предотвращение авиационных происшествий является главным в деятельности авиационных командиров и штабов в сфере обеспечения безопасности полетов. В настоящее время решение проблемы обеспечения безопасности полетов в авиации напрямую зависит от того, насколько полно и качественно организовано инженерно-аэродромное, аэродромно-техническое и материальное обеспечение полетов.

В авиационных базах личным составом инженерно-аэродромной службы в 2013 году были проведены такие мероприятия как: ремонт швов искусственных покрытий; маркировка искусственных покрытий; ремонт маркировочного оборудования; ремонт средств для отпугивания птиц; укос трав на ГВПП; обработка швов гербицидами; ремонт дренажных систем.

Однако анализ выполненных работ, результаты различных проверок показывают, что не все указанные мероприятия выполняются в полном объеме и с необходимым качеством.

Основными недостатками в отдельных авиационных базах явились:

нарушение технологии замены плит ПАГ и ремонта швов искусственных покрытий (применение некачественного праймера, недостатки выполнения работ при обработке кромок укладываемых плит, заделывании швов пескоцементом, заливке их мастикой); несвоевременный ремонт пирамид и чучел для отпугивания птиц;

отсутствие необходимого инвентаря и документации у личного состава, выделяемого для прочески ВПП, отсутствие должного контроля за качеством проводимого мероприятия;

неудовлетворительное состояние мойки колес техники СНОП, выезжающей на аэродром, в связи с чем не обеспечивается качественный обмыв колес;

некачественная очистка ВПП от снега в зимний период эксплуатации;

несвоевременное обновление маркировки на аэродроме;

использование на средствах наземного обслуживания полетов средств пожаротушения с истекшим сроком проверки, а также непроклеенного инструмента;

отсутствие пломб заливных горловин, фильтров раздаточной линии топливозаправщиков, а также записей в формулярах о зачистке;

не своевременная вырубка деревьев и кустарника на территории аэродрома, в результате чего внешнее ограждение аэродрома проходит в непосредственной близости от МРД и деревья, находящиеся за ограждением, мешают рулению самолетов по МРД;

наличие разрушений дождеприемных колодцев, провалы асфальтобетонных покрытий, отсутствие металлических решеток на дождеприемных колодцах;

Анализируя содержание аэродромов видно, что искусственные покрытия аэродромов, состоящие в большинстве из сборных железобетонных плит ПАГ, достигли предельного срока службы и эксплуатируются по фактическому состоянию. Прогрессирующие разрушения покрытий обязывают ежегодно проводить профилактические и ремонтные работы на них. Наиболее масштабные и трудоемкие виды работ по ремонту покрытий выполняются силами 83 оиаэп. Его организационно-штатная структура, обеспеченность техникой позволяют выполнять работы одновременно на 2–3 аэродромах. В общей сложности в 2013 году выполнена замена и укладка плит в количестве 2734 штук.

Немаловажное значение в обеспечении безопасности полетов имеет устойчивая работа систем электроснабжения. Специалистами инженерно-аэродромной службы проводятся мероприятия капитального ремонта систем электроснабжения аэродромов, однако поддержание в эксплуатационном состоянии отдельных элементов электроснабжения (таких как трансформаторные подстанции, кабельные линии) вызывает в отдельных воинских частях определенные трудности.

От технического состояния аэродромно-эксплуатационной техники напрямую зависит качество подготовки аэродрома к полетам. В настоящее время в авиационных частях эксплуатируется более тридцати образцов новой, эффективной, высокопроизводительной аэродромно-уборочной техники и средств малой механизации, в том числе успешно применяется специальная техника ОАО «АМКОДОР».

В целях достижения эффективности по обеспечению безопасности полетов и предотвращению попадания посторонних предметов в двигатели летательных аппаратов в авиационных частях необходимо проводить следующие мероприятия:

для проведения профилактических работ определять не менее трех дней в месяц с привлечением всего личного состава авиационной части, во время которых проводить систематический осмотр летного поля: предполетный, в процессе производства полетов и послеполетный;

полеты планировать с учетом времени, необходимого для проведения текущего ремонта и проведения профилактических работ;

подготовку аэродромов к полетам осуществлять в строгом соответствии с Требованиями авиационных правил;

для предотвращения разрушения швов покрытий растительностью и образования дефектов на них, в течение летнего периода эксплуатации умело и своевременно

применять гербициды, что позволит в 2,5 раза сократить трудозатраты при организации ремонта, повысит эффективность и качество работ в целом;

грамотно эксплуатировать и содержать новые образцы высокопроизводительной аэродромно-уборочной техники, что сократит время и улучшит качество проведения ремонтных работ и подготовку аэродромных покрытий к производству полетов;

движение автотранспорта организовать в строгом соответствии с «Инструкцией по организации движения автотранспорта, средств наземного обеспечения полетов и пешеходов на аэродромах»;

личный состав и технику на летное поле аэродрома в дни полетов допускать только по установленным маршрутам, согласно схем маршрутов движения, установленных при въезде на летное поле и при выезде из автопарка;

въезд транспортных средств на летное поле осуществлять только через мойки или оборудованные пункты обмыва колес.

Только при обеспечении неукоснительного выполнения требований авиационных правил по организации, выполнению полетов и всех видов их обеспечения, внедрении плановости в работе, умении видеть главную цель в решении задач, усилении контроля за ходом выполняемых мероприятий можно рассчитывать на прочный успех в обеспечении безопасности полетов и исключении предпосылок к летным инцидентам.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основные направления деятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mpt.gov.by/sites/default/files/transport_2013_0.pdf. – Дата доступа: 16.11.2021.

2. Обеспечение безопасности полетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tyuiu.ru/wp-content/uploads/2015/08/Organizatsiya-i-bezopasnost-dorozhnogo-dvizheniya.pdf>. – Дата доступа: 16.11.2021.

УДК 629.7.045

Ю.И. Макусь, А.А. Нагула

Белорусская государственная академия авиации

ПРОБЛЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ОСИ САМОЛЕТА ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ КОММЕРЧЕСКИХ ГРУЗОВ

Основная проблема оперативного планирования в отрасли грузовых авиаперевозок заключается в том, как разместить груз в самолете для безопасного полета. Поэтому для каждого полета необходимо решать сложную задачу планирования. Помимо своей сложности, сегодня планирование в основном выполняется вручную, а это трудоемкий процесс с неопределенным качеством решения.

Для безопасной эксплуатации воздушного судна необходимо взвесить весь груз и багаж, помещаемый в грузовую кабину самолета (или получить точную оценку веса с использованием «стандартных» значений), он должен быть правильно загружен и закреплен для предотвращения движения в полете.

Погрузка должна осуществляться в полном соответствии с общепринятыми правилами и ограничениями и в соответствии с инструкциями, данным лицом, несущим общую ответственность за процесс погрузки для конкретного рейса. Эти инструкции по загрузке должны соответствовать требованиям к распределению багажа/груза, указанным в листе загрузки воздушного судна.

В последние годы соображения безопасности воздушных перевозок привели к появлению строгих процедур для обеспечения «сверки багажа», которые гарантируют, что загружен только сопровождаемый багаж, если не был соблюден специальный дополнительный процесс проверки для каждого несопровождаемого багажа. Распределение веса в грузовом отсеке оказывает значительное влияние на центр тяжести

(CG) самолета. Распределение нагрузки указано в схеме загрузки (Loading Instruction Report – LIR) самолета.

Схема загрузки (Loading Instruction Report – LIR) – официальный рабочий документ, в котором по данным центровочного графика зафиксировано планируемое и фактическое размещение багажа, почты и груза в багажно-грузовых отсеках ВС. Схема загрузки может быть сформирована в автоматизированной системе DCS или ручным способом.

Схема загрузки дает наглядную информацию о планируемом и фактическом распределении багажа, почты и грузов по багажно-грузовым отсекам ВС.

В производственной практике под центровкой самолета понимают такое размещение коммерческой загрузки на самолете, при котором обеспечивается безопасность на всех режимах полета. Требования безопасности взлета, полета и посадки в ожидаемых условиях предстоящего рейса обеспечиваются ограничением максимальной взлетной массы самолета и максимальной коммерческой загрузки.

Контроль загрузки и центровки воздушного судна предусматривает:

- сбор всех данных, относящихся к загрузке ВС и условия расчета массы и центровки ВС, которые являются корректными и в пределах ограничений;
- загрузку ВС в соответствии с применимыми правилами и специальными загрузочными инструкциями по рейсу;
- передачу информации по опасным грузам и другой специальной загрузке применительно к конкретному рейсу;
- соответствие информации, представленной в сводно-загрузочной ведомости (LOADSHEET), включая изменения в последнюю минуту (LMC), с фактической загрузкой ВС.

Планирование загрузки, а также расчет весовых и центровочных данных выполняется диспетчером по центровке. Контроль погрузки и выгрузки ВС осуществляет диспетчер по контролю за подготовкой воздушного судна к вылету. Когда процесс контроля загрузки осуществляется централизованно (удаленный контроль загрузки), диспетчер по контролю за подготовкой ВС, также отвечает за предоставление всех финальных данных в места выполнения удаленного контроля загрузки.

Большинство широкофюзеляжных самолетов и все чаще некоторые узкофюзеляжные могут использовать более простую систему алюминиевых контейнеров, называемую Unit Load Devices (Устройства с единичной загрузкой). Устройства с единичной загрузкой (ULD) используются в качестве контейнеров для багажа и грузов, перевозимых в кабинах соответствующих размеров и оборудованных самолетов, и закреплены таким образом, чтобы они не могли перемещаться в кабине самолета в полете.

Контейнеры, поддоны и сетки в большинстве случаев должны быть одобрены для использования («сертифицированы») органом по летной годности страны, в которой находится производитель. Контейнеры, как правило, представляют собой легкие конструкции, состоящие из алюминиевых профилей, относительно толстого (2,5–4 мм) алюминиевого листа основания, алюминиевых или композитных боковых панелей и панелей крыши, а также тканевой или металлической двери. Быстрый рост объема авиaperевозок, особенно грузовых авиaperевозок, за последние 10 лет привел к тому, что некоторые устройства единичной нагрузки обрабатываются на нестандартных объектах с использованием ненадлежащих методов обработки.

Многие узкофюзеляжные ближнемагистральные самолеты загружаются навалом отдельными предметами багажа и груза. В этом случае загрузка багажа будет производиться по количеству мест с предписанными допущениями о среднем весе одного багажа, используемого для заполнения загрузочного листа.

Предположения о среднем стандартном весе зарегистрированного багажа обычно варьируются в зависимости от того, является ли рейс внутренним, международным,

чартерным или регулярным. Следует соблюдать осторожность при установке стандартного веса багажа. Имели место инциденты, когда стандартные веса серьезно занижали фактическую массу загруженного багажа, что приводило как к ошибке в общей массе воздушного судна, так и к смещению центра тяжести за пределами утвержденной безопасной зоны.

Сетка используется для удержания крупногабаритных предметов багажа в грузовом отсеке ВС, чтобы они не двигались в полете. Любой груз, который смещается в полете, сместит центр тяжести самолета и может вызвать трудности с управлением (в крайних случаях вызывая потерю управления) и помешать полету.

Массовая погрузка обычно осуществляется путем доставки груза к самолету в багажном составе буксируемых прицепов. Чтобы гарантировать правильную загрузку каждого грузового отсека, конкретный прицеп может содержать только багаж, предназначенный только для одного указанного отсека. Прицеп выгружается в грузовой отсек самолета с помощью конвейерных лент и, наконец, помещается в грузовой отсек погрузчиками, работающими внутри него.

В рамках любой системы могут быть предписаны специальные процедуры для аномальных нагрузок, таких как:

- те, на которые распространяются правила перевозки опасных грузов;
- тяжелые предметы;
- негабаритные предметы;
- предметы с необычными размерами/пропорциями.

Тяжелые предметы, превышающие предельную нагрузку на пол грузового отсека, могут перевозиться, если имеются и применяются предписанные меры по распределению нагрузки.

Основные риски, связанные с загрузкой грузового отсека воздушного судна, следующие:

– Погрузочная бригада не загружает груз в соответствии с предоставленными инструкциями по погрузке, и в форму инструкций по загрузке / отчет не вносятся поправки, отражающие эти изменения.

– Если загрузка отличается от исходной формы загрузки/отчета и форма загрузки/отчета обновлена, последнее изменение (LMC) не было правильно применено к расчетам исходной таблицы загрузки и проверено на предмет пределов массы и баланса.

– Груз не закреплен или не удерживается надлежащим образом

– Загружены неразрешенные предметы (например, опасные грузы).

– Конструкция самолета повреждена непреднамеренным ударом от механизированного погрузочного оборудования. Такие воздействия могут остаться незамеченными погрузочной бригадой или в некоторых случаях замечены, но не доложены. Это может произойти, когда группа загрузки не видит видимых повреждений.

Последствия неправильной загрузки

– Потеря управления в полете.

– Отклонение от взлетно-посадочной полосы или выход за ее пределы при взлете или посадке.

– Повреждение грузового отсека самолета во время полета.

Полученные результаты позволяют проанализировать основные недостатки связанные с распределением нагрузки на оси самолета при размещении коммерческих грузов. Главными из них являются: сложность планирования размещения груза в самолете для безопасного полета, так как в основном это делается вручную. Для того чтобы не допустить ошибок при распределении нагрузки, а также автоматизировать весь процесс распределения нагрузки в дальнейшем будет разработана программа Air Cargo. Данная программа будет представлять из себя графический интерфейс (дизайн оболочки продукта) и математическую модель для расчета веса груза и распределения груза по осям, для этого нужно будет выбрать модель самолета, который осуществляет

коммерческую перевозку грузов, далее выбрать параметры груза (вес, длина, ширина), программа автоматически определит куда данный груз разместить. Результат будет представлен в виде модели грузового отсека самолета, в котором будет находиться груз, который программа туда автоматически определила, в соответствии с его параметрами. Еще одним главным недостатком при размещении коммерческих грузов на ВС является человеческий фактор. Мы не можем полностью предотвратить совершение ошибок людьми, но можем уменьшить частоту совершения этих ошибок и ограничить их последствия. Для того чтобы избежать данной проблемы нужно своевременно проводить подготовку и повышение квалификации персонала, выполняющего контроль загрузки и расчет центровки ВС. Человеческий фактор является важной составляющей, которую нужно учитывать в повседневной работе и жизнедеятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Контроль загрузки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://kr.aero/upload/iblock/a83/rukovodstvo-po-nazemnomu-obslyuzhivani.-chast-5.pdf>. – Дата доступа: 01.10.2021.
2. Unit Load Devices (ULD) [Electronic resource]. – Mode of access: <https://skybrary.aero/articles/unit-load-devices-uld>. – Date of access: 05.10.2021.
3. Расчет коммерческой загрузки и центровки воздушных судов : методические указания по изучению дисциплины и выполнению контрольной работы / А. Е. Островерхов. – СПб. : СПбГУ ГА, 2019. – 97 с.

УДК 504.054:656.13

В.И. Ушаков, А.А. Мишин

Белорусская государственная академия авиации

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОХРАНЫ ВОЕННЫХ АЭРОДРОМОВ

В современных условиях особую опасность для объектов Вооруженных Сил представляют несанкционированные действия физических лиц (нарушителей): террористов, диверсантов, преступников, экстремистов. Результаты их действий не предсказуемы: от хищения имущества до создания чрезвычайной ситуации на объекте (пожар, разрушение, затопление, авария, и т. п.). Актуальность. Одной из эффективных мер по обеспечению безопасности данных объектов является применение технических средств охраны (ТСО). Применение ТСО позволяет исключить либо свести к минимуму негативное влияние самого ненадежного звена в системе охраны – человека, которому присущи ограниченные физические возможности, ошибки, преднамеренные несанкционированные действия (саботаж, сговор с преступниками) и т. п. Организация охраны объектов с помощью ТСО значительно надежней и обходится дешевле. Именно поэтому все ведущие страны, уделяют большое внимание созданию ТСО на основе последних научных достижений, информационных и коммуникационных технологий. Технические средства охраны включают: периметровые средства обнаружения – устройства, установленные на периметре охраняемого объекта и предназначенные для подачи сигнала дежурной службе при попытке преодоления (преодолении, вторжении) нарушителем зоны обнаружения; объектовые средства обнаружения – устройства, установленные на периметре охраняемого объекта и предназначенные для подачи сигнала дежурной службе при попытке преодоления (преодолении, вторжении) нарушителем зоны обнаружения; технические средства предупреждения – пассивные и активные устройства, предупреждающие нарушителя о запрете преодоления зоны обнаружения и проникновения на объект (предупредительные, разграничительные и указательные знаки,

звуковая и световая сигнализации); технические средства воздействия – активные средства летального (не летального) действия, обеспечивающие воздействие на нарушителя создаваемыми рабочими физическими полями в целях повышения вероятности его перехвата, нейтрализации и затруднения его действий, а также невозможности выполнить поставленную задачу в локальных зонах объекта, на подходах к охраняемым сооружениям (зданиям, конструкциям) и на других участках контроля; аппаратуру сбора и обработки информации; средства управления (контроля) доступом на объект.

ТСО выполняют свои задачи «на земле», создавая препятствия потенциальным нарушителям непосредственно на объектах и на незначительных прилегающих периметрах. Все они статичны, а их установка, например, на удаленных объектах ограничена возможностями систем электропитания и линий связи. Кроме того, устанавливаемые на объектах технические средства наблюдения по отдельности дают ограниченное изображение контролируемой местности, и для большей площади обзора требуется большее количество видеокамер. Это, в свою очередь, повлечет увеличение числа конечных устройств (мониторов, картинок изображения на мониторах) и потребует включения в состав дежурной смены дополнительных операторов. Как известно, военный аэродром это достаточно большой по площади комплекс специально подготовленных земельных участков, сооружений и оборудования, обеспечивающих работу авиации. Аэродром является одним из важнейших военных объектов и в значительной мере определяет живучесть и боеготовность расположенной на нем авиационной воинской части. Поэтому в ходе любого противостояния следует ожидать применение противником различных средств поражения с целью разрушения (повреждения) взлетно-посадочной полосы, уничтожения самолетов, прочих объектов аэродрома. Как показывает анализ войн и локальных конфликтов, обеспечение надежной защиты аэродромов является важной и сложной задачей для командира авиационной части. В настоящее время эта задача приобрела еще большее значение и небывалую сложность в связи с появлением такого явления, как диверсионно-террористический акт. Это обстоятельство вызывает необходимость комплексного подхода к обеспечению высокой степени защищенности объектов на аэродромах. Однако существующая система охраны военных аэродромов не всегда позволяет обеспечить стопроцентную защиту от проникновения на аэродромную зону (и в первую очередь – на летное поле) посторонних лиц. Причиной тому являются следующие факторы:

1. Непрерывное патрулирование периметра аэродрома личным составом подразделений охраны с гарантированным обнаружением вероятного нарушителя требует привлечения дополнительного и не малого количества людей, что не вполне целесообразно.

2. Затратность установки по всему периметру аэродрома перекрывающих друг друга технических средств охраны (периметровых ТСО, систем видеонаблюдения) из-за больших протяженности и площади сектора охраны.

3. Трудности в организации эффективного патрулирования вдоль ограждения аэродрома мобильными группами (на специально выделенном для этого транспорте, как это организовано в аэропортах гражданской авиации), вызванные теми же причинами, которые указаны в пункте 1.

Одним из способов решения указанных проблем, в развитие уже имеющихся и внедряемых средств видеонаблюдения (стационарных), возможно применение видеодронов – малых беспилотных летательных аппаратов (БЛА), оснащенных следящими камерами высокого разрешения. Это позволит обеспечить видеофиксацией труднодоступные места (что в случае со стационарными средствами пока не в полном объеме получается), а также контролировать третье измерение охраняемого пространства – высоту. Технические возможности микро и мини БЛА позволяют им вести разведку на всю глубину построения охранной зоны. Размер исполнительной зоны,

в пределах которой БЛА осуществляет разведывательный полет, зависит от технических особенностей оптической системы, установленной на БЛА, и параметров его полета. Микро БЛА имеют взлетную массу до 5 килограммов, дальность полета до 10 километров, высоту полета до 250 метров. Их можно использовать для охраны складов, хранилищ авиационных средств поражения, позиций подготовки управляемых авиационных средств поражения, стоянок с авиационной техникой, позиций подразделений связи и радиотехнического обеспечения, то есть сравнительно небольших по площади объектов. У мини БЛА взлетная масса составляет от 5 килограммов и выше, дальность полета до 10 километров, высота полета до 300 метров. Такие беспилотники подойдут для сканирования территорий, прилегающих к летному полю (при отсутствии полетов – обзор самого летного поля) и военному городку, различных подъездных путей, то есть более протяженных и обширных по площади. Беспилотные летательные аппараты можно встроить в общую систему охраны, и видеoinформация с них будет передаваться в помещение дежурной службы (караульное помещение), как и с наземных камер. Для беспилотника требуется минимальная взлетно-посадочная площадка. При необходимости оператор БЛА может изменить маршрут полета беспилотника и направить его в интересующую его точку, например, при такой экстренной ситуации, как потеря связи с патрульными (часовыми), или в другом чрезвычайном случае. При необходимости беспилотнику можно задать площадь поиска, и он будет с определенным перекрытием «прочесывать» выбранный участок. На борту может располагаться, как камера, снимающая в видимом спектре, так и снимающая в тепловом спектре электромагнитного излучения, что намного расширит возможности аппарата по поиску и засечке точек интереса, особенно в ночное время, улавливая тепло, исходящее от людей, собак, машин или стрельбы. Как один из способов ведения наблюдения, возможно использование «стационарного» беспилотного летательного аппарата, то есть зависящего от наземного источника энергии и значительно ограниченного по маневру. Беспилотники также могут быть включены в состав контрольноохранных групп. В любом случае возможности караульных помещений или, например, помещений дежурных служб по охране стоянок с авиационной техникой позволят разместить в них необходимую аппаратуру, которая не займет большого места. Там же возможно организовать хранение и ежедневное техническое обслуживание аппаратов, назначенных для дежурства. В качестве автомобиля обеспечения в зоне патрулирования БЛА можно без дополнительного привлечения специально назначенных для этого машин использовать ежедневно назначаемое транспортное средство караула. Проблемным вопросом может явиться использование охранных беспилотных летательных аппаратов в период проведения полетов, но и этот вопрос можно регламентировать. Как вариант – задействование их в составе наземных поисково-спасательных команд.

Выводы. Таким образом, следует прийти к следующему заключению:

1. Применение БЛА для охраны аэродромов технически и организационно возможно и даже необходимо.

2. Принципы применения БЛА для охраны аэродрома, изложенные в настоящей статье, в полной мере применимы для других родов войск Воздушно-космических сил (позиции зенитных ракетных войск, радиотехнических войск, подразделений Космических войск).

3. В классификацию технических средств охраны, применяемых в Вооруженных Силах, целесообразно включить микро и мини беспилотные летательные аппараты, так как их применение в целях охраны объектов в полной мере соответствует задачам, возлагаемым на ТСО, а именно – повышение надежности охраны и сокращение численности личного состава караула, гарнизонного (суточного) наряда.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гаврилов, Ю. Технические средства охраны : учебное пособие / Ю. Гаврилов. – М., 2010. – 58 с.
2. Логинов, А. Оценка разведывательных возможностей беспилотных летательных аппаратов / А. Логинов // Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами : доклады и статьи ежегодной научно-практической конференции / 924 Государственный центр беспилотной авиации Министерства обороны Российской Федерации. – Коломна, 2016. – С. 153–158.
3. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние : науч. издание / В. С. Фетисов [и др.]. – Уфа : Фотон, 2014. – 217 с.

УДК 504.054:656.13

Р.И. Могилянец, А.А. Данилов

Белорусская государственная академия авиации

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ

Совершенствование орнитологического обеспечения является важнейшей задачей безопасности полетов государственной авиации, которое организует командир авиационной воинской части и осуществляют, в том числе, подразделения инженерно-аэродромного обеспечения [1].

Орнитологические условия – важнейшие элементы воздушной обстановки. Они оказывают существенное влияние на все этапы полета, боевое применение авиации. Именно поэтому анализ, оценка и учет этих условий необходимы на всех этапах организации и проведения полетов.

Орнитологическая обстановка (орнитологические условия) – фактическое распределение, количество, видовой состав и характер поведения птиц в воздухе и на земле. В целях оперативного получения и доведения до руководящего и летного состава данных о фактической орнитологической обстановке в районе аэродрома организуются наблюдения за птицами. Орнитологические наблюдения имеют важное значение в общем комплексе мероприятий, проводимых по орнитологическому проведению полетов [2].

Систематические и качественные данные этих наблюдений позволяют накапливать и обобщать статистические данные для составления орнитологических карт-схем, описаний, справочных документов и прогнозирования орнитологической обстановки.

Наблюдения за птицами и их полетами на аэродроме организует старшим авиационным начальником и осуществляется личным составом дежурных расчетов метеорологических подразделений круглосуточно, попутно с метеорологическими наблюдениями, остальными расчетами в период полетов и экипажами, выполняющими полеты. Они подразделяются на визуальные, радиолокационные и аэровизуальные [1].

На аэродромах визуальные наблюдения являются основным способом сбора информации о численности, поведении и видовом составе птиц. К ним привлекается личный состав метеорологических подразделений, ДПРМ, БПРМ, стартового наряда и частей тылового обеспечения.

Орнитологические наблюдения с помощью радиолокационных средств имеют ряд существенных преимуществ перед визуальными наблюдениями с земли и воздуха. Они позволяют производить наблюдения за летящими птицами на значительной территории в светлое и темное время суток, в визуальных и приборных метеорологических условиях. Радиолокационные орнитологические наблюдения проводятся одновременно с РРП и в течение всего периода полетов. Воздушная разведка орнитологической обстановки проводится совместно с воздушной разведкой погоды и в течение всего периода полетов. При выполнении разведки орнитологической обстановки определяются местоположения стай птиц, высота и направление их полета.

Весной и осенью мигрирующие птицы летят по строго определенным исторически сложившимся маршрутам. Иногда мигранты вынужденно меняют направления маршрутов, избегая пересечение циклонов, атмосферных фронтов, связанных с ними опасных явлений погоды [3].

Нами проведен анализ орнитологической обстановки аэродрома Барановичи.

Основные трассы пролета миграционных птиц над территорией базирования в весенний и осенний период проходят западной аэродрома 5–10 км вдоль поймы р. Мышанка и восточнее аэродрома 15–20 км вдоль поймы р. Щара.

Основное место кормежки миграционных птиц (гусей) расположено северо-восточнее аэродрома 13–15 км. Основное направление полета птиц наблюдается с юга и юго-запада на север, северо-восток и восток.

Во время осенней миграции наблюдаются отдельные стаи гусей во вторую декаду сентября на высотах 50–100 м в юго-восточном направлении в светлое время суток, визуально.

В результате обследования территории, прилегающей к аэродрому обнаружено, что имеются места, привлекающие птиц, свалки мусора, хозяйственные постройки в районе птицефабрики Русино, что обуславливает перелет местных птиц в районе между БПРМ-224° и ДПРМ-224° мелкими и крупными стаями на высоте 50–100 м. Наблюдается наибольшая активность перелетов врановых на утренние часы, когда птицы летят на места кормежки с места ночевки. Перелет в это время носит четко выраженный, упорядоченный характер. широким фронтом. Как в визуальных, так и приборных метеорологических условиях. Вечерние перелеты врановых и других видов птиц на места ночевки начинаются за 1,5–2 часа до наступления темноты и заканчиваются через 10–20 минут после ее наступления.

При ветре 10–12 м/с все перелеты проходят на высотах 5–15 м в большинстве случаев одиночно или размытыми стаями Перелеты воробьиных носили повсеместно неупорядоченный характер в течение светлого времени на высотах от земли до высоты 50 м небольшими стаями до 10–20 штук.

Имеются отдельные гнездования птиц в лесных насаждениях. Основные места гнездования расположены в районах: военного городка, железнодорожного вокзала «Полесский», пос. Восточный и нефтебазы.

Исходя из результатов анализа орнитологической обстановки, можно выделить следующие основные факторы, благоприятствующие повышенной концентрации птиц в районе аэродрома:

наличие травянистой растительности, которой птицы в течение весны, лета и осени находят различный корм и относительно спокойное и безопасное место для отдыха;

расположение вблизи аэродрома земельных участков, фруктовых садов, свалок пищевых отходов и других объектов, привлекающих птиц на кормежку;

расположение вокруг аэродрома лесов, водоемов, болот и селений, где могут быть гнездовья различных птиц, которые, совершают полеты в поисках пищи и на ночевку, в течение дня несколько раз пересекают ВВП или курс взлета и посадки самолетов.

В целях обеспечения безопасности полетов в орнитологическом отношении нештатной орнитологической комиссией воинской части планируются мероприятия по предупреждению столкновений самолетов с птицами и устранения факторов их привлечения:

уход за территорией аэродрома;
устранение условия для гнездования, корма, отдыха и скопления птиц на аэродроме, а также по курсам влета и посадки самолетов;

ремонт и установка на аэродроме средств отпугивания птиц (чучел);

скашивание травяного покрова;

применение во время полетов средств технического отпугивания птиц;

перенастройка отпугивателя акустического «Коршун» с учетом начала миграции птиц;

ограничение и исключение засева подсобными хозяйствами сельскохозяйственных культур вблизи аэродрома, привлекающих птиц;

профилактика и уничтожение насекомых, грызунов общеразрешенными ядами, в полосе 50 м по обе стороны вдоль ВПП;

специальные орнитологические обследования аэродрома;

ежечасные визуальные орнитологические наблюдения;

радиолокационные наблюдения штатными РЛС в период полетов;

сбор и анализ данных о наличии и особенностях обитания птиц;

анализ организации и проведения радиолокационных и визуальных наблюдений за птицами на аэродроме и устанавливались зоны и секторы для этих наблюдений.

В заключение необходимо отметить, что проблема орнитологического обеспечения безопасности полетов является комплексной проблемой, которая зависит от условий окружающей среды, климата, экологической обстановки и множества других факторов. Ее решение зависит не только от четкой организации проведения необходимых мероприятий на аэродроме, но и от грамотных действий авиационных командиров, руководителей полетов и летного состава подразделений инженерно-аэродромного обеспечения.

Однако вышеуказанные мероприятия не решают в полном объеме проблему обеспечения спокойной орнитологической обстановки в районе аэродрома БАРАНОВИЧИ.

Таким образом, в результате проведения спланированных исследований, будут предложены организационно-технические мероприятия по совершенствованию орнитологического обеспечения полетов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиационные правила метеорологического обеспечения государственной авиации Республики Беларусь : утв. постановлением Министерства обороны Республики Беларусь, 30.11.2004, № 73. – Минск, 2004. – 35 с.

2. Ефремова, Т. Ф. Словарь грамматических трудностей русского языка / Т. Ф. Ефремова, В. Г. Костомаров. – М. : Русский язык, 2009. – 347 с.

УДК 504.064.36:625.717

Р.И. Могилянец, В.П. Малыщик

Белорусская государственная академия авиации

ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ

Столкновения между птицами и самолетами представляют собой большую опасность для авиации. В худшем случае такое происшествие может закончиться авиакатастрофой и гибелью людей, в лучшем – расходами на ремонт транспорта.

По статистике, одной из наиболее частых причин аварий воздушных судов являются столкновения с птицами. Каждую осень и весну авиаторы сталкиваются с этой проблемой. Воздушным многотонным лайнерам угрожают, в прямом смысле этого слова, пернатые террористы.

Специалисты объясняют это тем, что крупных птиц у нас не много, а мелкие пока вызывали только аварийные ситуации. Наиболее часты столкновения с голубями (26%), далее с чайками (19%), водоплавающими (14%), хищниками и воробьями по (13%).

Также выявлены этапы полета с наибольшей вероятностью аварий: посадка 32,5%, взлет 31%, авиационной работы (в том числе полеты на низких высотах) – 12,3%, на

маршруте – 24,2%, и потенциально опасные виды на этих этапах: голуби – набор высоты; чайки – при разбеге, пробеге, взлете, посадке; хищники – крейсирующий полет; врановые – при разбеге, пробеге, взлете; водоплавающие – при снижении, крейсирующем полете; мелкие воробьиные – при посадке; стрижи – при крейсирующем полете, наборе высоты.

Относительно разных частей самолета в 45% птицы попадают в двигатель; в 18% – в крылья; в 15% – в носовую часть; в 12% – в кабину; в 4% – в хвост и надстройки; в 2% – в фюзеляж.

Сила удара птицы величиной с чайку при скорости самолета 320 км/ч составляет 3200 кг, при скорости 960 км/ч – 28 800 кг. Для наглядного сравнения при весе птицы 1,8 кг и скорости самолета 700 км/ч на высоте менее 2400 м сила удара птицы о самолет в три раза сильнее чем удар 30 миллиметрового снаряда [2].

Решением этих проблем занимаются авиационные специалисты во всем мире.

В Вооруженных сил Республики Беларусь орнитологическое обеспечение входит в задачи, решаемые специалистами инженерно-аэродромной службы ВВС и войск ПВО.

На аэродромах Вооруженных сил Республики Беларусь применяются следующие способы предотвращения столкновения птиц с воздушными судами: биоакустическое отпугивание (воспроизведение через громкоговорители тревожных криков птиц) производится с помощью специальных биоакустических установок типа «Беркут»; отпугивание птиц от аэродрома выстрелами из ракетниц осуществляется работниками инженерно-аэродромной службы и диспетчерами УВД по согласованию с руководителем полетов; отпугивание птиц от аэродрома с помощью различных предметов (трещоток, флажков, пугал) производится в местах постоянного скопления птиц. Установку данных предметов осуществляют работники служб инженерно-аэродромного обеспечения полетов [1].

В целях дальнейшего совершенствования орнитологического обеспечения и снижения вероятности столкновения птиц с воздушными судами можно использовать разработки Национального исследовательского центра дикой природы в Сандаски.

Решением этой проблемы может стать оснащение самолетов специальными предупредительными огнями, которые помогли бы оповестить птиц о приближении лайнеров и избежать столкновения. Опытным путем они выяснили, как именно нужно предупреждать птиц об опасности, помня о том, что их зрение отличается от человеческого: птицы обладают более широким восприятием цвета и большей чувствительностью к ультрафиолетовым лучам.

Ученым удалось установить, что птиц лучше всего реагируют на голубой свет с длиной волны 470 нм. Именно такие светодиодные лампы они установили на небольшой самолет с дистанционным управлением и проследили, как птицы будут реагировать на летательный аппарат с включенным, выключенным и пульсирующим светом. В ходе этого эксперимента птицы находились в клетках, а самолет демонстрировался им стационарно и в полете, направленном к клетке.

Исследователи обнаружили, что пернатые в два раза быстрее реагируют на самолеты с освещением (как мигающим, так и постоянным), чем без него. Наличие подсветки даже у неподвижного самолета в пять раз чаще вызывало у птиц предупредительные реакции: они вытягивали шеи, поднимали головы или скукоживались.

Опыт с движущимся самолетом показал, что скорость реакции птиц замедляется по мере увеличения скорости аппарата, однако и в этом случае наличие освещения помогало пернатым замечать опасность быстрее [3].

Таким образом, использование предупредительных огней поможет специалистам инженерно-аэродромной службы снизить вероятность столкновений с

птицами и повысить безопасность полетов. При этом целесообразно использовать несколько типов освещения:

освещение взлетно-посадочной полосы;

бортовые огни, которые могут мигать во время руления на земле и гореть непрерывно во время полета.

Выполнение этих мероприятий не требует больших денежных затрат и дополнительного привлечения сил и средств подразделений инженерно-аэродромного подразделения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Орнитологическое обеспечение полетов в гражданской авиации : постановление Государственного комитета по авиации Республики Беларусь от 25 января 2005 г. № 1 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.pgravoby.info. – Дата доступа: 17.11.2021.

2. Реакции мигрирующих птиц на огни самолетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.ncbi.nlm.nih.gov. – Дата доступа: 17.11.2021.

3. Используя птичьего видение с самолета освещение [Электронный ресурс]. – Режим доступа: onlinelibrary.wiley.com. – Дата доступа: 17.11.2021.

УДК 504.054:656.13

Д.Ю. Мягков, Р.И. Могилянец, Д.Ф. Зенченок

Белорусская государственная академия авиации

НАПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЕННОГО ОБЪЕКТА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ НА АЭРОДРОМНОМ КОМПЛЕКСЕ

Взаимодействие военных объектов (ВО) с окружающей природной средой осуществляется по нескольким направлениям (рисунок 1).

Во-первых, любой объект для поддержания боеспособности и боеготовности войск потребляет природные ресурсы.

Во-вторых, он отрицательно воздействует на окружающую среду, загрязняя отходами и инициируя различные преднамеренные изменения.

В-третьих, сам подвергается воздействию экологических факторов, возникающих как ответная реакция на процессы освоения и загрязнения окружающей среды. Проблемы рационального использования природных ресурсов в местах дислокации войск связаны с большой материало- и ресурсоемкостью ВО, сложностью утилизации отслуживших срок службы изделий, оборудования и сооружений и недостаточными объемами использования высвобождающихся при этом вторичных ресурсов [1].

Известно, что загрязнение воздуха в приземном слое атмосферы (ПСА) аэродромов из-за воздействия загрязняющих веществ (ЗВ), образующихся в выбросах двигателей воздушных судов (ВС) и автомобильной и специальной техники (АСТ), сопоставимо с загрязнением, наблюдающимся в центре городов с высокой степенью развития промышленности и транспорта [2].

Поэтому изучение воздействия выбросов двигателей ВС и АТ, объектов и сооружений аэродрома государственной авиации (АГА), являющихся локальными источниками загрязнения ПСА, является актуальным.

Результаты измерений концентраций ЗВ в ПСА в зоне аэродромов показали [2], что основными химическими загрязнителями являются окислы азота (NO_x), углерода (СО), серы (SO_x) и углеводороды (C_xH_y), формирующие облако контаминантов, которое негативно воздействует на обслуживающий персонал, летный состав, атмосферный воздух и всю приаэродромную территорию.

Кроме того, для обеспечения потребностей войск привлекаются в значительных масштабах так называемые условно возобновляемые природные ресурсы, в первую очередь земля, вода и атмосферный воздух. Для строительства высокозащищенных фортификационных сооружений (пусковых шахт, командных пунктов) и развитой сети специальной инфраструктуры (дорог, объектов энергоснабжения и управления, кабельных линий, технических позиций, жилых городков) необходимо отчуждение различных территорий, зачастую занятых до этого под лесные и сельскохозяйственные угодья. Общая площадь земель, выделенных для повседневной деятельности войск в Республике Беларусь, составляет 0,2 % от земельного фонда страны (для сравнения, в странах НАТО этот показатель колеблется в пределах 1–3 %) [1].

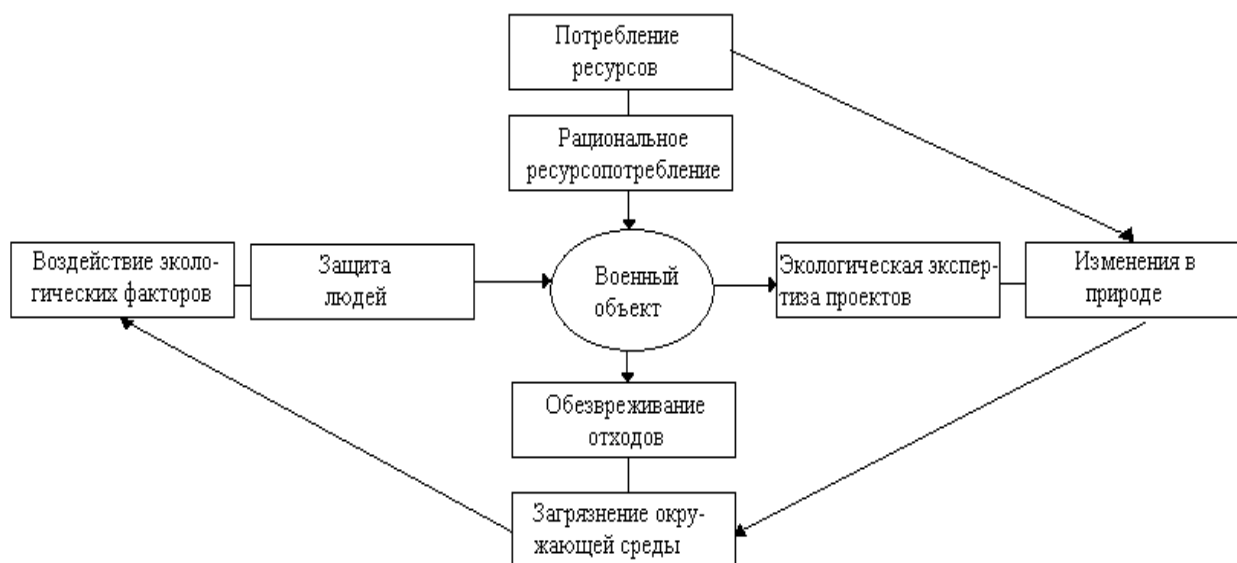


Рисунок 1 – Направления взаимодействия ВО с окружающей средой

В настоящее время происходит естественный и неизбежный процесс урбанизации – территориальный рост крупных городов с одной стороны и ограниченность внутренних территориальных резервов города с другой, что обязывает серьезно отнестись с точки зрения экологической безопасности к проблемам окраин, где, как правило, и расположены АГА. В частности, на аэродроме МАЧУЛИЦИ жилые дома подступили практически вплотную к территории АГА, что вызывает проблемы для жителей, а именно влияние ЗВ и шумов вследствие работы авиационных и автомобильных двигателей наносят серьезный ущерб спокойствию и здоровью людей в целом.

Стремление достигнуть необходимых условий жизнедеятельности человека при эксплуатации объектов и сооружений АГА приводит к значительному ухудшению состояния биосферы не только вблизи источников загрязнения, но и на их удалении в зоне АГА, оказывает негативное влияние на биогеоценоз, то есть практически на все элементы окружающей среды: воздух, воду, рельеф, растительный и животный мир, создавая в период максимальной нагрузки антропогенное воздействие на окружающую среду [3].

Зона АГА условно ограничивается высотой 914,4 м от уровня земли или, по правилам ИКАО, 3000 футов (используются значения 900 и реже 1000 м). Это соответствует средней толщине пограничного слоя атмосферы, принятой в метеорологии. Считается, что вещества, выброшенные в атмосферу на больших высотах, как правило, уже не достигают уровня земной поверхности (не попадают в приземные слои) и не загрязняют воздух в районе аэродрома. Поэтому принято рассматривать выбросы ЗВ в атмосферу отдельно до высоты 900 м и выбросы по трассам полета на высотах более

900 м, оказывающие специфическое воздействие на атмосферу. В приземных слоях атмосферы выбросы ЗВ преимущественно происходят при выполнении воздушными судами взлетно-посадочных операций в районе аэродромов и при опробовании двигателей в процессе технического обслуживания.

Следовательно, возникает необходимость в определении степени воздействия ЗВ на вышеперечисленные элементы от основных источников загрязнения с целью снижения их последствий.

Значительная часть выполненных исследований и рекомендаций касается частных вопросов охраны воздушной, водной или иной среды обитания от загрязнения вредными веществами.

При анализе современных подходов к проектированию, строительству и эксплуатации аэродромов выявлено, что не существует научно-обоснованного подхода, обеспечивающего их безопасную работу в течение заданного периода функционирования в сочетании с экологической безопасностью.

При эксплуатации и функционировании объектов и сооружений АГА имеет место загрязнение атмосферного воздуха на всей приаэродромной территории, загрязнение поверхностных и грунтовых вод стоками, химреагентами и нефтепродуктами, нарушение баланса грунтовых вод, уничтожение плодородного слоя почвы, исчезновение отдельных видов растительного и животного мира [4].

В результате выброса ЗВ наибольшее загрязнение ПСА на АГА происходит:

при сгорании топлива в двигателях ВС;

при сгорании топлива в двигателях АСТ и спецавтотранспорта СНО ОП (средств наземного обслуживания общего применения);

в энергетических установках и котельных поступления горюче-смазочных материалов (ГСМ) через клапаны емкостей на складах ГСМ и средств заправки, а также при дренажном выбросе топлива из топливных систем ВС;

эксплуатации служебно-технической застройки и жилищно-бытовых комплексов, систем водо- и теплоснабжения, подсобных хозяйств;

деятельности авто- и авиационно-ремонтных частей, зон рассредоточения, автопарков, складов довольствующих служб;

эксплуатации трубопроводов, внутриподъездных железнодорожных путей, пункта разгрузки и складирования имущества и сыпучих материалов.

Воздействие всех источников загрязнения, рассмотренных выше, носит периодический характер и достигает наибольших параметров в период производства интенсивных полетов ВС с привлечением всех автотранспортных средств аэродромно-технического и других видов обеспечения.

Наиболее интенсивно в атмосферу района аэродрома поступают продукты неполного сгорания топлива в двигателях ВС и АСТ в результате наземных операций на различных режимах [4].

Из продуктов неполного сгорания наиболее токсичными и значительными в количественном отношении являются угарный газ (СО) и несгоревшие углеводороды (C_xH_y). Кроме этих ЗВ, в атмосферу АГА поступают значительные количества окислов азота (NO_x) – продуктов окисления азота воздуха в камере сгорания двигателя ВС.

Количественной характеристикой загрязняющих веществ, выделяемый различными источниками является индекс эмиссии E_i , определяемый величиной массы выбросов в граммах при сжигании 1 кг топлива.

В таблице 1 приведены характерные значения индексов эмиссии загрязняющих веществ при сжигании различных топлив.

Таблица 1 – Индексы эмиссии E_i основных загрязняющих веществ при сжигании топлив

Вид топлива	E_i , г/кг			
	СО	C_xH_y	NO_x	Твердые частицы
Бензин для карбюраторных двигателей	270–380	2–21	11–60	1
Дизельное топливо	20	4	18	5
Авиационные топлива: ТРД-ном. режим	0,5–20	0,4–3	4–40	–
малый газ	15–60	3–30	1–3	–
Авиационные топлива: ТВД-ном. режим	2–4	0,2–0,5	5–7	–
малый газ	4–15	1–3	0,5–2	–

Таким образом, состав и концентрации загрязняющих веществ, содержащихся в отработанных газах двигателей воздушного и автомобильного транспорта, зависят от режима их работы. На стадии холостого хода (на стоянке) и рулении, при заходе на посадку в отработавших газах ВС существенно повышается содержание оксида углерода (СО) и углеводородов (C_xH_y). Наибольшее дымление (выброс сажи) происходит при взлете и наборе высоты, когда двигатели работают в форсажном режиме и, как правило, на обогащенной смеси [2]. Все эти процессы происходят в приземном слое атмосферы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Луканин, В. Н. Автотранспортные потоки и окружающая среда / В. Н. Луканин. – М. : Инфа, 1998. – 243 с.
2. Автотранспортное загрязнение придорожных территорий / В. П. Подольский. – Воронеж : ВГУ, 1999. – 196 с.
3. Канищев, А. Н. Экология автодорожного комплекса / А. Н. Канищев. – Воронеж : ВГУ, 2001. – 278 с.
4. Власов, А. Б. Геоэкологическая оценка условий движения и выбросов от автотранспортных средств на улично-дорожной сети города : дис. ... канд. геогр. наук / А. Б. Власов ; Воронежское высшее военное авиационное инженерное училище. – Воронеж : ВВВАИУ (ВИ), 2005. – 109 л.

УДК 504.064.36:625.717

Д.Ю. Мягков, Р.И. Могилянец, И.И. Рацкевич

Белорусская государственная академия авиации

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

В настоящее время нет общепринятой методики оценки возможного загрязнения воздушного бассейна аэродромов. Это связано с трудностями точного количественного определения величин выбросов загрязняющих веществ от перемещающихся источников загрязнения, какими являются воздушные суда, и условий распространения выбросов загрязняющих веществ в приземном слое атмосферы с учетом многочисленных взаимно влияющих факторов (скорости и направления ветра, рельефа местности, температуры и давления воздуха) [1].

Для оценки воздействия выбросов вредных веществ от воздушных судов и автотранспорта в окружающую среду применяются различные методы, которые можно условно разбить на несколько групп (рисунок 1) [2].

Лабораторно-исследовательские методы основаны на использовании физических и химических свойств отдельных веществ, входящих в состав анализируемых отходящих газов. Наиболее распространенными являются пламенно-ионизационный, импульсный,

хемилюминесцентный, кулонометрический, кондуктометрический, флуоресцентный, фотометрический, калориметрический методы.

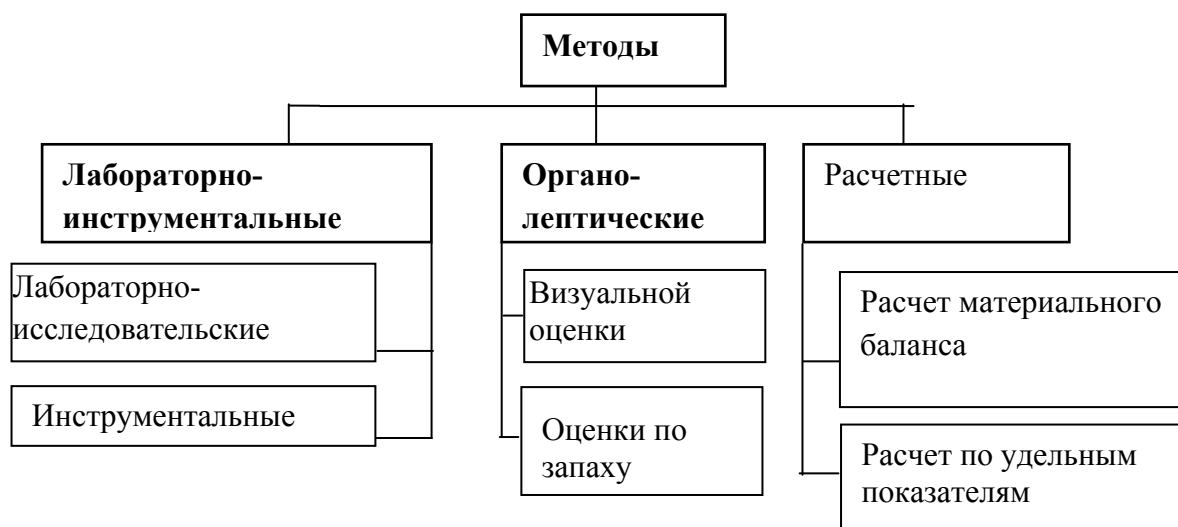


Рисунок 1 – Классификация методов оценки вредных выбросов

Процесс исследования вредных веществ (далее – ВВ), выбрасываемых в приземном слое атмосферы при помощи лабораторно-исследовательских методов состоит из следующих этапов: отбор анализируемой пробы; транспортировка пробы; анализ пробы; обработка и выводы по результатам анализа.

Аппаратура и техника, используемая в анализе для определения состава отработавших газов, делится на три группы, соответствующие измерениям в отдельных областях спектра – ультрафиолетовой, видимой и инфракрасной.

Основное отличие *инструментальных методов* от лабораторно-исследовательских заключается в том, что при анализе отходящих ВВ используются аналитические приборы, позволяющие определить наличие того или иного компонента в пробе. Принцип действия этих приборов также основан на использовании физических и химических свойств. На практике широкое распространение получили газоанализаторы и дымомеры для контроля концентраций ВВ в отработавших газах двигателей на предмет соответствия их нормативным значениям [3].

Метод визуальной оценки вредных выбросов применяется для оценки параметров выбросов от стационарных источников.

Практика использования методов визуальной оценки вредных выбросов показывает, что в подавляющем большинстве случаев измерения наблюдателей расходятся с показаниями приборов не более чем на 10%. Среди факторов, влияющих на качество производимых измерений, необходимо отметить такие, как возраст, коррекция зрения и опыт наблюдателя [4].

Все существующие расчетные методы строятся на принципах:

расчета материального баланса технологического процесса;

расчета с использованием удельных показателей.

Расчетный метод имеет следующие преимущества:

обеспечивает достаточную точность расчетов при незначительных затратах на их выполнение и небольшом объеме исходных данных;

позволяет определить фактическое и ожидаемое загрязнение окружающей среды от воздействия авиационного и автомобильного транспорта в зависимости от его развития и совершенствования организации работы и движения в конкретных условиях эксплуатации с учетом среднего возраста парка воздушных судов и автомобилей, их структуры, уровня технического состояния воздушных судов, условий движения.

Наиболее простым является *метод расчета материального баланса технологического процесса*. Суть его заключается в следующем: для конкретного производственного процесса составляется баланс, учитывающий количество используемых материалов – количество выделившихся ВВ. Данный метод, в частности, был использован Всемирным банком реконструкции и развития при оценке выбросов ВВ авиационным транспортом Российской Федерации [5]. Используя метод расчета материального баланса, можно получить общую картину о величине вредных выбросов.

Методы расчета по удельным показателям. Исходными данными для установления массы выбрасываемых ВВ служат экспериментальные и расчетные данные о количестве вредных веществ, выделяемых в ходе технологического процесса или его отдельной операции, приведенные к единице массы, получаемой продукции, расходуемого материала или к единице времени работы оборудования.

На практике применяются три метода расчета массы выбросов:

- 1) на основе количества фактически расходуемого воздушными судами топлива;
- 2) на основе выполненной работы в единицу времени;
- 3) на основе дальности полетов.

Выбросы от авиадвигателей представляют один из аспектов воздействия воздушного транспорта на экологическую ситуацию. Авиация имеет ряд отличительных особенностей по сравнению с другими видами транспорта.

Воздушные суда загрязняют приземные слои атмосферы отработавшими газами авиадвигателей вблизи аэродромов и верхние слои атмосферы на высотах крейсерского полета. На отработавшие газы авиационных двигателей приходится 87% всех выбросов авиации, включающих также атмосферные выбросы специализированного автотранспорта и стационарных источников.

Хотя суммарный выброс загрязняющих веществ двигателями самолетов относительно невелик (для города, страны), в районе аэродромов эти выбросы вносят определенный вклад в загрязнение среды. Авиационные двигатели при посадке и взлете выбрасывают хорошо заметный на глаз шлейф дыма. Значительное количество примесей на аэродроме выбрасывают и средства наземного обеспечения полетов (выбросы по: СО – до 70%; H_nC_m – 5–10%; NO_x – до 20%; а по аэрозолям – 2–3%).

Согласно полученным оценкам, в среднем около 40–42% общего расхода топлива тратится на выруливание самолета к взлетно-посадочной полосе и на заруливание с взлетно-посадочной полосы после посадки (по времени около 22 мин.). При этом доля несгоревшего и выброшенного в атмосферу топлива при наземном движении авиатранспорта намного больше, чем в полете.

Наиболее интенсивно в атмосферу района аэродрома поступают продукты неполного сгорания топлива в двигателях самолетов в результате их работы в режиме малого газа при их прогреве и рулении перед взлетом и после посадки.

Из продуктов неполного сгорания наиболее токсичными и значительными в количественном отношении являются угарный газ и несгоревшие углеводороды. Кроме этих веществ, в атмосферу аэродрома поступают значительные количества окислов азота – продуктов окисления азота воздуха в камере сгорания двигателя. Максимальное загрязнение определяется окислами азота. Очевидно, это можно объяснить тем, что индекс эмиссии (количество вредных веществ (ВВ), образующееся при сгорании одного килограмма топлива) окислов азота при работе двигателей на взлетном режиме значительно больше, чем индексы эмиссии продуктов неполного сгорания. Поскольку индекс эмиссии окислов азота достаточно консервативен (изменяется от 1–5 до 20 г/кг), можно рассчитать возможную концентрацию этих ВВ в районе аэропорта, основываясь на данных об интенсивности взлетно-посадочных циклов различных типов воздушных судов (ВС). Зная число взлетно-посадочных циклов и используя данные о сожженном топливе

на каждом этапе цикла, на основании уравнения стационарной кинетики первого порядка можно определить возможную концентрацию окислов азота.

На аэродромах накапливаются твердые и жидкие отходы потребления и производства. В большинстве случаев эти отходы не опасны в санитарно-гигиеническом отношении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Размещение приборов контроля окружающей среды в районе аэродрома / В. А. Маслов [и др.] // Совершенствование наземного обеспечения авиации : межвузовский сб. научно-методических трудов. – Воронеж : ВВАИИ, 2000. – Ч. IV. – С. 131–137.

2. Методические рекомендации по обеспечению природоохранных требований при проектировании автомобильных дорог в центральной полосе Европейской части России // ВНИИприроды. – М., 1999. – 222 с.

3. Беспмятнов, Г. П. Предельно допустимые концентрации химических элементов в окружающей среде : справочник / Г. П. Беспмятнов, Ю. А. Кротов. – Л., 1985. – 520 с.

4. Подольский, В. П. Методика определения коэффициента экологической безопасности / В. П. Подольский // Автомобильные дороги. – 1995. – № 1–2. – С. 31–33.

5. Сазонов, Э. В. Математическое моделирование процессов загрязнения окружающей среды вредными выбросами летательных аппаратов / Э. В. Сазонов, В. С. Турбин, В. А. Маслов // Совершенствование наземного обеспечения авиации : межвузовский сб. научно-методических трудов. – Воронеж : ВВАИИ, 2000. – Ч. IV. – С. 125–130.

УДК 351.814

А.Г. Никифоров, А.В. Линник, Д.А. Дубровский

Белорусская государственная академия авиации

ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

В одинаковых экстремальных ситуациях далеко не каждый оператор БЛА допускает ошибки. Именно это послужило основанием для введения понятия «личный фактор» в деятельность специалистов в области управления БЛА, подразумевая при этом, что причина авиационного происшествия связана не с отказом беспилотного летательного аппарата, а с индивидуальными качествами оператора.

Введение понятия «личностный фактор» и раскрытие его содержания, наряду с существующим понятием «человеческий фактор», было, прежде всего, связано с успехами, достигнутыми в инженерной и социальной психологии, в областях исследования характера взаимодействия оператора с БЛА. Под личностным фактором следует понимать совокупность индивидуальных и присущих профессиональному контингенту в целом качеств и свойств человека, которые проявляются в конкретных условиях функционирования системы «оператор – средство дистанционного управления – БЛА», оказывая влияние на ее эффективность и надежность [1].

В пилотируемой авиации процесс взаимодействия летчика с воздушным судном обеспечивается, в основном, простыми двигательными реакциями, при управлении БЛА оператор работает со сложнейшей информационной моделью, а в его деятельности преобладают интеллектуальные и эмоциональные компоненты. Здесь акцентируется внимание на том факте, что человек не может компенсировать то, что ограничено в нем его биологической природой. Проблема личного фактора при управлении БЛА, возникла вследствие несоответствия возможностей человека-оператора требованиям, предъявляемым ему в системе управления БЛА. Эта проблема, с каждым годом становится наиболее приоритетная.

Обеспечение безопасности полетов представляет собой достаточно самостоятельный предмет, как с научной, так и практической точек зрения. Причины авиационных происшествий и их предпосылки можно разделить на 3 основных класса:

- 1) связанные с отказом БЛА;
- 2) с влиянием факторов внешней среды и экстремальных ситуаций;
- 3) обусловленные «виной» личностного фактора.

Наибольшее количество потерь БЛА и не выполнение полетных заданий операторами БЛА связано с ошибками в действиях операторов, свыше 80 % от общего количества авиационных происшествий. Они обусловлены нарушением операторами правил управления БЛА.

К настоящему времени в авиационном сознании сформировалось два подхода к восприятию и объяснению проблемы «личного фактора».

Первый выраженный обвинительный, при котором установление ошибочного действия рассматривается как окончание расследования, а оператор, допустивший ошибку, считается виновным. Второй подход основан на системной методологии. Согласно этому подходу, ошибка в действиях оператора БЛА выступает не конечной, а начальной точкой расследования, в процессе которого выявляется вся совокупность отношений и взаимодействий, из которых проистекают причинно-следственные связи возникновения, неблагоприятного развития и исхода особой ситуации полета. При этом причину надо искать не в операторе, а во всех элементах системы управления БЛА.

Операторский труд, связанный со значительным нервным напряжением, сам по себе является тонким индикатором состояния нервно-психической сферы. Преодоление критической ситуации с дефицитом информации связано с информационной перегрузкой. Степень перегрузки усиливается еще, во-первых, тем, что в большинстве критических ситуаций люди вынуждены решать несколько задач одновременно; во-вторых, на преодоление ситуации отводится жесткий лимит времени, что предполагает интенсивность переработки информации.

Преобладающим личностным факторам являются уровень профессиональной подготовленности и психологические характеристики операторов БЛА. Безопасность полетов в целом, как и проблема «личностного фактора» в частности, есть категория системная, решить которую частными мероприятиями невозможно в принципе [2].

Таким образом проблема безопасности полетов может успешно разрешаться только при учете взаимосвязи человека и техники. Возможности приспособления человека к разнообразным факторам при управлении БЛА не безграничны, и поэтому ведущим направлением является дальнейший технический прогресс совершенствования БЛА с учетом психофизиологических возможностей человека. Идеалом профилактики происшествий является создание таких средств взаимодействия оператора с БЛА, при которых исключались бы возможности ошибочных действий оператора БАК.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ариничева, О. В. Специальная подготовка в области человеческого фактора : метод. указ. по проведению психологической диагностики / О. В. Ариничева А. В. Малишевский. – СПб. : ФГОУ ВПО «Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации», 2007. – 50 с.
2. Мокеева, Н. С. Влияние человеческого фактора на безопасность полета / Н. С. Мокеева. – М., 2020. – 88 с.

УДК 629.7

Э.Ж. Павлушкин, М.В. Волос

Белорусская государственная академия авиации

МИКРОКОНТРОЛЛЕР УПРАВЛЕНИЯ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Основным показателем эффективности работы гражданской авиации является обеспечение безопасности полетов воздушных судов (ВС). Повышение эффективности летной эксплуатации требует учитывать все возможные риски попадания ВС в неблагоприятные метеорологические условия. Ведь опасные условия эксплуатации и сложные метеорологические условия по-разному оказывают свое влияние на безопасность и регулярность полетов. Совершенствуется авиационная техника, усложняются автоматические устройства, внедряются высокопроизводительные вычислительные машины для обработки информации, планирования, прогнозирования и обучения.

Специфика работы авиационного транспорта заставляет постоянно искать возможность совершенствования всех входящих в него систем, обеспечивающих его нормальное функционирование. При этом одно из главных направлений связано с решением задач автоматизации, контроля и управления. Главным звеном такой автоматизации на современном этапе явилось внедрение микроэлектроники [1].

Микроконтроллеры управления используются на самом низшем иерархическом уровне управления системами. Поэтому микроконтроллеры программируются на прием сигналов от первичных измерительных устройств – датчиков различного назначения, обрабатывают полученную информацию и выдают команды на исполнительные органы соответствующей системы. При необходимости информация передается на вышестоящие ступени управления для согласования работы контролируемого процесса с работой других систем [2, 3]. Структурная схема цифрового устройства управления противообледенительной системой (ПОС) ВС представлена на рисунке 1.

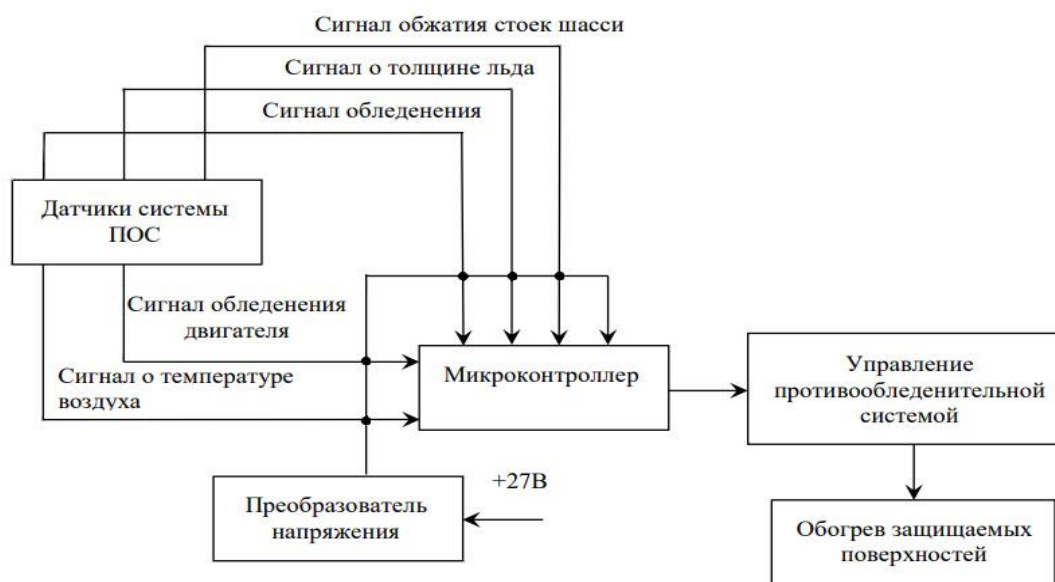


Рисунок 1 – Структурная схема ПОС на основе микроконтроллера

На ВС цифровое устройство управления ПОС на базе микроконтроллера (рисунок 2) может эксплуатироваться в сложных метеорологических условиях, связанных с большими перепадами температуры, влажностью, вибрационными, ударными нагрузками и др. Поэтому, при выборе цифровой элементной базы учитывались эти

эксплуатационные факторы, чтобы обеспечивать нахождение параметров в допусках во всех условиях эксплуатации ПОС [4, 5].

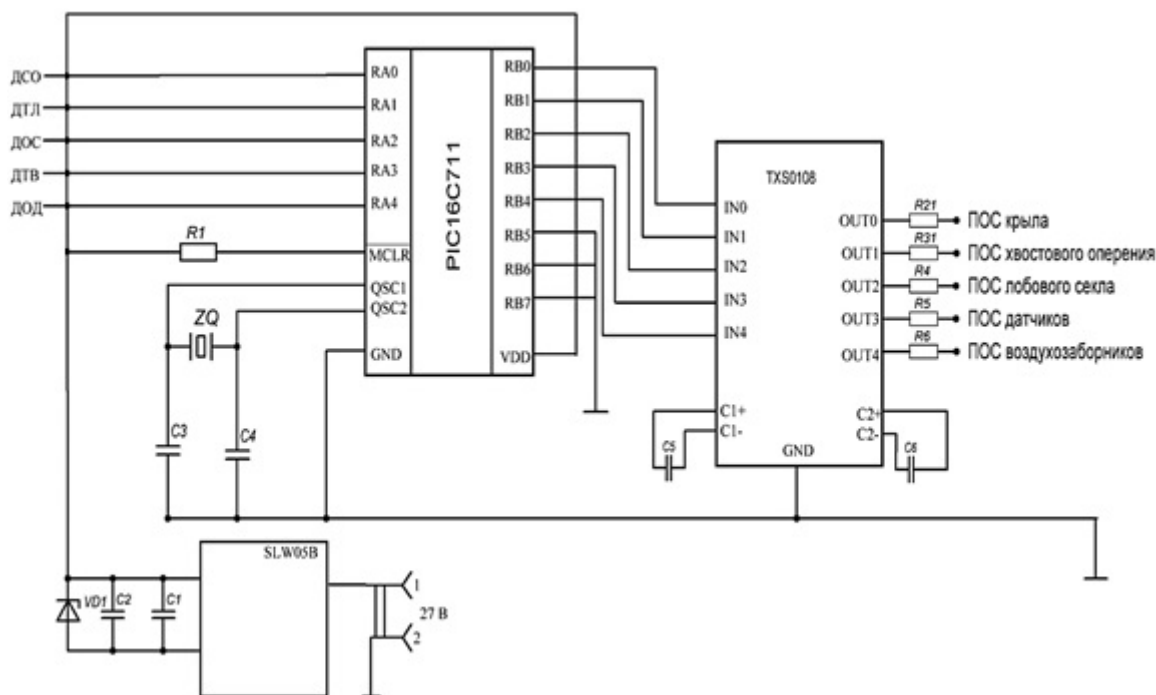


Рисунок 2 – Микроконтроллер управления противообледенительной системой ВС на базе микроконтроллера PIC16C711

Основным элементом схемы, отвечающим за автоматическое управление ПОС является микроконтроллер PIC16C711. Его работу обеспечивают блок питания SLW05B фирмы MEAN WELLSLW05B, контроллер TXS0108 и кварцевый генератор HC49/U для формирования тактовых сигналов.

Входы микроконтроллера рассчитаны на напряжения + 5 В. Для согласования и преобразования входных сигналов использован блок питания фирмы MEAN WELLSLW05B. Напряжение от сети подается на преобразователь напряжения и стабилитрон VD1, который преобразует его в напряжение + 5 В постоянного тока. Диапазон питания микроконтроллера составляет от + 2,7 В до + 5 В. Питание подается на порт VDD микроконтроллера. Стабилитрон включен в цепь для того, чтобы в случае увеличения выходного напряжения, ограничить его до уровня + 5 В. Это позволит повысить в целом надежность цепи питания устройства.

Так как данная модель микроконтроллера не имеет встроенного генератора, то на входы OSC1 и OSC2 микроконтроллера подключается внешний источник тактового сигнала, который построен на кварцевом генераторе и двух конденсаторах C1 и C2 емкостью 10 пкФ, предназначенных для запуска кварцевого резонатора.

Кварцевый резонатор ZQ генерирует электрические импульсы заданной частоты для синхронизации работы микроконтроллера. На основе этих сигналов устройство управления микроконтроллера формирует цикл работы фиксированной продолжительности. Кварцевый резонатор типа HC49/U имеет частоту 20 МГц и рабочий диапазон температур от минус 40°C до + 70°C.

В процессе управления ПОС участвуют датчик сигнализатора обледенения (ДСО), датчик температуры наружного воздуха (ДТВ), датчик толщины льда (ДТЛ), датчик обжата стоек (ДОС) и датчик обледенения двигателя (ДОД).

Микроконтроллер в своем составе имеет порт А ввода информации с датчиков ПОС. В данный порт с датчиков сигнализатора обледенения, толщины льда, обжата стоек шасси, наружной температуры и обледенения двигателя на входы RA0, RA1, RA2, RA3, RA4 соответственно, поступают аналоговые сигналы во встроенный аналого-цифровой преобразователь, где они преобразуются в цифровой код. Все данные, которые поступили в микроконтроллер с датчиков, сохраняются в его оперативной памяти. Когда собран весь пакет данных, он пересылается в контроллер TXS0108 через порт вывода В.

Микроконтроллером формируются сигналы «УПРАВЛЕНИЕ ЛОГИКОЙ НА ЗЕМЛЕ» (обогрев на слабом режиме); «УПРАВЛЕНИЕ ЛОГИКОЙ В ПОЛЕТЕ», «ОБЛЕДЕНЕНИЕ», аварийный сигнал «ОТКАЗ ДСО» и «ТЕМПЕРАТУРА НИЖЕ 0°С», а также команды включения и выключения ПОС. Данные сигналы поступают через выходы RB0, RB1, RB2, RB3, RB4. Выходы RB5 – RB7 являются резервными.

Контроллер TXS0108 на схеме предназначен для преобразования, передачи и вывода управляющих сигналов в нужном виде для обогрева защищаемых поверхностей ВС и их защиты от обледенения. Из него поступают управляющие сигналы в ПОС крыла, хвостового оперения, лобового стекла, датчиков и воздухозаборников.

Расчеты по разрабатываемому цифровому устройству показали, что оно обладает небольшой потребляемой мощностью в 0,75 Вт, достаточно высоким быстродействием в 215 нс и имеет вероятность безотказной работы равную 0,95.

Микроконтроллер управления ПОС на современной элементной базе, позволяет решить основные задачи по предотвращению обледенения самолетов в воздухе и на земле, повысить надежность и безопасность полетов, а также имеет приемлемую стоимость, при этом может устанавливаться на ВС различных типов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новиков, Ю. В. Основы микропроцессорной техники: курс лекций [Электронный ресурс] / Ю. В. Новиков, П. К. Скоробогатов – М. : Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ». – 2016. – 407 с. – Режим доступа: <http://ИНТУИТ.RU/> – Дата доступа: 11.11.2021.
2. Самолет Ту-204. Руководство по технической эксплуатации. Книга 5, раздел 30. Противообледенительная система. – М. : ОАО Туполев, 2008. – 570 с.
3. Airframe/ Engine Maintenance Training Manual. Canadair Regional Jet 100/200 ATA30. Ice & Rain Protection. – 2002. – 60 с.
4. Микушин, А. В. Цифровые устройства и микропроцессоры / А. В. Микушин, А. Н. Сажнев, В. И. Сединин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2010. – 832 с.
5. Безуглов, Д. А. Цифровые устройства и микропроцессоры / Д. А. Безуглов, И. В. Калиенко. – Ростов н/Дону : Феникс, 2006. – 480 с.

УДК 351.814.33:64.011.342

В.Ю. Подрез, В.А. Балашевская, Р.А. Вишневский

Белорусская государственная академия авиации

ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛИЧНОСТНОГО ФАКТОРА ДИСПЕТЧЕРА С КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ

В связи со сложностью процессов УВД при их исследовании используется принцип декомпозиции. В соответствии с принципом декомпозиции любая сложная система или процесс ее функционирования могут быть разделены на более мелкие элементы или этапы и процессы. Например, при использовании принципа декомпозиции процессов деятельности человека-оператора удастся исследовать одну из наиболее интересных и важных проблем оптимизации решения организационных задач УВД.

Существует требование декомпозиции без потерь, которое означает, что после разбиения исходного процесса или объекта на составляющие его элементы их можно объединить обратно без потери данных. Возможность такого объединения, даже если оно и не производится, дает нам право считать, что мы используем всю информацию, содержащуюся в исходном процессе, и ничего не потеряли в результате декомпозиции. Декомпозиция без потерь дает нам право считать, что данные нашего исследования и анализа элементов будут применимы к анализу поведения связей между процессами. Требование декомпозиции без потерь несколько сужает класс возможных алгоритмов реализации системы, но реализуется достаточно просто, путем арифметических операций над выходными сигналами системы [1].

Рассмотрим, что относится к количественным характеристикам УВД: интенсивность воздушного движения, плотность воздушного движения, регулярность и безопасность воздушного движения и др.

Интенсивность воздушного движения (ИВД) — количество воздушных судов (ВС), проходящих через зону за единицу времени.

Значения интенсивности воздушного движения зависят от ряда факторов и в первую очередь от пропускной способности диспетчерских пунктов. При использовании автоматизированных систем УВД всех типов нормативные значения интенсивности воздушного движения и количества воздушных судов, одновременно находящихся на УВД, увеличиваются на 20 % по отношению к типовому нормативу.

Плотность воздушного движения. Под плотностью воздушного движения понимается количество воздушных судов, одновременно находящихся в единице объема воздушного пространства (на воздушной трассе, заданном эшелоне, в зоне или секторе УВД).

В практике УВД плотность воздушного движения часто дается для участка маршрута ОВД.

Плотность воздушного движения характеризует общую загруженность зоны УВД. На практике определяются две количественные характеристики плотности – среднее значение в определенный календарный период и наибольшее (пиковая плотность). Высокая плотность воздушного движения является основным показателем насыщения

осей системы УВД. Когда фактическая плотность превышает располагаемую, имеют место:

- задержки выполнения рейсов;
- направления воздушных судов на запасные маршруты;
- нарушение расписания движения воздушных судов;
- дополнительный расход экономических средств и топлива воздушными судами;
- перегруженность на аэродромах или в зданиях аэровокзалов.

Регулярность и безопасность воздушного движения.

Регулярность воздушного движения – отклонение ВС от запланированного времени.

Безопасность полетов – это свойство авиационной транспортной системы, заключающееся в ее способности осуществлять воздушные перевозки без угрозы для жизни и здоровья людей [2].

Регулярность движения ВС является одним из основных показателей, определяющих, уровень авиационного обслуживания и характеризующих организованность и слаженность работы всех служб авиапредприятий гражданской авиации.

Отправление ВС считается регулярным, если взлет ВС произведен не позднее расчетного времени взлета. В этом случае под расчетным временем взлета понимается время отправления, установленное расписанием (планом полета), плюс время, отведенное

на руление и обеспечение безопасности.

Для повышения регулярности полетов необходимо стабильное функционирование системы поддержки принятия решений (СПР).

В целях обеспечения высокой оперативности принятия решений необходимо обеспечить ведение указанной базы данных в режиме реального времени с организацией, например, интернет-каналов передачи информации о состоянии рейса в подразделение авиакомпании (службу), занимающееся сбором и обработкой информации о задержках.

Критерии безопасности и регулярности.

Безопасность полетов рассматривается как совокупность следующих элементов:

- надежность технических средств;
- профессиональная пригодность авиационного персонала;
- готовность конкретного воздушного судна к выполнению полета;
- техническая исправность;
- предполетная подготовка авиационного персонала;
- выполнение расчета центровки и загрузки;
- обеспеченность документации на рейс и др.

Основной характеристикой, обуславливающей психофизиологическое состояние диспетчера в процессе УВД, является его загруженность, характеризуемая вектором трех параметров: занятости, напряженности (решение совокупности задач), утомляемости.

Тем самым мы можем определить взаимосвязь личностного фактора с качеством процессов, определяющих уровень УВД [3].

Личностный фактор, включающий такие под факторы, как профессиональный уровень (зависящий, в свою очередь, от качества отбора и уровня подготовки персонала), условия работы (организация рабочего места, совместимость с техническими средствами), психофизиологические качества диспетчера (функциональное состояние, индивидуальные особенности психики, эмоциональное состояние и др.), постоянно служит причиной 60...70% всех предпосылок к авиационным происшествиям. При этом, предпосылки к авиационным происшествиям такого вида, как опасные сближения, происходят главным образом в точках схождения воздушных трасс (над радионавигационными точками либо вблизи них), при пересечении занятого ВС эшелона другим ВС и переменном профиле полета обоих сближающихся ВС. Опасные сближения (около 75%) происходит в зонах УВД, где наблюдается повышенная сложность воздушного движения и интенсивность его достаточно высокая.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиационные правила «Правила использования воздушного пространства Республики Беларусь» [Электронный ресурс] : постановление Совмина, 04.11.2006 г. № 1471 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.
2. Воздушный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.
3. Авиационные правила «Организация воздушного движения» [Электронный ресурс] : постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, 12 июня 2009 г., № 56 // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. Центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2016.

УДК 629.7.064.5

С.Д. Римша, А.Г. Капустин

Белорусская государственная академия авиации

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ АВИОНИКИ ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ

Наравне с оценкой надежности детектора методом построения структурных можно использовать иной метод, позволяющий полностью алгоритмизировать процесс расчета и исключающий необходимость анализа конфигурации структурных (функциональных) схем системы.

Как правило, оценка надежности электронных систем авиационной техники и ее составных частей (объектов) проводится на основе канонического уравнения путем анализа всех возможных состояний частей (объектов), что практически исключает (сильно усложняет) возможность алгоритмизации процессов расчета надежности на компьютерах [2].

Для реализации метода система представляется в виде неориентированного графа $G(M,N)$,

где $M\{m_{ij}\}$ – множество вершин графа;

$|M|=m$ – множество элементарных звеньев объекта;

$N=\{n_{ij}\}$ – множество ребер;

$|N|=n$ – множество участков структурной схемы, соединенных между собой.

Каждому ребру графа сопоставлена некоторая вероятность события, состоящего в том, что не имеет места повреждение этого ребра (участка схемы). В предположении, что все участки системы снабжены аппаратурой защиты от коротких замыканий, вследствие чего все отказы типа обрывов и коротких замыканий с точки зрения воздействия на систему эквивалентны, поскольку те и другие приводят к отключению соответствующего поврежденного участка объекта. В этом случае надежность системы характеризуется вероятностью связности подмножества вершин графа [1].

$$M_1(M_1 < M);$$

$$P_M^{M_1}(P_1 \dots P_n). \quad (1)$$

Граф $G(M,N)$ задан матрицей инцидентий $A_a[a_{ij}]$ – матрицей с t строками и n столбцами. Здесь $a_{ij}=1$, если ребро j инцидентно вершине i , и $a_{ij}=0$, если ребро j не инцидентно вершине i .

Если сопоставить каждому ребру графа булеву переменную y_i , то переключательная функция F_{ij} между вершинами i и j , может быть найдена из булева уравнения:

$$F_{ij} \wedge W_{ij} = V, \quad (2)$$

где V – дизъюнкция конъюнкций булевых переменных ветвей дерева графа;

W_{ij} – дизъюнкция конъюнкций булевых переменных ветвей двух деревьев графа с вершинами i и j в различных связных частях в каждом втором дереве.

Решение уравнения проведено методом Ледли с использованием операторного метода на логическом базисе [1]. Так как граф систем практически всегда представляет собой правильную логическую модель, то решение уравнения не может содержать членов с инверсией.

Если в решении присутствуют инверсные члены, а дизъюнкции конъюнкций булевых переменных ветвей дерева графа не содержат их, то всегда найдется решение, не содержащее членов с инверсией [1].

Таким образом можно найти переключательные функции между вершинами графа и, следовательно, найти переключательную функцию, определяющую связность всех вершин графа. После этого, сопоставляя каждой булевой переменной (каждому ребру графа) некоторое значение вероятности безотказной работы, можно найти выражение для вероятностей суммы любого числа совместных событий. Эти суммы распространяются на различные значения сочетания индексов вершин и ребер графа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сешу, С. Линейные графы и электрические цепи / С. Сешу, М. Рид. – М. : Высшая школа, 1971. – 446 с.
2. Ледли, Г. Л. Программирование и использование вычислительных машин / Г. Л. Ледли. – М. : Мир, 1996. – 644 с.

УДК 369.7.08

З.В. Машарский, Ю.А. Савич

Белорусская государственная академия авиации

КОНТРОЛЬ БАГАЖА И ГРУЗОВ В АЭРОПОРТУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ

Проведение исследований систем, учитывающих движение багажа и грузов (далее – БГ) в аэропорту является актуальным. В настоящее время перевозка пассажиров, БГ остается максимально быстрым и комфортным способом оказания этой транспортно-логистической услуги.

Комплекс услуг по транспортировке БГ содержит процедуру идентификации и обеспечения их сохранности в фиксированный момент времени от подачи БГ в транспортно-логистический терминал аэропорта до их загрузки на рейсовое воздушное судно (далее – ВС).

Система транспортировки грузов зачастую включает в себя процедуру идентификации и хранения этих грузов на определенный период времени между поступлением БГ в аэропорт и отгрузки на нужный рейс. Использование автоматизированных систем контроля и отслеживания БГ в аэропорту обусловлено необходимостью выполнения следующих операций в минимально короткие интервалы времени: приемка, операции обработки, транспортировка, обеспечение сохранности и загрузка на рейсовое ВС [1].

Как перспективное направление технология радиочастотной идентификации (далее – технология RFID) заняла свое место в транспортно-логистическом секторе авиационных перевозок. Тенденция роста грузоперевозок и пассажиропотока ведет к внедрению бесконтактных автоматизированных систем, осуществляющих регистрацию и идентификацию БГ. К основной задаче таких устройств относится хранение информации о БГ с обеспечением возможности оперативного считывания. В основу конструктивно-схемного решения систем по технологии RFID положено использование таких функционально-конструктивных узлов, как считыватели и метки. Метка в цифровой форме содержит обобщенную информацию в виде протокола данных о типе БГ, стоимостных показателях, массогабаритным характеристикам, температурных ограничениях, логистических данных [1].

Повсеместное использование технологий RFID позволит минимизировать временные затраты на доставку БГ до транспортных терминалов аэропортов. Также оптимизируется процедура контроля над логистикой БГ и сведением на минимум числа хищений и временных показателей на доставку БГ. Экономится время на обработку БГ, обслуживание пассажиров становится более комфортным.

Таким образом, потенциал, заложенный в технологии RFID, имеет колоссальное значение не только в сфере логистики авиаперевозок, но и в народном хозяйстве страны в целом [2].

Состояние проблемы идентификации багажа с помощью бесконтактного способа радиочастотной идентификации в настоящее время полностью не исследовано. Для ее исследования целесообразно выполнить обоснование требований к системам контроля и отслеживания багажа в аэропорту на основе RFID-технологий.

Обоснование конструктивно-схемных решений системы контроля и отслеживания багажа в аэропорту на основе FRID-технологий основывается на решении следующих задач:

- оценка эксплуатационно-технических характеристик систем контроля и отслеживания багажа и грузов в аэропорту на основе FRID-технологий;
- расчет элементов системы контроля и отслеживания багажа в аэропорту на основе FRID-технологий;
- обоснование выбора оборудования транспортного терминала аэропорта;
- анализ факторов безопасности жизнедеятельности при эксплуатации систем контроля и отслеживания багажа и грузов в аэропорту на основе FRID-технологий [3].

Для решения этих задач обоснования конструктивно-схемных решений системы контроля и отслеживания багажа в аэропорту на основе FRID-технологий необходимо:

- определить начальные условия для выполнения расчета элементов системы контроля и отслеживания багажа в аэропорту на основе RFID-технологий;
- рассчитать энергетические потери системы контроля и отслеживания багажа в аэропорту на основе RFID-технологий;
- рассчитать дальность действия системы контроля и отслеживания багажа в аэропорту на основе RFID-технологий;
- решить задачу электромагнитной совместимости системы контроля и отслеживания багажа в аэропорту на основе RFID-технологий [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дшхунян, В. Л. Электронная идентификация : [Текст] : бесконечные электронные идентификаторы и смарт-карты / В. Л. Дшхунян, В. Ф. Шаньгин. – М. : АСТ : NT Press, 2004. – 695 с.
2. Бхуптани, М. RFID-технологии на службе вашего бизнеса [Текст] / М. Бхуптани, Ш. Морадпур. – М. : Альпина Диджитал, 2011. – 350 с.
3. Идентификация потоков грузов RFID-метками на основе беспроводных сетей ZigBee [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.wireless-e.ru/articles/bluetooth/2011_02_34.php. – Дата доступа: 10.11.2021.

УДК 629.7.072.8

И.И. Барабан, Е.В. Савчук, Е.А. Шевченко

Белорусская государственная академия авиации

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕДПОЛЕТНОГО БРИФИНГА ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО NOTAM

Роль информации в современном мире велика, немаловажную роль, а может быть и одну из первых, информация занимает и в авиации. Точная и достоверная аэронавигационная информация столь же необходима для полета, как и воздушные суда, аэропорты, навигационные средства и авиационное топливо.

Современная система NOTAM – это отличная система для уведомления пользователей воздушного пространства о введении в действие, состоянии или изменении

аэронавигационного оборудования, обслуживания и правил, или информации об опасности, своевременное предупреждение о которой имеет важное значение для персонала, связанного с выполнением полетов. Эта информация распространяется по сети AFTN. Она соединяет все страны мира, и каждый NOTAM практически сразу после издания доступен любому пользователю. А с использованием интернета доставка становится фактически мгновенной.

Основная проблема сообщений NOTAM – это их формат, который был изобретен в начале 20-го века и с тех пор не менялся:

00700/20 NOTAMN

Q) UMMV/QMXLC/IV/M/A/000/999/535N02802E005

A) UMMS B) 2004100900 C) 2004102300

E) TWY P CLSD

Сейчас становится ясно, что текущие сообщения NOTAM и подобные текстовые сообщения, содержащие критическую для безопасности информацию, не могут удовлетворить будущую систему УВД, для которой требуется качественная и своевременная информация. Система NOTAM ограничена рядом аспектов, связанных с ее историей:

- человеческий фактор;
- информационная перегрузка для конечного пользователя;
- географическая неточность;
- система не является самодостаточной;
- скрытая применимость.

Преимущества цифрового NOTAM: Цифровой NOTAM – это не простое преобразование текущего сообщения в новый, более структурированный формат. Это радикальное изменение, благодаря которому информационные обновления (как временные, так и постоянные) объединяются с информацией большей продолжительности, используя те же структуры данных и каналы распространения [1].

Характеристиками цифрового NOTAM являются:

А) географическая привязка (информация может быть автоматически построена на карте);

Б) время действия (эффективное время может интерпретироваться компьютером);

В) связь со статическими данными (изменение перекрестно ссылается на базовую информацию);

Г) гибкость преобразования (информация может быть преобразована в любой графический или текстовый формат, включая существующий формат ИКАО);

Д) электронное распространение – информация может быть напрямую передана и включена в другие компьютерные системы без ручного вмешательства.

Основными преимуществами введения цифрового NOTAM будут являться:

- Оптимизация процесса информирования.
- Повышение качества данных.
- Преобразование данных в удобный формат.
- Улучшенный предполетный брифинг.
- Улучшенная фильтрация информации.

Улучшенный предполетный брифинг – это одно из самых ясных и радикальных улучшений, которое обеспечивается цифровым NOTAM. При внедрении цифрового NOTAM при разработке предполетного брифинга становится возможным:

- определить приоритетность информации;
- организовать информацию по интересующему пункту (взлетно-посадочная полоса, ворота и т. д.);
- использовать верхний / нижний регистр, если необходимо;
- вставить графику, где это необходимо или даже сделать полный графический PIB;

– выполнить фильтрацию и поиск по заданным параметрам.

Улучшенный предполетный брифинг будет включать в себя предоставление цифровых/графических пакетов для загрузки в бортовую систему. Данные будут обновлены непосредственно перед отъездом, используя, например, беспроводные соединения в аэропорту. Основным преимуществом будет то, что гораздо больше данных будут доступны для пилота, в случае если потребуется радикальное изменение маршрута. Единственными недостающими данными будут обновления, которые происходят после вылета [2].

Чтобы обеспечить предоставление цифрового NOTAM, информация должна моделироваться и указываться в логической модели данных. На сегодняшний день это достигнуто с помощью модели обмена аэронавигационной информацией (AIXM – Aeronautical Information Exchange Model) версии 5. Для этого AIXM использует специальные правила для согласования кодирования различных категорий «событий» NOTAM. Так называемые «сценарии событий».

Как и все новые процедуры, цифровой NOTAM должен быть реализован поэтапно: сначала должны поддерживаться наиболее распространенные типы NOTAM, чтобы конечный пользователь мог согласовать постепенную реализацию своих возможностей по обработке цифровых NOTAM. Впоследствии, по мере необходимости, будут добавляться новые сценарии событий. Более подробная процедура перехода на цифровой NOTAM описана в документе Евроконтроля «Спецификация цифрового NOTAM». На данный момент этот документ находится в «Предложенном» статусе. Евроконтроль планирует выпустить официальную спецификацию Digital NOTAM в 2021 году после широких консультаций со всеми заинтересованными сторонами Digital NOTAM [3].

На сегодняшний день концепция цифрового NOTAM реализована только лишь в США. Федеральное авиационное управление США (FAA) развернуло систему Digital NOTAM в более чем 350 аэропортах. Эта система позволяет напрямую кодировать данные, касающиеся широкого спектра событий в аэропортах.

В Европе Европейская служба управления информацией ОрВД (EAIMS), которая заменит европейскую базу данных AIS (EAD), включает планы по предоставлению возможности цифрового кодирования NOTAM после 2022 года.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Digital NOTAM [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.aixm.aero/page/digital-notam>. – Date of access: 09.11.2021.
2. Digital NOTAM Specification [Electronic resource]. – Mode of access: https://ext.eurocontrol.int/aixm_confluence/display/DNOTAM/Digital+NOTAM+Specification. – Date of access: 12.11.2021.
3. Digital NOTAM [Electronic resource]. – Mode of access: <https://notams.aim.faa.gov/#Applications>. – Date of access: 14.11.2021.

УДК 369.07

О.Н. Скрыпник, Е.Ю. Кунай

Белорусская государственная академия авиации

МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ТРАФИКА БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Концепция интеграции беспилотных авиационных систем (БАС) в контролируемое воздушное пространство (ВП) основывается на безусловном обеспечении безопасности полетов как беспилотной, так и пилотируемой авиации и минимизации рисков негативного воздействия на окружающую среду. Интеграция БАС в контролируемое ВП

должна происходить поэтапно и опираться на передовые и перспективные технологии и методы организации воздушного движения.

В зависимости от результатов оценки использования ВП для организации движения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) могут использоваться фиксированные или динамические структуры воздушного пространства. Такие специфические структуры ВП могут быть созданы в рамках ограничений воздушного пространства, существующих в структуре ИКАО (опасность, ограничение, запрет). Общий термин, используемый для определения этих областей, – «зоны беспилотных летательных аппаратов». К ним, например, относятся: зоны, в которых полностью запрещены полеты БПЛА; зоны, где разрешены полеты БПЛА, соответствующих установленным требованиям; зоны, предоставляемые исключительно для полетов БПЛА (запланированных или незапланированных); зоны для полетов БПЛА, осуществляющих пассажирские перевозки и др. В любом случае, необходима такая организация воздушного пространства для трафика БПЛА, которая удовлетворяет установленным требованиям.

Известны несколько возможных вариантов организации воздушного пространства для выполнения полетов БПЛА в установленных зонах.

Концепция зон разделяет трафик на основе сходства направления движения по заранее определенным траекториям используя горизонтальную сегментацию ВП. Концепция зон несколько напоминает дизайн ВП на основе воздушных трасс, используемый в пилотируемой авиации. Поскольку в этой концепции нет вертикальной сегментации воздушного пространства, оптимальные высоты выбираются на основе протяженности маршрута [1].

В концепции «*выделение слоев (уровней)*» ВП разделено на слои, расположенные друг над другом. Каждый слой, как правило, отведен определенному типу БПЛА и полету с определенным курсом. Организация ВП таким методом близка к системе эшелонирования гражданских ВС, однако можно применять не полукруговую, а четвертькруговую систему эшелонирования.

В концепции *смешанного ВП* БПЛА разрешается использовать прямой путь между точкой старта и пунктом назначения, а также оптимальные высоты и скорости полета. Поскольку полное смешение не накладывает ограничений на траекторию полета БПЛА, маневры в отношении курса, скорости и высоты используются для уменьшения отклонений от оптимального маршрута и разрешения конфликтов на всех этапах полета [1].

При организации ВП над городами на очень малых высотах, маршруты полетов БПЛА могут соответствовать *топологии городской уличной сети*. Рассматриваются двухсторонняя и односторонняя концепции. Двухсторонняя концепция не имеет горизонтальных ограничений, которые накладываются на поток трафика, в то время как концепция одностороннего движения содержит горизонтальные ограничения для достижения одностороннего направленного потока.

В обеих концепциях ВП сегментировано по вертикали, образуя набор высотных слоев, для которых движение организовано в соответствии с направлениями на север, восток, юг и запад [2]. В концепциях представлены сквозные (*through layers*) и поворотные слои (*turn layers*), расположенные вертикально на расстоянии 25 ft, в то время как расстояние между однотипными слоями составляет 50 ft соответственно. Сквозные слои учитывают трафик, проходящий по крайней мере через один перекресток, в то время как уровни поворота учитывают трафик, замедляющийся для поворота на перекрестке. Встречные транспортные потоки не пересекаются на перекрестке.

В качестве варианта максимального структурирования ВП можно рассмотреть концепцию, реализующую фиксированную структуру *маршрутов в виде 4D-туннелей* в пространстве с привязкой к времени прохождения точек маршрутов (рисунок 1 а).

Преимущество данного подхода – возможность планирования маршрутов без конфликтов [1].

Топологию 4D-туннелей можно представить в виде пространственного графа с узлами и ребрами (рисунок 1 б). Узлы графа являются точками соединения для одного или нескольких маршрутов. Ребра – это 4D-туннели, соединяющие два узла. Туннели на одном и том же горизонтальном уровне никогда не пересекаются, кроме как в узлах, размеры туннелей рассчитаны на основе безопасных расстояний между БПЛА в соответствии с критериями безопасности (DAA).

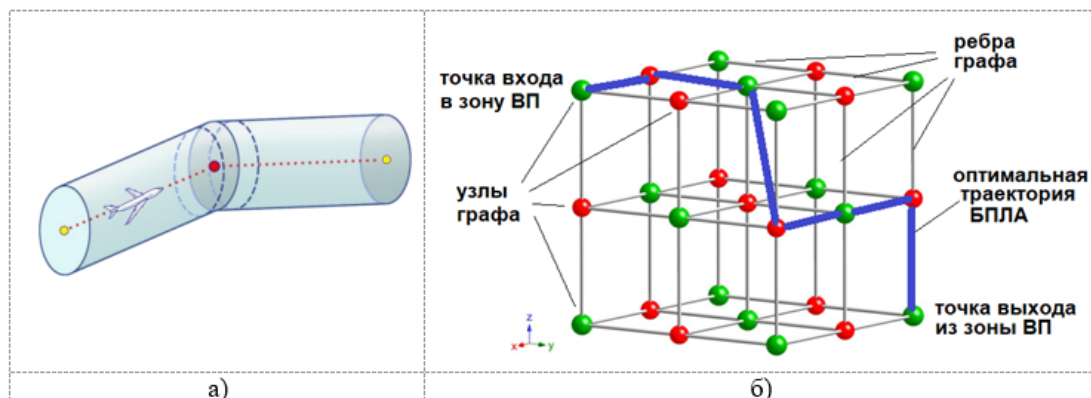


Рисунок 1 – 4D-траектории в пространстве

Туннели расположены друг над другом слоями с уменьшающейся детализацией (числом узлов). Тогда короткие маршруты выигрывают от «густой» сетки на самом нижнем уровне, а более длинные – выигрывают от более длинных прямых тоннелей в более высоких слоях.

Концепция туннелей использует разделение БПЛА по времени для обеспечения безопасности прохождения узлов. В процессе движения БПЛА проходит через узел за определенный интервал времени. В течение этого интервала занятости для всех остальных БПЛА этот узел является запрещенной точкой траектории. Чтобы гарантировать, что разделение в узлах также обеспечивает разделение внутри туннелей, все БПЛА в туннелях, принадлежащих одному слою, должны лететь с одинаковой скоростью. Эта предписанная скорость увеличивается с высотой слоя, чтобы соответствовать уменьшающейся детализации сети туннелей.

Структурирование ВП также может выполняться на основе характеристик системы связи, навигации и наблюдения (CNS). В этом случае доступ к определенной зоне зависит от того, соответствует ли оборудование БПЛА характеристикам системы CNS, предусмотренному для этой зоны. Это отражает реализацию концепции навигации, основанной на характеристиках (PBN) для пилотируемых ВС.

В основе модели лежит двухэтапный подход. На этапе предварительного (стратегического) планирования ВП представляется в виде набора элементарных ячеек (базовой сетки) в соответствии с базовыми характеристиками CNS. Элементарные ячейки параметризованы как кубы с квадратным основанием. Длина (r_x), ширина (r_y) и высота (r_z) ячеек сформированы как функция ожидаемых базовых характеристик CNS для данного района:

$$r_x, r_y, r_z = f(C_{perf}, N_{perf}, S_{perf}),$$

где $C_{perf}, N_{perf}, S_{perf} \in \mathbb{R}$ – набор показателей для связи, навигации и наблюдения соответственно.

На онлайн этапе оцениваются конкретные характеристики CNS каждого БПЛА для создания виртуального объема защиты вокруг него. Этот объем включает в себя совокупную неопределенность компонентов CNS, параметры которых не должны быть нарушены в целях обеспечения достаточного запаса для разделения и предотвращения столкновений (рисунок 2).



Рисунок 2 – Защитный объем БПЛА и его составляющие

Из набора элементарных ячеек и из активных объемов защиты CNS строится сетка занятости ВП. Сетка занятости поддерживает баланс потребности обслуживания и пропускной способности ВП как с учетом количества БПЛА, одновременно действующих в зоне ВП, так и их характеристик CNS, за счет чего обеспечивается решение проблемы предотвращения столкновений.

Затем в виде кластеров элементарных ячеек генерируются сектора в ВП.

Такая модель ВП обеспечивает гибкость для реализации на всех этапах планирования: стратегического, предтактического онлайн и тактического (оперативного) онлайн. Она может быть применена как для оценки пропускной способности ВП на основе характеристик систем CNS, так и для оценки требований к характеристикам CNS, которые должны быть выполнены с учетом желаемой целевой пропускной способности воздушного пространства.

Таким образом, на основе анализа рассмотренных методов организации структуры ВП можно сделать вывод, что менее структурированное пространство (модель слоев и модель смешанного ВП) позволяет изменить траекторию (например, для в случае угрозы столкновения с другим БПЛА) без особого влияния на увеличение угрозы столкновений с другими БПЛА в этом объеме ВП, в отличие от более структурированных концепций воздушных коридоров и зон, где движение трафика планируется еще до взлета и обеспечиваются временные интервалы. Концепция 4D-туннелей позволяет выбрать наиболее оптимальную организацию ВП с точки зрения времени, затрат, а также предсказания конфликтов (в узлах графа). Несмотря на то, что структурирование ВП на основе PBN и концепции CNS было выдвинуто как отдельный метод организации ВП для БАС, данный подход все же лучше использовать в качестве дополнения к остальным моделям для повышения пропускной способности и обеспечения высокого уровня безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. METROPOLIS Concept Design Report / O. Schneider [et al.]. – Netherlands : Delft University of Technology, 2014. – 93 p.
2. Constrained Urban Airspace Design for Large-Scale Drone-Based Delivery Traffic / M. Doole [et al.]. – Switzerland : Aerospace, 2021. – 22 p.
3. A Performance-Based Airspace Model for Unmanned Aircraft Systems Traffic Management / N. Pongsakornsathien – Switzerland : Aerospace, 2020. – 27 p.
4. European Organisation for the Safety of Air Navigation (EUROCONTROL) : RPAS ATM CONOPS Edition 4.0. – 2017. – 24 p.

УДК 629.07

О.Н. Скрыпник, К.В. Шаведдинова

Белорусская государственная академия авиации

РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧЕ ИНТЕГРАЦИИ БАС В КОНТРОЛИРУЕМОЕ ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО

Мировой рынок гражданских беспилотных авиационных систем (БАС), их комплектующих и услуг, оказываемых на их основе, испытывает взрывной рост. Согласно результатам исследований, полученных из различных источников, в течение последнего десятилетия разработка и производство БАС являются наиболее динамичным сегментом мировой авиационной отрасли (среднегодовой темп роста не менее 10 %) [1].

Основными факторами, тормозящими масштабное применение гражданских БАС на внутренних рынках многих стран, являются недостаточная государственная поддержка, несовершенство нормативного правового и технического регулирования, а также наметившееся отставание от ведущих государств в технологическом развитии безопасной и эффективной интеграции БАС в национальное воздушное пространство (ВП).

Любое воздушное судно, предназначенное для полета без пилота на борту, относится к беспилотным воздушным судам (БВС). Нормативное регулирование полетов широкого спектра БВС должно осуществляться на основе риск-ориентированного, основанного на характеристиках, подхода.

Риск-ориентированный, основанный на характеристиках БАС, подход предполагает пропорциональную зависимость уровня доступа конкретного БВС в воздушное пространство от уровня создаваемого им риска при выполнении конкретного полета.

В соответствии с требованиями «Руководства по управлению безопасностью полетов» ИКАО (РУБП) [2] в целях проведения оценки факторов риска от внедрения БАС в контролируемое ВП используется матрица оценки факторов риска для безопасности полетов (таблица 2) и степени допустимости факторов риска для безопасности полетов БВС.

Таблица 1 – Матрица оценки факторов риска от внедрения БАС в контролируемое ВП для безопасности полетов

Вероятность риска	Серьезность риска				
	катастрофическая	опасная	значительная	незначительная	мизерная
Часто	5A	5B	5C	5D	5E
Иногда	4A	4B	4C	4D	4E
Редко	3A	3B	3C	3D	3E
Маловероятно	2A	2B	2C	2D	2E
Почти невозможно	1A	1B	1C	1D	1E

Фактор риска для безопасности полетов представляет собой прогнозируемую вероятность и серьезность последствий, вызванных существующим опасным фактором или ситуацией. Худшим результатом в данном случае может стать авиационное происшествие.

Вероятность факторов риска от внедрения БАС в несегрегированное ВП для безопасности полетов определяется как возможность возникновения или повторения небезопасного события или результата, связанного с БВС. Для того, чтобы определить

произойдет ли небезопасное событие, следует очень точно проанализировать ситуацию, задавая какие-либо наводящие вопросы, например: «Происходили ли в прошлом события, аналогичные рассматриваемому? Исправно ли оборудование БВС? Насколько безопасна эта процедура?» И, как результат ответов на подобные вопросы, можно давать оценку по шкале, насколько высок риск. К примеру, в таблице 2 условно приведена шкала оценки и возможность появления инцидента или, что еще хуже, авиационного происшествия:

Таблица 2 – Вероятность факторов риска от внедрения БАС в контролируемое ВП для безопасности полетов

Возможность возникновения	Описание	Оценка
Часто	Происходит часто	5
Иногда	Происходит время от времени, иногда	4
Редко	Маловероятно, но, возможно, произойдет	3
Маловероятно	Весьма малая вероятность, что произойдет	2
Почти невозможно	Возможность наступления события почти исключена	1

После проведения оценки вероятности следующим этапом является оценка степени серьезности факторов риска для безопасности полетов с учетом всех возможных последствий, связанных с фактором опасности внедрения БАС. Серьезность факторов риска определяется степенью вреда, который обоснованно может иметь место в виде последствий выявленных факторов опасности. Оценка серьезности основывается на следующих критериях: смертельные случаи/телесные повреждения или ущерб.

Оценка серьезности события должна учитывать все возможные последствия, связанные с небезопасным событием или состоянием, исходя из наихудшей предполагаемой ситуации. Для оценки серьезности ущерба также, как и в случае с оценкой вероятности реализации риска, следует, исходя из каких-либо проанализированных данных, составить шкалу, которая действительно поможет оценить, насколько серьезен риск, приносимый БАС.

Степень серьезности факторов риска от внедрения БАС в несегрегированное ВП для безопасности полетов, исходя из таблицы 1, будет выглядеть следующим образом:

степень А (катастрофическая): уничтожение оборудования БВС и многочисленные человеческие жертвы;

степень В (опасная): значительное уменьшение «допустимого уровня безопасности», отсутствие уверенности в правильном и полном выполнении БАС своих задач, серьезные телесные повреждения, а также значительный ущерб оборудованию БВС;

степень С (значительная): существенное уменьшение «допустимого уровня безопасности», неспособность в полной мере справиться с неблагоприятными эксплуатационными условиями из-за увеличения рабочей нагрузки, телесные повреждения;

степень D (незначительная): неудобство, эксплуатационные ограничения БВС, применение правил на случай аварийной обстановки, незначительный инцидент.

степень E (мизерная): малозначительные последствия.

Если мы соединим проанализированные данные вероятности появления риска от внедрения БАС в несегрегированное ВП и степени его серьезности, мы получим своеобразный коэффициент оценки фактора опасности (таблица 2), который в полной мере отразит результат «сомнительного» действия на безопасность полетов.

Если риск высок, то эксплуатант БВС должен предпринять меры по уменьшению вероятности его появления или прекратить данный вид деятельности, если уменьшение опасности применения БВС невозможно.

В соответствии с Doc 9859, факторы риска для безопасности полетов концептуально оцениваются как приемлемые, допустимые или недопустимые.

Исходя из таблицы 2, мы можем распределить коэффициенты оценки опасности риска от БАС по данным трем категориям, а также предложить какие-либо меры, чтобы понизить имеющийся уровень риска до приемлемого.

Недопустимый уровень риска состоит из коэффициентов 5А, 5В, 5С, 4А, 4В, 3А. Полеты БВС при данном риске неприемлемы, поэтому их необходимо прекратить и срочно предпринять усиленные меры по уменьшению риска до приемлемого уровня.

Допустимый уровень риска – 5D, 5E, 4C, 4D, 4E, 3B, 3C, 3D, 2A, 2B, 2C. Полеты БВС разрешены при условии, что эксплуатант предпринимает меры по уменьшению рисков.

Приемлемый уровень – 3E, 2D, 2E, 1A, 1B, 1C, 1D, 1E. От эксплуатанта БВС требуется только поддержание данного уровня, так как он полностью допустим.

При использовании методологии оценки безопасности полетов БАС в соответствии с РУБП ICAO риски вероятностей возникновения и тяжести последствий необходимо оценивать для каждой типовой операции или ожидаемого эксплуатационного сценария выполнения полетной операции БАС всех категорий и классов.

Чтобы привести пример оценки рисков безопасности полетов БАС, рассмотрим БВС с взлетной массой более 30 кг в контролируемом ВП [3]. Аналогичные оценки рисков безопасности полетов БАС должны быть проведены для других категорий БАС и типов полетов.

При отказе системы обнаружения различных видов опасности (DAA) вероятность риска составит 4 (иногда), а серьезность – А (катастрофическая), то есть оценка риска от отказа данной системы будет 4А и, соответственно, данный риск неприемлем и эксплуатанту БАС необходимо немедленно прекратить операции с БВС. Также к данной категории будет относиться и отказ канала передачи данных линии связи С2.

Что касается человеческого фактора, как в случае большой нагрузки на орган ОВД, так и на эксплуатанта БВС, необходимо будет прекратить или сократить операции, связанные с БАС, так как такие ситуации будут происходить время от времени (4) и являться опасными (В), что составит оценку рисков – 4В.

При опасных метеорологических условиях риск опять же будет неприемлем, как и для пилотируемой авиации. Такие операции необходимо будет немедленно прекратить, так как они будут частыми (5) и составят значительную опасность как для граждан и их имущества, так и для самих БАС. Оценка рисков – 5С.

Средний риск будет наблюдаться при опасности, связанной с помехами/спуфингом для глобальной спутниковой системы навигации GNSS, линии связи С2, системе предупреждения опасности DAA. Риск при таких ситуациях будет оцениваться как маловероятный (2), но все же оставаться опасным (В). Операции, связанные с БВС при оценке рисков 2В, будут приемлемы, если будут проводиться меры по уменьшению рисков до приемлемого уровня.

Таким образом, применение риск-ориентированного, основанного на характеристиках подхода к безопасной, эффективной, последовательной и поэтапной интеграции БАС в ВП приводит к необходимости категоризации БАС и выполняемых ими полетов в зависимости от соответствующих эксплуатационных рисков.

Важное значение для безопасности полетов имеют факторы риска, которые непосредственно влияют на нее. Ведь результатом может стать даже авиационное происшествие. Необходимо детально рассмотреть и оценить ситуацию, которая потенциально может привести к инциденту. Благодаря этой оценке, можно не только проанализировать возможные риски, но и определить вероятность их появления, насколько они допустимы в данной ситуации и степень серьезности, если таковая будет. Поэтому нужно при появлении потенциального риска, «удерживать» его на приемлемом уровне, чтобы ущерб от него ограничивался лишь испугом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Базовые международные принципы ИКАО интеграции беспилотных авиационных систем в несегрегированное воздушное пространство [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://russiandrone.ru/publications/1-2-bazovye-mezhdunarodnye-printsipy-ikao-integratsii-bespilotnykh-aviatsionnykh-sistem-v-nesegregir/>. – Дата доступа: 19.09.2021.
2. Doc 9859 AN/474. Руководство по управлению безопасностью полетов (РУБП). – Монреаль : ИКАО, 2013. – 120 с.
3. Doc 10019 AN/507. Руководство по дистанционно пилотируемым авиационным системам (ДПАС). Утверждено Генеральным секретарем и опубликовано с его санкции. – Монреаль : ИКАО, 2015. – 150 с.

УДК 369.07

О.Н. Скрыпник, С.К. Табаров

Белорусская государственная академия авиации

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛЯ ТОЧНОСТИ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ

Применение многопозиционных систем наблюдения (МПСН) позволяет в ряде случаев значительно улучшить точность, размер и конфигурацию поля наблюдения в заданной зоне воздушного пространства (ВП. Этим достигается более эффективный контроль воздушных судов (ВС) на всех этапах полета, что позволит обеспечивать необходимую пропускную способность ВП.

Потенциально достижимые характеристики точности, надежности и целостности поля наблюдения МПСН зависят от количества и расположения наземных станций. Поэтому оптимизация архитектуры МПСН, особенно в районах со сложным рельефом местности, с целью улучшения характеристик поля наблюдения, является актуальной научной задачей. Ее решение рассмотрим на примере аэродрома Куляб (Республика Таджикистан), размещенного в горной местности.

На рисунке 1 показана зона покрытия района аэродрома Куляб полем наблюдения, создаваемым традиционными (радиолокаторы, радиопеленгаторы) средствами наблюдения.

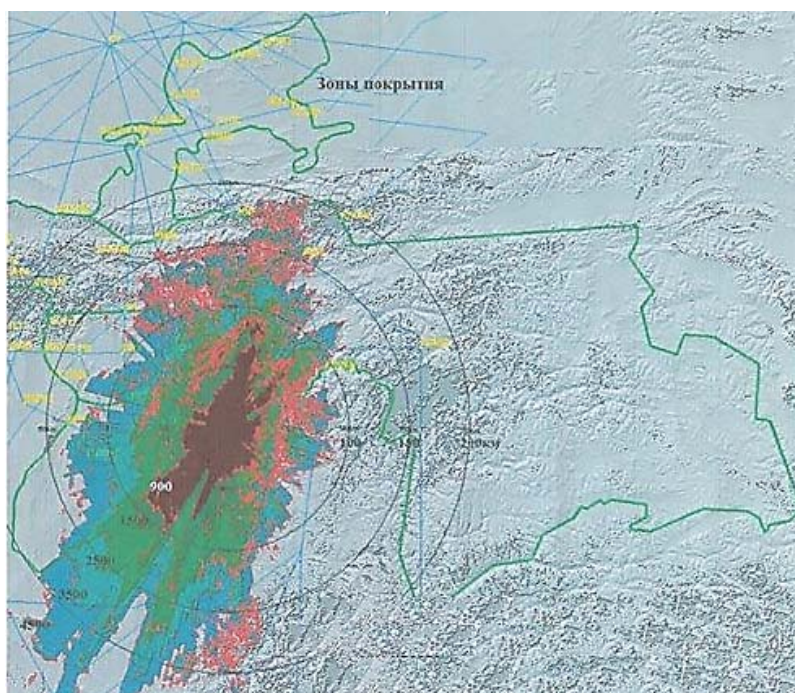


Рисунок 1 – Зоны покрытия радиолокационным полем наблюдения

Как видно из рисунка 1, радиолокационное поле наблюдения имеет изрезанный и несимметричный характер, что обусловлено значительным влиянием рельефа местности. Такая конфигурация поля наблюдения не обеспечивает требуемый контроль за ВС при заходах на посадку в достаточно широких секторах.

С целью улучшения характеристик поля наблюдения в воздушном пространстве авиационными властями Республики Таджикистан было принято решение о развертывании сети наземных станций широкозонной МПСН [1]. Часть таких станций размещена в районе аэродрома Куляб.

На рисунке 2 а показано размещение наземных станций МПСН и создаваемое ими на высоте 10 000 поле наблюдения в воздушном пространстве Республики Таджикистан (рисунок 2 б). Видно, что поле наблюдения МПСН на этой высоте равномерно покрывает воздушное пространство, обеспечивая точность позиционирования не хуже 150 м.

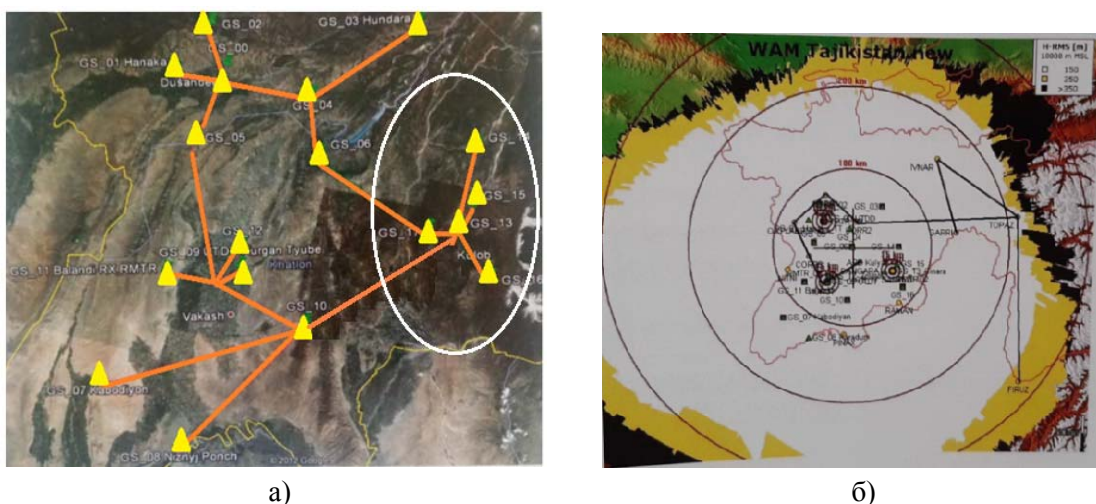


Рисунок 2 – Размещение наземных станций и поле наблюдения МПСН

Особенность МПСН состоит в том, что, поле точности определения горизонтальных координат достаточно равномерно, а конфигурация поля точности определения высоты значительно зависит от высоты полета ВС, количества и размещения наземных станций [2]. Представленные на рисунке 2 данные не позволяют оценить характеристики этого поля в зоне аэродрома Куляб в полном объеме для различных высот и секторов воздушного пространства.

Затенения сигнала от ВС горным рельефом может привести к отсутствию поля наблюдения МПСН на малых высотах в некоторых секторах воздушного пространства зоны аэродрома. Следует также ожидать возможное ухудшение точности позиционирования ВС из-за снижения точности синхронизации шкал времени станций МПСН, поскольку из-за затенений сигналов спутников GNSS горами, наблюдаемые на станциях созвездия навигационных спутников будут отличаться как по количеству наблюдаемых спутников, так и по конфигурации рабочих созвездий.

Задача создания сплошного поля MLAT и обеспечения требуемой точности определения координат ВС может быть решена путем оптимизации размещения станций в зоне аэродрома и определения их необходимого количества путем математического моделирования с учетом затенений сигналов неровностями рельефа местности.

В качестве критерия оптимизации в такой постановке задачи необходимо использовать комплексный критерий, обеспечивающий максимум площади поля наблюдения на заданной высоте полета ВС и минимум геометрического фактора системы [3] в зоне аэродрома. Решение задачи оптимизации размещения станций MLAT и определения их необходимого количества может быть выполнено методами теории оптимизации. Однако получение математического выражения для комплексного критерия

оптимизации с учетом затенений сигналов представляет собой достаточно сложную задачу.

Поэтому на практике для предварительных расчетов размещения станций МПСН предлагается использовать следующую методику пошагового решения задачи.

1. Задать зону наблюдения, внутри которой необходимо обеспечивать требуемую точность.

2. Выбрать область наблюдения, включающую заданную зону наблюдения, и определить ее размер. Пример области наблюдения показан на рисунке 3 (треугольником выделена заданная зона наблюдения).

3. Расположить станции МПСН в подходящих точках и определить их координаты в прямоугольной системе координат с началом отсчета в центре заданной области наблюдения.

4. Задать высоту наблюдения (полета ВС). Данные, полученные на предыдущих этапах, заносятся в интерфейс ввода данных расчетной модели.

5. Рассчитать поле распределения горизонтального и вертикального геометрических факторов (ГФ), которые эквивалентны точности поля наблюдения в горизонтальной и вертикальной плоскостях для заданных исходных данных.

6. Для оценки значений поля распределения точности позиционирования МПСН необходимо задать значение погрешности, связанной с ошибкой измерения разностей расстояний до ВС конкретной МПСН.

На рисунке 4 в качестве примера показано рассчитанное поле наблюдения МПСН в горизонтальной плоскости.

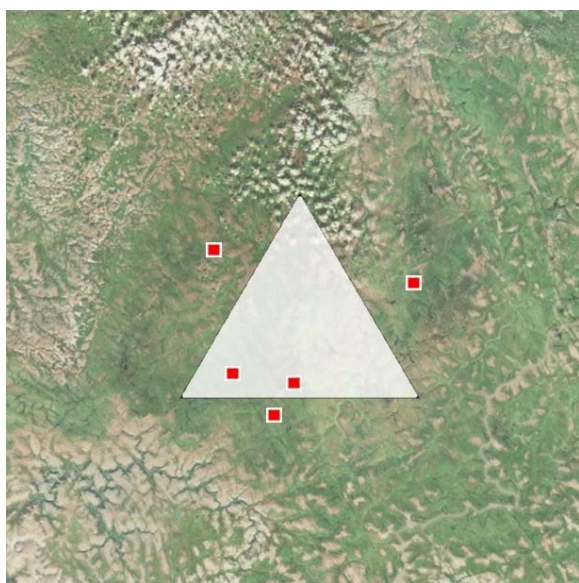


Рисунок 3 – Область и зона наблюдения

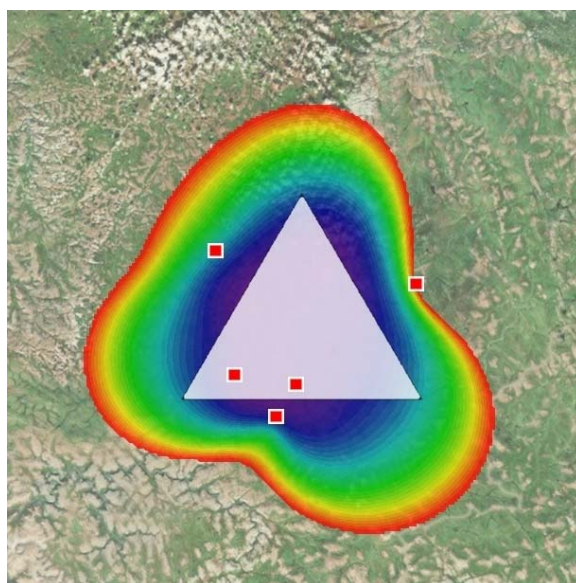


Рисунок 4 – Поле наблюдения в горизонтальной плоскости

Для достижения требуемых характеристик поля наблюдения алгоритм следует повторить, изменяя расположение наземных станций.

Недостатком предложенной методики является отсутствие учета рельефа местности. Однако делать подобный учет для каждого из предварительных вариантов является весьма трудоемкой и сложной задачей. Поэтому применение данной модели может оказаться полезным для начальной оценки применимости, а также возможностей, обеспечиваемых при реализации МПСН. На завершающем этапе проводится уточнение конфигурации поля наблюдения с учетом зон (секторов) затенения рельефом местности по условиям прямой видимости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Multilateration (MLAT) Concept of use [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.icao.int/APAC/Documents/edocs/mlat_concept.pdf.
2. Multilateration. Executive reference guide. CREATIVERGE. ERA corporation [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.multilateration.com/downloads/MLAT-ADS-B-Reference-Guide.pdf>.
3. Скрыпник, О. Н. Радионавигационные системы аэропортов и воздушных трасс / О. Н. Скрыпник. – М. : Инфра-М, 2020. – 325 с.

УДК 1:62

Р. Г. Смогоржевская, А. И. Шабуня

Белорусская государственная академия авиации, Институт теологии БГУ

ТЕХНИКО-АНТРОПОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В УЧЕНИИ П.А. ФЛОРЕНСКОГО

Ключ к разгадке теории техники русского философа и инженера Павла Александровича Флоренского (1882–1937) находится в синтезе основополагающих отраслей знания и человеческой деятельности: философии (включая онтологию, антропологию, гносеологию и этику), науки, искусства и собственно техники.

Техника является для Флоренского «способом организации пространства, который, изменяя действительность, перестраивает его». Для Флоренского пространство есть некоторое поле, в котором можно осуществлять деятельность. Это самое поле создается философией, искусством, а также в процессе технического творчества. Это «силовое поле деятельности» искривляет пространство, что может подтвердить современная физика, так как доказано, что тела, обладающие достаточно большой массой искривляют пространство (но тут речь идет о технике скорее, как о виде деятельности (который Флоренский именуется как «приспособление»), чем о совокупности инструментов [4]). Техника и понимается Флоренским как «выявление искривлений пространства при его организации». Выявление же становится возможным, так как «техническая кривизна предшествовала технике с ее силовым полем».

Бытие как «поле» уже содержит в себе все те искривления, которые может нанести человек техникой. Поэтому человек актуализирует эти искривления своей деятельностью. Тут более точным видится использование термина «прописывает», так как «пропись» как «актуализация» приводит в действительность искривления, которые являются продуктом творческой деятельности (анalogии с фиксируемой мыслью в нотной тетради, на холсте и так далее тут являются справедливыми [4]). Так технику можно понимать, как некоторый «указатель», который и указывает на уже существующие искривления пространства, но также их и актуализирует в процессе своей деятельности. Функциональное предназначение техники заключается в «обнаружении бытия» (то есть этих самых искривлений пространства) через его актуализацию. Тогда и техника будет являться не набором инструментов, но особым «путем» человека (где инструменты – это только феномены этого пути) по раскрытию «сущности бытия». Такой «технический путь» возможно пройти только человеку, поэтому техника и биология – взаимообусловлены [5].

Техника является феноменом, «размерным» человеку, что находит свое отражение в «органопроекции». Концепция «органопроекции» была раскрыта в цикле работ П. Флоренского «У водоразделов мысли». Речь идет о произведениях «Обратная перспектива», «Воплощение формы (действие и орудие)» и «Наука как символическое описание» [6]. Согласно Флоренскому, с помощью эйдосов (которые трактуются Флоренским платонически), осуществляется «органопроекция». Человек эйдосы создавать

не может, они лишь самопроизвольно попадают в разум человека. Эйдосы в творчестве П. Флоренского именуются «узлами» – точками искривления пространства. В отличие от известных теоретиков техники Каппа [2] и Энгельмейера, Павел Флоренский развил учение о технике как «органопроекции» с точки зрения антроподицеи – оправдания человека. Но следует отметить, что в концепции П. Флоренского, как было отмечено, техника – есть очерчение «узлов искривления», где техническое изобретение лишь «знамение узла». В этом смысле можно говорить о следующей цепочке: есть некоторый эйдос как «узел искривления», который первоначально может быть «актуализирован» только определенным органом человека. В дальнейшем человек, проецируя идею органа (то есть то, что орган должен актуализировать) создает техническое изобретение, которое актуализирует эти искривления далее и/или актуализирует новые искривления (если же во время «органопроекции» в разум человека «соизволил» попасть другой эйдос). Поэтому техника является, в каком-то смысле, расширением тела человека, которое можно также понимать как инструмент (что и оправдывает взаимообусловленность техники и биологии). Но техника является вынужденным явлением, так как только она может преодолеть последствия грехопадения, а человеческое грешное тело – нет. Поэтому справедливо говорить о том, что техника и биологическое тело – это два разных способа воплощения и дальнейшей актуализации «узла искривления» (разность можно объяснить так: тело действует на основании инстинктов, а техника – на основании интеллекта) [6].

Следует отметить, что процесс техники как процесс «органопроекции» является процессом неосознанным, однако П. Флоренский не отрицает того, что процесс этот может стать осознанным, что поможет человеку лучше «актуализировать искривления пространства, связанные с человеком». Поэтому П. Флоренский и говорит, что если что-то не имеет свой прообраз в человеке (как микрокосме; тут можно говорить о том, что античные идеи о соотношении макрокосма и микрокосма находят свое «новое воплощение» в концепте «органопроекции»), значит мы не знаем просто о существовании этого органа, который неосознанно человеком спроецирован в виде технического изобретения [6].

В книге «Столп и утверждение Истины» эта идея подтверждается: гомотипические таблицы иллюстрируют состав и устройство тела человека как устройство вселенной, центром которой и является человек. Полноценной проекцией тела человека вовне и особой организацией пространства-бытия в этой связи можно называть «дом-ойкумену» (когда само тело есть «дом души») [6].

«Органопроекция» может осуществляться и на основании органов животных (например, крыльев), но которые были человеком «очеловечены», посредством взгляда человека на эти самые крылья и применения их к себе. То есть крылья, например, самолета, являются «органопроекцией» крыльев птицы, но «одушевлены душой человека», так как душа птицы не способна к технической деятельности.

Флоренский был обеспокоен тем, что человечество акцентирует свое внимание не на самом себе и своем духовном центре, но на продукте «органопроекции», то есть на своих расширениях. Эти опасения излишнего внимания «человеческим расширениям» были осознаны современными интеллектуалами, что отразилось в следующих метафорах: машина-орган, машина-чудище, машина-государство и т. д. Складывает впечатление, что не человек конституирует технику, а техника, захватив «периферию», конституирует человека и его образ жизни. Наблюдается процесс «техникоецирования», который является перечислением системы взглядов Флоренского, так как техника бездушна и не может творить, а значит, это не техника обретает субъектность, а человек ее теряет, срастаясь с объектностью техники [1].

В философии П. А. Флоренского высшая точка органопроекции – «дом» – должен быть уподоблен храму «человекоразмерности» [6], хотя сам человек не является центром вселенной, так как он в себе не содержит «весь горизонт возможностей» [3]. Технические орудия понимаются как «человеческие расширения», а сам человек понимается как

«микрокосм», который был един с «макркосмом» до грехопадения. Технике предназначена особая миссия – преодолеть тот разрыв с миром, который возник в результате грехопадения.

Предпосылки идеи слияния механического и биологического, о которых писал П.А. Флоренский, становятся постепенно реальностью, что выражается не только в виде фантастических фильмов, где киборги обладают сознанием и искусственным интеллектом, но и в виде современных научных разработок в области искусственного интеллекта. Это же дает основания для трансформации «органопроекции» (которая в начале прошлого столетия активно критиковалась) в «объектопроекцию»: теорию, согласно которой обладатель искусственного интеллекта создает новые объекты, проецируя уже самого себя, но не изначальный образ – человека. Это наделяет объекты «объектопроекции» относительной независимостью от человека, а значит, в некотором смысле, «дегуманизирует» объекты (которые должны были бы стать «ничто», так как нет ничего того, что не входило бы в человека как в «микрокосм» [3]). Однако и сам носитель искусственного интеллекта не является субъектом, он пока является техническим изобретением, а значит «органопроекцией» человеческого разума, но в этой «органопроекции» присутствует множество опасностей, которые бы перенесли акценты с человека на его «расширения». Встает вопрос: а не может ли искусственный интеллект, как продукт «органопроекции», сам стать субъектным, что превратит человека в продукт «объектопроекции / техникоепроекции»? В рамках философии П.А. Флоренского ответить утвердительно на этот вопрос нельзя, хотя такую перспективу предчувствовал великий русский ученый и философ. Российский философ А.Г. Дугин утверждает, что таким

образом может произойти превращение человека в дивидуума, человека разделенного, сущность которого рассеяна в объектах, то есть лишено субъектности [1]. Техника, являясь деятельностью вовне, должна восстанавливать связь человека и мира, но не растворять человека в «узлах искривления», как справедливо считал П.А. Флоренский. Философ писал, что такое растворение возможно только по той причине, что технические орудия никогда не будут являться идеальной проекцией «идеального органа» (то есть речь идет о том, что техника является лишь попыткой соединения с миром, но она не всегда является успешной, так как она только «стремится к очерчению», но не всегда «очерчивает узлы искривления»). То есть можно говорить о том, что потенциально «объектопроекция» может возникнуть тогда, когда человек не соединяется/растворяется в «пространстве» (становясь с ним единым), но в технике, не достигшей контура «узла искривления». А для того, чтобы этого избежать, нужно стремиться к осознанию «органопроекции».

Таким образом, можно заключить следующее. Философия П.А. Флоренского является также и предостережением человечеству. Техника как процесс из-за своей «неидеальности» (вызванной неосознанностью «органопроекции»), может очерчивать «узлы искривления» (то есть эйдосы) недостаточно корректно, что может повлиять на появление как минимум «плохих орудий». В худшем случае это может привести к созданию таких орудий, которые, будучи оторванными от эйдосов мира (а значит и «органов человека»), будут осуществлять процесс «объектопроекции» – создания объектов, которые, во-первых, должны были бы просто «выпадать из мира, так как являются ничем»; во-вторых, могут превратить человека в объект «объектопроекции», что несет в себе риски подчинения человека технике, а значит десубъективизации человека. Целью техники как процесса является воссоздание единения технического и биологического, микро- и макрокосмоса, воссоздание единства человека и Творца, которое выражается в понятии «Дом».

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дугин, А. Г. Феноменология Аристотеля. Лекция 1. Риторическая онтология [Электронный ресурс] / А. Г. Дугин. – Режим доступа: <https://paideuma.tv/video/aristotel-i-fenomenologiya-lekciya-no-1-ritoricheskaya-ontologiya>. – Дата доступа: 02.03.2021.
2. Капп, Э. Роль орудия в развитии человека [Электронный ресурс] / Э. Капп, Л. Нуаре, А. Эспианс. – Режим доступа: <https://gtmarket.ru/library/basis/3479/3481>. – Дата доступа: 04.05.2021.
3. Павел Александрович Флоренский [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vehi.net/florensky/>. – Дата доступа: 28.04.2021.
4. Павленко, Н. А. Возможность техники: взгляд из Лавры и голос из Марбурга [Электронный ресурс] / Н. А. Павленко. – Режим доступа: <https://iphras.ru/page50606231.htm>. – Дата доступа: 01.05.2021.
5. Паршин, А. Н. Павел Александрович Флоренский / А. Н. Паршин // Лестница отражений (от гносеологии к антропологии) / под ред. А. Н. Паршина, О. М. Седых. – М. : РОССПЭН, 2013. – С. 156–178.
6. Флоренский, П. А. Сочинения : в 4 т. / свящ. П. А. Флоренский – М. : Мысль, 1994.

УДК 53.08:620.178.5

А.П. Стахова

Национальный авиационный университет

ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ СПЕКТРОВ В СИСТЕМАХ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПРИБОРОВ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ

Тестирование устройств ориентации и навигации, используемых в транспортной и авиакосмической промышленности, связано с лабораторным моделированием различных режимов движения объектов, на которых эти устройства планируется эксплуатировать в будущем. Такие испытания являются важным этапом подготовки к эксплуатации и ставят перед собой цель проверить работоспособность и функциональную надежность изделия в реальных условиях использования [1].

Как показывает практика, современное прецизионное приборостроение требует испытаний устройств и систем в условиях максимальной реалистичности, то есть приближенных к реальным условиям эксплуатации [1].

Важное место в комплексе мероприятий по обеспечению требуемого качества выпускаемой продукции и безопасности эксплуатации занимают динамические испытания и вибродиагностика. Динамические испытания, проводимые при разработке машин, позволяют выявить конструктивные недостатки еще на этапе их проектирования [2].

Необходимость разработки оборудования и алгоритмов функционирования для обеспечения динамических испытаний, вибродиагностики и виброзащиты устройств ориентации и навигационных систем становится актуальной задачей, за которой следуют высокоинформативные процедуры контроля, мониторинга и диагностики, требующие точных измерений сигналов, создания контрольно-измерительного оборудования и проведения испытаний существующими и новыми контрольно-измерительными диагностическими комплексами.

Наибольшее значение приобретает методическое и алгоритмическое обеспечение контрольно-измерительного, диагностического и испытательного оборудования, активная виброзащита прецизионного измерительного оборудования и создание прецизионных приводов и вибраторов, поскольку это позволяет эффективно использовать существующую техническую базу и создавать новые эффективные системы контроля и управления.

Проводимая в процессе эксплуатации периодическая вибродиагностика позволяет выявлять появления неисправности большинства машинного оборудования задолго до того момента, когда отказ становится неизбежностью [3], то есть обеспечивать

эксплуатацию оборудования по состоянию, соответствующему техническим условиям. Теоретические исследования и системы обработки вибрационных сигналов базируются на использовании методов спектрального и статистического анализа временных рядов с приложением сигналов с инерционных датчиков в качестве одномерных случайных процессов, допускающих дискретизованную реализацию. Целью каждого испытания является установление определенных свойств изучаемого объекта с целью контроля его качественных характеристик.

Особое внимание следует уделить выделению полезного сигнала. Для этого используется узкополосный спектральный анализ. В основе данного типа анализа лежит принцип разложения временной реализации сигнала в частотный спектр с равномерным шагом по частоте посредством преобразования Фурье.

Машинное оборудование, имеющее вращающиеся части, создает механические колебания, анализ которых позволяет получить важную информацию о состоянии оборудования. Контроль состояния машинного оборудования по изменению параметров вибрации осуществляется путем анализа и сравнения спектров механических колебаний и позволяет выявить изменение состояния оборудования после увеличения более чем на 3–6 дБ уровня отдельных составляющих спектра или полосы спектра.

Первичное преобразование вибрационного сигнала при проведении вибродиагностики осуществляется, как правило, пьезоэлектрическими датчиками ускорения (акселерометрами). Процесс измерения сопровождается шлейфом электромагнитных помех, наводок и паразитных вибраций, обусловленных наличием работающего оборудования. Поэтому дальнейшее преобразование сигнала из акселерометра осуществляется измерительными усилителями с преобразователями «заряд-напряжение» и с активным подавлением синфазных помех на входе. Необходимость применения таких зарядовых усилителей является особенностью систем измерения вибрации при проведении вибродиагностики и виброиспытания.

Далее будем считать, что измерительная часть системы вибродиагностики обеспечивает достаточно большое отношение «сигнал-шум», и не будем пока рассматривать вопрос влияния шумов измерительного тракта и электромагнитных помех на точность оценки спектров посредством интегрирования сигнала, оцифровки и последующего быстрого преобразования Фурье (БПФ). Под БПФ в работе понимается дискретное преобразование Фурье (ДПФ) и быстрый алгоритм вычисления спектра, требующий, что объем выборки равен степени числа «2» [4].

Проблема интегрирования возникает, поскольку для целей вибродиагностики в зависимости от величины угловых скоростей вращения валов используют спектры либо ускорений, либо скоростей, либо перемещений. При интегрировании сигналов возникает проблема выбора:

- 1) интегрировать сигнал аналоговым способом, а затем оцифровывать сигнал для процедуры БПФ;
- 2) оцифровать сигнал и интегрировать его цифровым способом в ЭВМ, а затем производить БПФ для получения спектров.

В обоих случаях будем считать, что условия оцифровки сигнала выполняются, то есть спектр сигнала отличается от нуля на частотах, меньших частоты ω_m , а круговая частота дискретизации $\omega_D > 2\omega_m$. Заметим, что практически максимальную частоту спектра сигнала ω_m определяют по уменьшению уровня сигнала меньше величины кванта АЦП. Для определения максимальной частоты сигнала на уровне 4кГц необходимо иметь усилитель заряда с фильтром нижних частот не менее пятого порядка и производить передискретизацию сигнала не менее чем в два раза.

Оценка спектров ускорения, скорости и перемещения с помощью ДПФ осуществляется на дискретных частотах $\omega_i = i\Delta\omega$, $i = 0, 1, 2, \dots, N-1$, где $\omega = 2\pi/T$ – шаг

квантования спектра по частоте, N – число отсчетов сигнала (объем выборки), $T = \Delta t N$ – длина реализации (время измерения), $\Delta t = 2\pi/\omega_D$ – шаг квантования сигнала по времени. Для эффективного вычисления всех компонентов спектра широко используется алгоритм вычисления ДПФ. Объем выборки N кратной степени числа «2».

Поскольку рассматриваются реальные сигналы, то они должны удовлетворять требованию причинной обусловленности [5].

$$A(t) = 0; V(t) = 0; X(t) = 0; \text{ при } t > 0, \quad (1)$$

то есть сигнал ускорения, скорости или перемещения на выходе аналого-цифрового преобразователя (АЦП) равен нулю при $t < 0$.

При этом будем считать, что непрерывный сигнал ускорения во временной области допускает представление к виду обратного преобразования Фурье (ПФ)

$$A(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} S(\omega) \exp(j\omega t) d\omega = \frac{1}{2\pi} \int_{-\omega_m}^{\omega_m} S(\omega) \exp(j\omega t) d\omega \quad (2)$$

и пусть спектр ускорения $S(\omega)$ удовлетворяет соотношению вида:

$$\begin{aligned} S(\omega) &= F[A(t)], \quad S(\omega) = A_R(\omega) - jA_1(\omega), \\ A_1(\omega) &= H[A_R(u)] = \int_{-\infty}^{\infty} \frac{A_R(u)}{\pi(\omega - u)} du, \end{aligned} \quad (3)$$

где $F[]$ – прямое ПФ, $H[]$ – преобразование Гильберта (ПГ), $A_R(\omega)$ – действительная, парная функция частоты, $A_1(\omega)$ – действительная, нечетная функция частоты, ω_m – верхняя граничная частота спектра сигнала.

Для оптимизации продолжительности проведения испытаний нужно учитывать взаимозависимость ширины полосы диапазона и времени скопления сигнала. Проходная характеристика отражает зависимость уровня сигнала от времени на определенной частоте, иллюстрируя процесс скопления сигнала при проведении узкополосного спектрального анализа. Чем уже полоса анализа, тем дольше производятся измерения.

Следовательно, применение узкополосного спектрального анализа позволяет исключить из результатов измерений влияние вибраций, а следовательно, повысить точность оценки спектров вибродиагностики, регистрирующих при проведении стационарной вибродиагностики машинного оборудования.

Такой математический аппарат позволяет проводить более глубокие исследования вибрации оборудования, локализовать сигнал в частотной области, что дает возможность представить сигнал в виде отдельных аддитивных составляющих. Эти компоненты имеют характерные особенности каждого отдельного дефекта, что позволяет не только комплексно оценить техническое состояние оборудования, но и с определенной степенью достоверности идентифицировать тип дефекта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Carter, R. Weighted Least-Squares Based Control for a Four Axis Gimbal Set / R. Carter, P. Duffey, S. Bachorski, M. Kagi, H. Havlicsek // Proceedings of SPIE. – 2010. – Vol. 7663. – P. 1–12.
2. Герман-Галкин, С. Г. Проектирование мехатронных систем на ПК / С. Г. Герман-Галкин. – СПб. : Корона-Век, 2008. – 368 с.

3. Прецизионные управляемые стенды для динамических испытаний гироскопических приборов / под общ. ред. акад. В. Г. Пешехонова – СПб. : ГИЦ РФ ЦНИИ «Электроприбор», 2008. – 296 с.

4. Duval, B. SENSOR TECHNOLOGY AND DESIGN-Advances In Analog Distance Sensing- This introduction to noncontact displacement sensors will be helpful to anyone who's thinking about adding one or mote inductive / B. Duval // Sensors-the Journal of Applied Sensing Technology. – 2004. – Т. 21, № 9. – С. 36–40.

5. Устройство дистанционного измерения коэффициента преобразования пьезоэлектрического акселерометра : пат. 99158 РФ, МПК G01H17/00 / В. И. Лачин, А. К. Малина, Д. А. Плотников. – Оpubл. 10.11.2010.

UDC 629.7.08

Y. Tarasevich, V. Paletayeva

Belarusian State Academy of Aviation

HUMAN FACTOR AS A MAIN CAUSE OF AIRPLANE CRASHES

The role of aviation in the modern world is quite high, because not only people professionally employed in it but also ordinary travelers, amateurs are interested in it. It is industry that has many advantages, including quick movement, the ability to be in the right place in a fairly short period of time, while guaranteeing comfortable conditions during flight and various types of service. Lots of people fly from one country to another, from one mainland to another every day. Such unique inventions as airplanes can transfer people from different parts of the world in just a few hours. To do this work well there are many skilled workers, professionals who prepare, check, operate and control the aircraft. Mechanics, pilots, air traffic controllers – they always try to make the flight as comfortable and safe as possible. Every day, new technologies are being developed to hold the risks of plane crashes to a minimum. Ambitious events are being carried out, new approaches are being introduced to ensure flight safety.

Unfortunately, accidents occur in the aviation industry and their causes are quite varied from errors of ground personnel (air traffic controllers, aircraft technicians, etc.) to crew errors.

According to statistics, the causes of air crashes are distributed as follows:

- 1) Crew errors – 50%
- 2) Aircraft failures – 22%
- 3) Weather conditions – 12%
- 4) Terrorism – 9%
- 5) Ground personnel errors – 7%
- 6) Other reasons – 1% [1].

We should more precisely discuss errors influenced by the human factor and weather conditions.

On the night of March 18–19, 2016, flight FDB 981 following the route Dubai – Rostov-on-Don on a Boeing 737–800 aircraft of Fly Dubai airline, while performing a re-approach, crashed in adverse meteorological conditions. As a result, 7 crew members and 55 passengers were killed. An experienced aircraft captain with a total flight time of 5961 hours, including 4905 on a Boeing 737–800 and a co-pilot, who flew only 1100 hours on a Boeing 737–800, but more than 4000 hours on light aircraft, carried out the flight.

The flight was going smoothly, but while the airplane was approaching the airport, strong turbulence began and the "Go around wind shear ahead" alarm went on. The captain, showing his professionalism, decided to go around avoiding wind shear and decided to stay in the holding area, there was enough fuel for more than 2 hours of flight there. This decision was justified: there was an improvement in meteorological conditions [2].

While the airplane was re-entering the airport, the weather conditions were similar to those as before. The crew strictly followed all pre-flight procedures. Everything was in operating mode. Landing was complicated by the fact that there was an unacceptable speed due to the wind shear. Considering these circumstances, an experienced pilot decided to go around, but there were even bigger problems than in the first time: the first officer failed to create the required pitch of 15 degrees. His actions began to be belated, the captain was trying to change the situation, but he didn't control other equally important parameters. Thus, the speed continued to increase. In order to balance the aircraft, the captain deflected the control wheel for too long (12 seconds), what was fatal. As a result, the nose of the aircraft quickly descended and the plane entered a steep descent. The pilot was under stress and he began to take rash decisions. So, at full speed, the plane rushed to the ground and Pull-up alarm was activated, but the captain couldn't take the plane out of descent, and it crashed into the ground.

The cause of this disaster was human factor. Until the second go-around, the pilot showed high professionalism, but after spending much time in holding area and then taking decision to go around, he fell into a not optimal psycho-emotional state [3].

Unfortunately, in the history of aviation this accident is not the only case of the human factor influence, which caused the crash of the airplane. As example we may discuss the accident happened on May 5, 2019, on the Sukhoi Superjet 100 of Aeroflot airline. While performing landing at Sheremetyevo airport, flight SU1492 from Moscow to Murmansk, the aircraft received significant damage and crashed. As a result 41 people died, 37 survived.

In this situation, the airplane was piloted by the experienced captain with 6800 flying hours 1570 of them on SSJ 100 (1428 of them in the position of PIC) and the less experienced co-pilot with 765 hours of flight, 615 of them on SSJ 100.

During the flight the crew faced such meteorological conditions as a thunderstorm. According to International Flight Rules it is strictly forbidden to fly into a thunderstorm; it is recommended to circumnavigate it at a distance at least 15 km. Due to lightning strike the autopilot was disconnected and as a result pilots had to control the aircraft manually.

Discovering the data received from Cockpit Voice Recorder and Flight Data Recorder the investigators found out those first actions of the captain were rather impulsive, he deflected the sidestick in different sides, showing his obvious unpreparedness for this type of control. After a lightning strike, the captain decided to return immediately to the airport. Moreover, there was also a problem: the loss of radio communication, but using back-up radio station the crew could contact air traffic controller on emergency frequency. The further part of flight was carried out by the vectoring method, when air traffic controller helped the crew to find the runway, each time giving an indication where to fly. The captain decided to enter the runway using type 3 ILS (Instrument Landing System). While landing on the runway the crew didn't carry out the checklist on the way and unreasonably ignored the wind shear alarm in a great hurry to land the aircraft. In fact, the crew wasn't ready for it. As a result, the crew passed the threshold at a height of 12 meters, at a speed much higher than the allowable. The aircraft captain started to align the aircraft, using the sidestick, holding it in the extreme positions, but this should had been done earlier. At a distance of 900 meters from the end of the runway, the airplane touched the ground with an overload of 2.55 g, but the plane didn't press down on the ground due to unreleased air brakes and jumped up 5–6 feet (1.5 meters). Re-landing took place with an overload of 5.85 g. According to international standards, the landing gear should withstand an overload of 3.75 g. So, the aircraft was damaged, fuels spilled and fire broke out. In a minute, the engines stopped and the evacuation began.

According to experts view, the captain showed excessive self-confidence when flying in thunderstorm conditions – this led to the plane being struck by lightning and the situation that the crew could not cope with. Significant problems with piloting technique led directly to the disaster; in this situation, the captain still had to look for an airfield with better weather conditions. The pilot, in the absence of proper piloting skills in a manually mode, unreasonably rushed to land the airplane and in addition, the pre-flight briefing and checklist were ignored in a

hurry. The crew made a very fast landing approach. 21 minutes from the moment of the lightning strike to the touch is very short period and they hardly had time to complete the most necessary minimum of preparation. A hasty and illiterate decision to land an aircraft in a manually mode with a large mass at an airfield with bad weather conditions created serious difficulties and troubles in advance [4].

Thus, nowadays, human errors represent the greatest potential threat to aviation safety. To achieve a reduction in the number of accidents, it is necessary to better understand the role of the human factor in aviation, and apply the accumulated knowledge for preventive measures.

In the conclusion, it should be said that the human is the most flexible, adaptable and important element of the aviation system, but also the most vulnerable in terms of the possibility of a negative impact on his activities. Spread of information of Human Factors awareness provides the international aviation community with the single most powerful opportunity to make aviation safer and more efficient.

REFERENCES

1. Катастрофа Boeing 737 в Ростове-на-Дону [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ru.wikipedia.org>. – Дата доступа: 14.11.2021.
2. Промежуточный отчет (предварительная справка) по результатам расследования авиационного происшествия Дубай – Ростов-на-Дону (19 марта 2016 г.) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mak-iac.org>. – Дата доступа: 14.11.2021.
3. Final report Dubai – Rostov-on-Don (19.03.2016) [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.mak-iac.org>. – Date of access: 14.11.2021.
4. Предварительный отчет по результатам расследования авиационного происшествия Москва (Шереметьево) – Мурманск (05.05.2019) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mak-iac.org>. – Дата доступа: 14.11.2021.

УДК 159.99

Р.Л. Тюпин, В.Н. Евтух

Белорусская государственная академия авиации

ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НС-ПСИХОТЕСТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ БУДУЩИХ ЛЕТЧИКОВ К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Существует ряд профессий, предъявляющих особые требования к личности человека, его свойствам и поведению. Одна из таких профессий – летчик.

В этом случае психодиагностика является совершенно необходимой для профессионального отбора и подготовки будущего летчика к летному труду.

Психофизиологическая диагностика направлена на выявление индивидуальных особенностей протекания нервных и психических процессов на момент измерения.

Большая часть психофизиологических методик, представленных в рассматриваемом аппаратно-программном комплексе, связана с изучением сенсомоторных реакций. Условно сенсомоторная реакция проходит три этапа: прием внешнего воздействия соответствующим рецептором и передача сенсорного сигнала в центральную нервную систему; переработка сигнала центральной нервной системы; передача нейромоторного сигнала от центральной нервной системы к рабочему органу [1, 2].

Сенсомоторная реакция, таким образом, затрагивает чувствительные и двигательные пути периферической и участки центральной нервной системы, а потому является своего рода индикатором свойств и состояния нервной системы в целом.

Психофизиологические комплексы и приборы находят применение все больше в психологии, в физиологии, учреждениях образования при проведении профессионального отбора, и в других областях.

В качестве метода диагностики психологической готовности будущих летчиков к профессиональной деятельности, рассматривается набор диагностического инструментария, который включает в себя оценку профессиональных важных качеств необходимых для будущего летчика.

Метод диагностики состоит из набора психофизиологических методик, включенных

в состав компьютерного комплекса для психофизиологического тестирования НС-ПсихоТест (ООО «Нейрософт» г. Иваново).

Комплекс позволяет самостоятельно, исходя из задач исследования, определять набор необходимых приборов и методик для проведения диагностики.

Для оценки психологической готовности будущих летчиков к профессиональной деятельности были отобраны приборы – клавиатура для теста Шульте-Платонова, звуковой стимулятор, зрительно-моторный анализатор, зрительно-моторная труба, кнопка пациента, датчик теппинг-теста, пульсоксиметрический датчик.

Методики – такие как, реакция на движущийся объект, оценка глазомера, монотоноустойчивость личности, шкалы приборов, компасы, изучение структуры, диагностика симптомов посттравматического стрессового расстройства, кольца Ландольта, методика многостороннего исследования личности.

Данные методики с применением АПК «НС-Психотест» позволят объективно, информативно и оперативно провести тестирование как одного, так и нескольких тестируемых одновременно, получить результаты и проанализировать их, что является существенным преимуществом данного комплекса [3].

Таким образом, данный диагностический инструментарий позволит эффективно проводить оценку психологической готовности будущего летчика к профессиональной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Русалов, В. М. Природные предпосылки и индивидуально-психофизиологические особенности личности / В. М. Русалов // Психология личности в трудах отечественных психологов. – СПб. : Питер, 2000. – 398 с.

2. Базылевич, Т. Ф. Дифференциальная психофизиология и психология: ключевые идеи : научное издание / Т. Ф. Базылевич. – М. : Инфра-М, 2013. – 340 с.

3. Ильин, Е. П. Психология индивидуальных различий : научное издание / Е. П. Ильин. – М. : Питер, 2004. – 701 с.

УДК 797.5

Р.Л. Тюпин, Д.А. Подлужный, К.А. Поздняков

Белорусская государственная академия авиации

ПАРАШЮТНАЯ ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ ЛЕТЧИКОВ КАК АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

Своевременное принятие решения на вынужденное покидание летательного аппарата с парашютом, психологическая и физическая готовность к прыжку (катапультированию), представляются залогом сохранения жизни летчика (экипажа) в ситуациях, когда все возможные методы борьбы за живучесть исчерпаны.

В силу этого, увеличивается значимость парашютной подготовки курсантов в вузах авиационной направленности как комплекса учебных, воспитательных, инженерных и научно-технических мероприятий, оказывающих целое влияние на личность курсантов,

сориентированных на создание у будущих военных летчиков стабильных специфических знаний, умений и навыков, обеспечивающих их физическую и психологическую готовность к выполнению прыжков с парашютом.

Ключевыми несовершенствами организации парашютной подготовки будущих летчиков в вузах авиационной направленности являются:

- несоответствие уровня подготовки к выполнению прыжков с парашютом и объективным условиям обеспечения безопасности полетов;

- недостаток при организации парашютной подготовки инновационных методов обучения, позволяющих реализовывать подробный анализ ошибок, совершаемых курсантами на разных этапах выполнения прыжка;

- нехватка психологического сопровождения при подготовке и выполнении курсантами учебных парашютных прыжков;

- малое число учебных парашютных прыжков, необходимых для усвоения программы парашютной подготовки.

Таким образом, главными психолого-педагогическими критериями для улучшения парашютной подготовки будущих летчиков являются:

- выработка у курсантов убежденности в безотказности парашюта и безопасности прыжка путем доведения численного разбора статистических данных безопасного совершения прыжков и фактов, доказывающих о действенном применении парашютной техники при спасении летного состава;

- вооружение курсантов технологией регуляции психических состояний и управления действием на всех стадиях подготовки и выполнения прыжков, путем отработки в реальных условиях приемов и способов самонастроя и самомобилизации;

- повышение числа парашютных прыжков за счет введения обязательных факультативных занятий;

- наполнение практических занятий, при подготовке к тренировочным парашютным прыжкам, элементами угрозы и риска с целью создания у курсантов преимущественно глубокого представления о процессе выполнения парашютного прыжка с конкретным заданием;

- использование инноваторских способов работы, включающих в себя:

- проведение показательных парашютных прыжков, специалистами парашютно-десантных служб авиационных воинских частей;

- демонстрацию учебных видеофильмов с разбором свойственных ошибок при выполнении учебно-тренировочных парашютных прыжков;

- применение специальных компьютерных обучающих программ;

- использование средств объективного контроля, за действиями курсантов во время выполнения учебно-тренировочных парашютных прыжков и использование этих данных при анализе и разборе парашютных прыжков после их выполнения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ворона, А. А. Теория и практика психологического обеспечения летного труда : монография / А. А. Ворона, Д. В. Гандер ; под ред. В. А. Пономаренко. – М., 2003. – 280 с.

2. Шамшин, С. С. Концептуальные основы поисково-спасательного обеспечения боевых действий авиации / С. С. Шамшин. – Монино : ВВА, 1998. – С. 6.

УДК 159.91

С.С. Шкурский, Е.В. Шлык, М.И. Токарева

Белорусская государственная академия авиации

ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ ЛЕТЧИКА

Проблема безопасности полетов остается одной из главных в авиации. Эта проблема наряду с нравственным имеет и экономический аспект, связанный с сохранением значительных материальных средств.

Деятельность летчика по структуре, содержанию и условиям существенно отличается от труда многих других специалистов.

К наиболее важным особенностям летной деятельности относится следующее:

1. Выполнение функциональных обязанностей в условиях отрыва от земли, оказывающее выраженное влияние на психофизиологическое состояние летчика и сопровождающееся высокой ответственностью за принятие правильных и своевременных решений и управляющих действий.

2. Возможность свободного перемещения в пространстве с 6 степенями свободы (изменение положения в любом направлении вокруг своего центра тяжести, который, в свою очередь, также может перемещаться в различных направлениях). Это значительно усложняет процесс пространственной ориентации, особенно в сложных метеоусловиях. Человек лишается возможности ориентироваться с помощью привычных ощущений и представлений, что в ряде случаев вызывает возникновение ложных пространственных представлений – иллюзий.

3. Большие скорости полета. Сама по себе скорость не оказывает влияния на функционирование организма (влияет изменение скорости по величине и направлению – ускорение), но вызывает значительную ответную психологическую реакцию: с одной стороны удовольствие от большой скорости, с другой – переживание повышенного риска.

4. Гипоксия, ускорение, шумы, вибрации, пониженное барометрическое давление и его перепады требуют использования специальных средств жизнеобеспечения летного состава (высотно-компенсирующие костюмы, кислородные маски, гермошлемы, противоперегрузочные костюмы).

5. Сложная структура деятельности летчика, включающая одновременное восприятие различных сигналов: световых, звуковых, речевых, тактильных, проприоцептивных, совмещение автоматизированных и интеллектуально насыщенных действий, сопоставление текущих и прогнозируемых параметров полета, информации от бортовых и наземных средств управления, переключение с одного вида деятельности на другой, работа в заданном темпе, в условиях дефицита времени.

6. Высокое нервно-эмоциональное напряжение [1].

Большое значение для обеспечения психофизиологической надежности летчиков имеет профессиональный психологический отбор. Пилот должен обладать хорошей зрительной и слуховой памятью, развитым логическим мышлением, высоким уровнем пространственных представлений, способностью к быстрой выработке и перестройке умственных навыков, иметь большой объем внимания, способность к его быстрому переключению и концентрации. Совокупность этих качеств определяет способность летчика к усвоению профессии [2].

Наконец, важная роль в обеспечении надежности летчика принадлежит правильной организации режима его труда и отдыха. Профессиональная надежность летчика зависит от того, насколько профессиональная нагрузка, ее величина и интенсивность соответствуют его функциональным и психофизиологическим возможностям.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Маклаков, А. Г. Психология и педагогика. Военная психология : учебник для вузов / под ред. А. Г. Маклакова. – СПб. : Питер, 2005. – 464 с.
2. Новиков, В. С. Физиология летного труда : учебник / под ред. В. С. Новикова. – СПб. : Наука, 1997. – 411 с.



**4 СЕКЦИЯ.
ПРИМЕНЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ
МЕТОДОВ В АВИАЦИИ**



УДК 614.876 + 629.7

А.И. Кириленко, А.И. Вейлкин, В.В. Полевич

*Белорусская государственная академия авиации, Международный государственный экологический институт им. Сахарова БГУ***ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ**

С развитием технического прогресса человек все чаще сталкивается с влиянием ионизирующего излучения при профессиональной деятельности. Авиационная отрасль тому не исключение. Работники авиации, члены экипажей воздушных судов, инженеры, работники аэропортов, подвергаются воздействию повышенного уровня ионизирующего излучения как от природных источников, так и от искусственных.

К природным источникам ионизирующего излучения относится космическое излучение – это ионизирующее излучение, непрерывно падающее на поверхность Земли из космического пространства и образующееся в земной атмосфере в результате взаимодействия излучения с атомами компонентов воздуха. Часть космического излучения обусловлена процессами на Солнце. При увеличении солнечной активности интенсивность космического излучения возрастает. Средняя энергия космических лучей 10^{10} эВ, поэтому они губительны для всего живого. Атмосфера Земли служит своеобразным щитом, предохраняющим биологические объекты от воздействия космических частиц, и лишь немногие частицы достигают поверхности Земли.

Члены экипажей воздушных судов гражданской авиации подвергаются повышенному воздействию космической радиации при трансконтинентальных перелетах с крейсерской высотой полета более 10–13 км. Толщина защитного слоя воздуха земной атмосферы на высоте 10 км составляет всего 25% от приземного слоя [1]. Трансконтинентальные перелеты включают в себя постоянное пересечение полярных зон (с целью сокращения протяженности воздушной трассы). По данным [1] радиационная обстановка на таких трассах чрезвычайно сложна, особенно если полет совершается в период солнечных вспышек. При полетах в полярных районах во время повышенной солнечной активности пилоты получают годовую дозу облучения 0,05 Зв за 8 часов полета. При этом дозу облучения для членов экипажей и пассажиров можно уменьшить лишь за счет изменения маршрута, уменьшения высоты, продолжительности и частоты полетов.

Для летного состава, совершающего перелеты на эшелонах полета ниже 12 км, нормы радиационной безопасности устанавливаются как для категории «население» (1 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 5 мЗв в год). Выбор граничного значения высоты полета, равного 12 км, обусловлен тем, что естественный радиационный фон внешнего излучения на меньших высотах создает годовую эквивалентную дозу не более 0,5 сЗв при налете до 1000 ч за год [2].

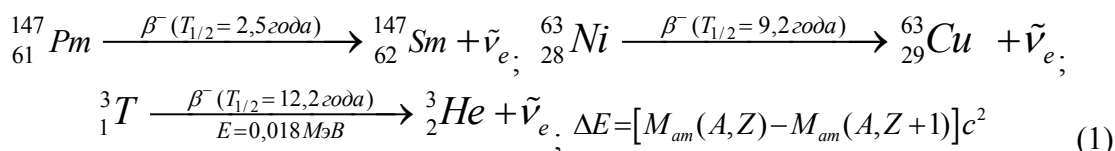
Кроме естественных источников ионизирующего излучения на работников авиационной отрасли (инженеры, техники, мастера, рабочие) воздействует радиация от установок, приборов, которые применяются в оборудовании воздушных судов. В таблице 1 представлены примеры и характеристика приборов, являющихся источниками ионизирующего излучения, которые применяются в оборудовании воздушных судов

Источниками ионизирующего излучения в агрегатах зажигания являются разрядники Р-22 или Р-26. В приборах 1-го поколения использовались источник излучения БИП-10 с радионуклидом прометий-147 (разрядник Р-22) и НИ-5 с радионуклидом никель-63 (разрядник Р-26), а в приборах 2-го поколения – газообразный тритий. Данные радионуклиды являются β -излучателями [3]. При этом β -распад происходит по следующей схеме ($\tilde{\nu}_e$ – электронное антинейтрино, ΔE – дефект массы):

Таблица 1 – Характеристика источников ионизирующих излучений, применяемых в оборудовании воздушных судов

Наименование источника ионизирующих излучений (изделия, прибора)	Изотоп	Вид излучения	МЭД*, мкЗв/ч на расстоянии		Активность, Бк
			0,1 м	1 м	
Источник БИС 4АН радиоизотопного индикатора обледенения (РИО-3)	Стронций-90 + Итрий-90	Бета, гамма	$10 \cdot 10^5$	$0,3 \cdot 10^5$	$9,3 \cdot 10^8$ Бк
Бета-разрядник Р-22 агрегата зажигания авиадвигателей (СКНА 22-2А)	Прометий-147	Бета, гамма	На уровне фона		$7,3 \cdot 10^5$
Бета-разрядник Р-22 агрегата зажигания авиадвигателей (СКНА 22-05А)	Никель-63	Бета, гамма	На уровне фона		$1,85 \cdot 10^6$
Разрядник Р-26 агрегата зажигания	Прометий-147	Бета, гамма	На уровне фона		$7,3 \cdot 10^5$

*МЭД – мощность эквивалентной дозы, мкЗв/ч.



Некоторые характеристики излучателей приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные характеристики радиоизотопов, применяемых в авиации

Изотоп	Энергия β излучения, кэВ	Вероятность распада за 1 с, 10^{-9}	Скорость частиц, ν/c	Число ядер в 1 мг, 10^{18}	Выделяемая мощность, 10^{15} эВ/с	Ток утечки, нА
${}_{61}^{147}\text{Pm}$	223,6	8,772	0,7179	4,1	8,02	5,75
${}_{28}^{63}\text{Ni}$	66,1	2,384	0,4641	9,55	5,04	3,64
${}_1^3\text{T}$	17,7	1,797	0,2562	200	6,36	57,5

Таким образом, смена поколений источников излучения идет в направлении снижения энергии β -излучения.

Каждый разрядник, а в агрегатах зажигания смонтировано по два прибора, помещен в амортизатор (плотно закрытую коробку из резины или прессматериала) и установлен в герметичный металлический корпус, что обеспечивает радиационную защиту.

Работники аэропортов подвергаются действию ионизирующего излучения в ходе эксплуатации технических средств досмотра пассажиров, ручной клади, багажа и прочих грузов. В аэропортах используются стационарные рентгеновские установки для персонального обследования пассажиров, рентгенотелевизионные интроскопы контроля ручной клади, багажа, почты и груза и переносные рентгенотелевизионные интроскопы, которые предназначены для идентификации неопознанных объектов на борту воздушного судна и в контролируемой зоне без вскрытия и смещения объекта исследования.

Все оборудование должно удовлетворять требованиям радиационной безопасности [4]. Устройство не должно создавать угрозу безопасности и здоровью пассажиров и

персонала в процессе монтажа, наладки, эксплуатации, обслуживания и ремонта при условии соблюдения правил техники безопасности. Политика ИКАО в области применения радиоизотопов в авиации направлена на минимизацию их использования.

Работники, задействованные при эксплуатации приборов, установок и другого оборудования, являющегося источниками ионизирующего излучения, относятся к категории «персонал». Согласно СанПиН «Требования к радиационной безопасности» [5] для данной категории лиц установлены пределы доз облучения 20 мЗв в год в среднем за любые последовательные 5 лет, но не более 50 мЗв в год.

В республике Беларусь в рамках Единой государственной системы контроля и учета индивидуальных доз облучения населения функционирует Государственный дозиметрический регистр, задачей которого является ведение банков данных по индивидуальным и коллективным дозам облучения граждан от всех источников.

Согласно данным Государственного дозиметрического регистра средние годовые индивидуальные поглощенные дозы внешнего облучения (СПД) работников авиационной отрасли были неоднородны в различные годы, но статистически значимо не превышали предельно допустимые как для персонала (20 мЗв в год), так и для населения (1 мЗв в год) (таблица 3). Незначительное статистически значимое увеличение СПД отмечается у работников ОАО «Оршанский авиаремонтный завод» ($1,4 \pm 0,23$) и РУП «Белаэронавигация» ($1,08 \pm 0,06$), которые превышали предельно-допустимые дозы в 2020 г. для населения, но не для персонала. Следует отметить что максимальная величина СПД отмечалась у инспекторов РУП «Белаэронавигация» в 2020 г. и техников ОАО «558 Авиационный ремонтный завод» в 2018 г., составляя 2,43 и 2,42 мЗв, соответственно, что было в 10 раз ниже предельно допустимой дозы для данной профессиональной группы.

Таблица 3 – Распределение среднегодовых индивидуальных поглощенных доз внешнего облучения (СПД) работников авиационной отрасли $\pm t \cdot SE$ (где t – критерий Стьюдента, SE – стандартная (среднеквадратичная) погрешность

Отрасль	СПД $\pm t \cdot SE$					общий итог
	2016	2017	2018	2019	2020	
ОАО «558 Авиационный ремонтный завод»	$0,79 \pm 0,11$	$0,49 \pm 0,16$	$0,87 \pm 0,39$	$0,63 \pm 0,07$	$0,83 \pm 0,07$	$0,73 \pm 0,66$
ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407»	$0,5 \pm 0,34$	$0,46 \pm 0,17$	–	–	$0,53 \pm 0,06$	$0,5 \pm 0,34$
ОАО «Оршанский авиаремонтный завод»	$0,48 \pm 0,2$	$0,59 \pm 0,12$	$1 \pm 0,2$	$1,02 \pm 0,16$	$1,4 \pm 0,23$	$0,83 \pm 0,8$
РУП «Белаэронавигация»	$0,72 \pm 0,05$	$0,92 \pm 0,06$	$1,07 \pm 0,06$	$1,1 \pm 0,08$	$1,08 \pm 0,06$	$1,0 \pm 0,61$
РУП «Национальный аэропорт Минск»	–	$0,55 \pm 0,03$	$0,9 \pm 0,19$	–	–	$0,56 \pm 0,42$
РУП «Национальный аэропорт Минск» САБиР	$0,76 \pm 0,03$	–	–	–	–	$0,76 \pm 0,5$
РУП «Национальный аэропорт Минск» ТЛЦ	$0,82 \pm 0,11$	–	–	–	–	$0,82 \pm 0,48$
Общий итог	$0,75 \pm 0,03$	$0,64 \pm 0,03$	$1,04 \pm 0,07$	$1,03 \pm 0,07$	$1,03 \pm 0,06$	$0,8 \pm 0,65$

Выводы. Технический персонал, занятый в различных сферах авиационной отрасли постоянно контактирует с источниками ионизирующего излучения. В Республике Беларусь налажен постоянный мониторинг доз поглощенных персоналом на основании прямых измерений. Результаты мониторинга показывают, что СПД не превышают предельно допустимые значения не только для персонала, но и для населения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Уровни облучения экипажей и пассажиров воздушных судов при полетах в полярных районах / Ю. И. Баранников [и др.] // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 1994. – Т. 28, № 4. – С. 44–47.
2. Шибанов, Г. П. Авиационные инциденты и окружающая среда / Г. П. Шибанов. – М. : ИД академии Жуковского, 2017. – 280 с.
3. Афанасьев, Р. В. Радиационная безопасность при эксплуатации радионуклидных источников агрегатов зажигания газотурбинных авиационных двигателей / Р. В. Афанасьев, В. Г. Зуев // Актуальные вопросы исследований в авионике: теория, обслуживание, разработки [текст] : сб. науч. ст. по материалам докл. II Всероссийской НПК «АВИАТОР», 11–13 февраля 2015 г. : в 2-х т. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – Т. 1. – С. 3–5.
4. О радиационной безопасности : Закон Республики Беларусь, 198-З от 18.06.2019 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://pravo.by/upload/docs/op/H11900198_1561496400.pdf. – Дата доступа: 21.10.2021.
5. Требования к радиационной безопасности : пост Минздрава, 28.12.2012, 213 СанНиП [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://radbez.bsmu.by/library/san_pin_2012.pdf. – Дата доступа: 21.10.2021.

УДК 629.7.08

А.М. Гареев, А.Б. Прокофьев, Ю.П. Рыжкова

*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва*

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПО ДИНАМИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ

Анализ направлений развития современных технических комплексов (ТК) показывает, что конструкция агрегатов постоянно усложняется, а сами гидравлические системы (ГС) становятся многокомпонентными с применением электронных модулей, что в свою очередь делают задачу обеспечения надежности систем более актуальной. Для решения указанной задачи необходим комплексный подход, учитывающий обеспечение высокого уровня надежности агрегатов ГС на протяжении всех этапов жизненного цикла ТК [1, 2].

В докладе предложен подход к диагностированию ГС, основанный на анализе динамических характеристик ГС и фазовых портретов гидромеханических агрегатов при их исправном и неисправном состояниях. В качестве примера рассмотрена динамическая модель простой ГС, состоящей из типовых компонентов.

Каждая группа агрегатов характеризуется своим набором параметров: гидравлический бак – объемом жидкости, давлением наддува (V , $P_{над}$ соответственно); рабочая жидкость – количеством механических примесей, вязкостью, плотностью, кислотностью, температурой ($n_{прим}$, ν , ρ , k , t° соответственно) [3]; насосные агрегаты – расходом и давлением жидкости, частотой вращения привода, КПД (Q , P , n , η соответственно), током, напряжением в случае применения электрического привода и его внутренним силовым импедансом (U_n , I_n , Z_n соответственно); вспомогательные агрегаты – толщиной фильтрации жидкости, площадями проходных сечений, временем открытия/перекрытия клапанов/кранов и давлением срабатывания клапанов (T , s , $t_{сраб}$, $P_{сраб}$ соответственно); потребители – силой и перемещением выходного штока гидравлического цилиндра, временем перемещения выходного штока (F , x , $t_{п}$ соответственно), силой противодействия нагрузки и его силовым импедансом (F_n , Z_n

соответственно); блок управления – напряжением и силой тока (U_y, I_y соответственно), подаваемым на электрогидравлические распределители.

Выбираем те из них, которые оказывают на него существенное влияние и только их учитываем при формировании диагностических признаков ГС [4, 5]. С учетом изложенного для упрощенной ГС можно представить следующее выражение:

$$\{Q, P, \eta, F, x, t_{сраб}, n_{прим}, v\} \subseteq S, \quad (1)$$

где S – состояние ГС.

Для моделирования в качестве исходных данных были приняты параметры:

- производительность насоса – 31 л/мин;
- частота вращения вала насоса – 2500 об/мин;
- диапазон рабочего давления в гидроприводе – 8 – 11 МПа;
- статическая нагрузка на шток гидравлического привода – 3 МН;
- площадь проходного сечения распределителя – 50 мм².

Структурная схема данной ГС, реализованная в среде MATLAB/SIMulink, с использованием готовых блоков из пакета SimHydraulic, представлена на рисунке 1.

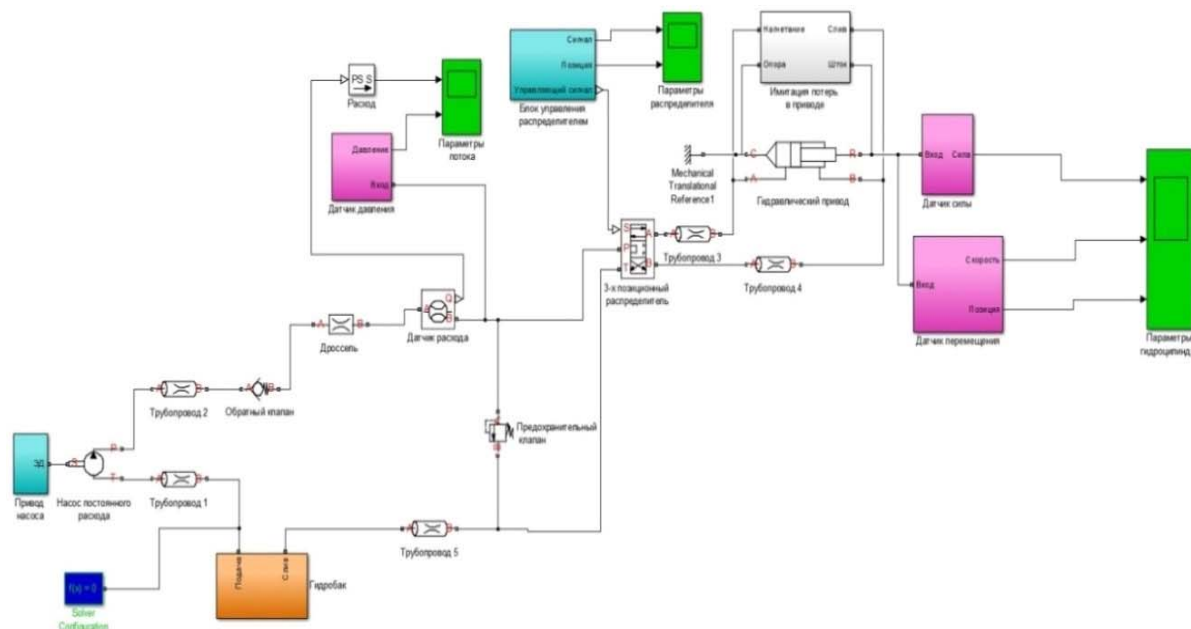


Рисунок 1 – Динамическая модель исследуемой ГС в среде MATLAB/SIMulink

Далее, путем настройки параметров блоков динамической модели искусственно были введены неисправности, связанные с механической частью системы и изменением параметров рабочей жидкости: внутренние утечки в насосе, неисправность блока управления трех позиционного распределителя, повышенная концентрация загрязнений в рабочей жидкости (облитерация дроссельной щели), ухудшение вязкости и плотности рабочей жидкости, неисправность предохранительного клапана.

На рисунке 2 изображены фазовые портреты (ФП) гидравлического привода при исправном состоянии ГС и при различных неисправностях в виде графиков $V = f(x)$.

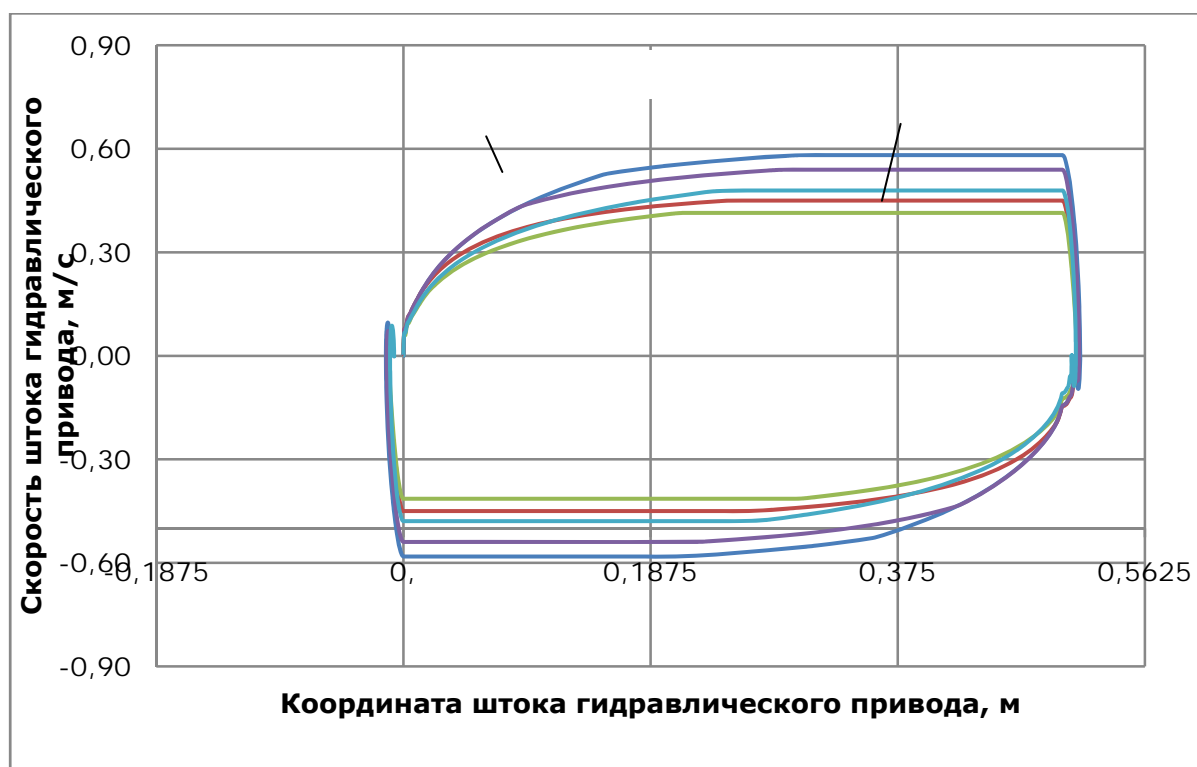


Рисунок 2 – Фазовые портреты гидравлического привода:

а – исправная ГС; б – внутренние утечки в насосе; в – неисправность блока управления распределителем; г – засорение механическими примесями (облитерация дроссельной щели); д – перегрев рабочей жидкости; е – неисправность предохранительного клапана

В ходе математического моделирования установлено, что появление неисправностей в ГС приводит к изменению выходных параметров гидравлического привода, что подтверждается изменением его ФП. Для количественной оценки изменения ФП предлагается использовать вычисление разницы между площадями фигур, ограниченных соответствующими графиками и осями координат. ФП можно представить в виде многоугольника, площадь которого рассчитывается по формуле Гаусса:

$$S = \frac{1}{2} \left[\sum_{i=1}^{n-1} x_i y_{i+1} + x_n y_1 - \sum_{i=1}^{n-1} x_{i+1} y_i - x_1 y_n \right], \quad (2)$$

где S – площадь многоугольника, n – количество сторон многоугольника, $(x_i; y_i)$, $i=1,2,\dots,n$ – координаты вершин многоугольника.

В результате моделирования показано, что отказы и неисправности вносят изменения в ФП гидромеханических агрегатов, что делает возможным применение предложенного подхода в качестве основы для диагностирования технического состояния ГС в рамках технологий предупреждающего обслуживания.

Полученные результаты подтверждают возможность применения ФП для создания интегральной системы контроля и диагностики ГС, сочетающей в себе алгоритмы принятия решений, базирующейся на динамических моделях изменения состояния агрегатов ГС во времени и анализе их ФП, которые будут реализовываться на современных самообучающихся программно-вычислительных комплексах с нейросетевой платформой [6].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Управляющее резюме «WorldRobotics 2014. Промышленные роботы. Сервисные роботы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.diag.uniroma1.it~deluca/rob1_en/2014_WorldRobotics_ExecSummary.pdf. – Дата доступа: 25.02.2020.
2. Гареев, А. М. Разработка и исследование упрещающих технологий обслуживания гидравлических систем на базе встроенного контроля чистоты рабочей жидкости [Текст] : дис. ... канд. техн. наук : 05.07.07 / А. М. Гареев. – Самара : Самарский государственный аэрокосмический университета имени академика С. П. Королева, 2008. – 166 л.
3. Логвинов, Л. М. Техническая диагностика жидкостных систем технологического оборудования по параметрам рабочей жидкости [Текст] / Л. М. Логвинов. – М. : ЦНТИ «Поиск», 1992. – 91 с.
4. Харазов, А. М. Технологическая диагностика гидроприводов машин [Текст] / А. М. Харазов. – М. : Машиностроение, 1979. – 112 с.
5. Шахматов, Е. В. Динамика и прочность трубопроводных систем с пульсирующим потоком жидкости [Текст] / Е. В. Шахматов, А. Б. Прокофьев, Т. Б. Миронова. – М. : Машиностроение, 2014. – 165 с.
6. Gareev, A. M. Machine-learning algorithms for helicopter hydraulic faults detection: Model based research [Text] / A. M. Gareev [et al.] // Journal of Physics: Conference Series. – 2019. – Т. 1368. – P. 235–240.

УДК 533.6

Л.И. Гречихин

Белорусская государственная академия авиации

ВЗРЫВ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ПРИ ВХОЖДЕНИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ И МЕТЕОРОВ В ПЛОТНЫЕ СЛОИ ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ

Проведен анализ сверхзвукового обтекания шара радиусом 1 м на высотах полета $80 \div 40$ км. Траектория спуска при первой космической скорости использовалась та, которая соответствует аппарату «Союз» без теплозащиты с дюралюминиевой конструкцией. Для газа между фронтом ударной волны и поверхностью спускаемого аппарата получены данные по увеличению плотности, давления и температуры за фронтом ударной волны, а также отхода ударной волны от поверхности спускаемого аппарата. Эффективная температура ударно нагретого газа достигает своего максимального значения 7340 К на высоте 60 км. На высотах полета 80 и 40 км эффективная температура составляет соответственно 7000 К и 6400 К. На основании полученных данных о термодинамическом состоянии газа за ударной волной через каждые 10 км произведены расчеты потоков энергии на поверхность летательного аппарата при конвективном и лучистом теплообмене, а также при ударном воздействии электронами, которые получены при ионизации отрицательных ионов. Лучистый теплообмен оказался наиболее существенным.

Установлен механизм горения отрицательных ионов трехатомных молекул алюминия с образованием молекул AlO . Это приводит к увеличению давления в пограничном слое у поверхности летательного аппарата. На всех рассмотренных высотах полета давление повышается мгновенно до значения на высоте 80 км $1.06 \cdot 10^{10}$ Па, на высоте 60 км $5.3 \cdot 10^9$ Па и на высоте 40 км достигает максимального значения $5.5 \cdot 10^{10}$ Па. Давления $10^9 \div 10^{10}$ Па возникают при подрыве разных взрывчатых веществ. Поток энергии на поверхность спускаемого аппарата поступает между взрывами. В момент взрыва у поверхности спускаемого аппарата возникают ударные волны в окружающей атмосфере и волны сжатия по всей конструкции летательного аппарата. Спускаемый аппарат растрескивается, и вся конструкция аппарата распадается на отдельные части. Резко возрастает площадь взаимодействия, и каждый последовательный взрыв возрастает

по своей мощности и соответственно в размерах. В результате последний самый мощный взрыв реализуется на высоте ~ 40 км, после которого на Землю падают отдельные обломки летательного аппарата. Все это хорошо было видно при спуске долговременной орбитальной станции «МИР-1».

При вхождении спускаемых аппаратов и метеоров со второй и более космической скоростью температура ударно сжатого газа достигает 15000 К. При таких температурах мощность каждого взрыва возрастает на порядок и более. На Землю будут падать обломки малых размеров и даже в виде отдельных пылинок, что и произошло в Челябинске при вхождении метеора. По теоретическим оценкам для метеора, упавшего в Челябинске, должно было произойти последовательно три взрыва. Третий взрыв должен произойти самый мощный. Так и произошло. После третьего взрыва объект распадается на мелкие куски, которые продолжают движение со сверхзвуковой скоростью. Взрывы пограничного слоя продолжают в разных местах и в разное время, что должно сопровождаться эффектом «шипения». Такое «шипение» очевидцы падения Тунгусского метеора отмечали.

Следовательно, освоение космического пространства с полетом на другие планеты возможно только при тщательном изучении взрывных процессов у поверхности спускаемого аппарата, как на других планетах, так и особенно при спусках на планету Земля. Вхождение Тунгусского метеорита хорошее нам предупреждение.

Все инсинуации по поводу Тунгусского метеорита возникают от непонимания того, что в Мире происходит.

УДК 629.113.073

Ю.А. Гурвич, А.Ю. Демко, О.С. Порожнюк

Белорусская государственная академия авиации

ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА В КИНЕМАТИКЕ СЛОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ

Цель работы – разработка методики решения задач многокритериального выбора в кинематике сложного движения точки.

В любой области деятельности человек сталкивается с проблемами идентификации и выбора.

Выбор – разрешение неопределенности в деятельности человека в условиях множества альтернатив.

Критерий – это отличительный признак, на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо.

Сформулируем и приведем решение новых задач идентификации в кинематике сложного движения точки (КСДТ), взяв за основу теорему Кориолиса и следующие понятия: абсолютное, переносное и относительное движение точки, абсолютная скорость, абсолютное ускорение точки и их составляющие.

Абсолютное движение – движение точки относительно неподвижной системы координат (базовой системы координат). Относительное движение – движение точки относительно подвижной системы координат. Переносное движение – движение подвижной системы координат относительно базовой системы координат.

В работе рассматриваются только два простейших вида переносного движения: поступательное прямолинейное (введено нами для простоты изложения) и вращательное.

При решении задач используется теорема Кориолиса, математическая запись которой имеет вид:

$$\overline{a} = \overline{a}_r^\tau + \overline{a}_r^n + \overline{a}_e^\tau + \overline{a}_e^n + \overline{a}_k, \quad (1)$$

где $\overline{a_r^\tau}$ – относительное тангенциальное ускорение точки, $\overline{a_r^n}$ – относительное нормальное ускорение точки, $\overline{a_e^\tau}$ – переносное тангенциальное ускорение точки, $\overline{a_e^n}$ – переносное нормальное ускорение точки, $\overline{a_k}$ – ускорение Кориолиса.

Слагаемые абсолютного ускорения определяются из законов относительного и переносного движений. Из всего многообразия законов относительного и переносного движений в дальнейшем будут использованы только простейшие, имеющие вид:

$$S_r = B_1 t^n, \tag{3}$$

$$S_e = B_2 t^m,$$

$$(4)$$

$$\varphi_e = B_3 t^m, \tag{5}$$

где S_r – закон относительного прямолинейного или криволинейного движения, S_e – закон переносного поступательного прямолинейного движения, φ_e – закон переносного вращательного движения, B_1, B_2, B_3 – постоянные положительные коэффициенты, n и m – целые числа, $t > 0$.

Задача № 1. Выберите слагаемые абсолютного ускорения точки, совершающей сложное движение $(\overline{a_r^\tau}, \overline{a_r^n}, \overline{a_e^\tau}, \overline{a_e^n}, \overline{a_k})$, соответствующие заданным критериям (характеристикам простых движений), приведенным в таблице 1 [1].

Таблица 1 – Критерии выбора, характеристики простых движений

Критерии			
виды движений	законы движений	показатели степени	угол $\hat{\alpha} = (\overline{\omega_e}, \overline{V_r})$
r – прямолинейное e – вращательное	$S_r = B_1 t^n$ $\varphi_e = B_3 t^m$	$n = 1$ $m = 1$	$\alpha \neq k\pi,$ $k=0;1.$

Решение. Проанализируем данные таблицы 1:

1. Относительное движение прямолинейное, то есть $\overline{a_r^n} = 0$;
2. Поскольку $n = 1$, $\overline{a_r^\tau} = 0$;
3. Переносное движение – вращательное и $m = 1$, следовательно $\overline{a_e^\tau} = 0$, $\overline{a_e^n} \neq 0$;
4. Угол $\alpha \neq k\pi$ $k=0;1$, то есть $\overline{a_k} \neq 0$.
5. В результате анализа пунктов 1-4 выберем следующие слагаемые точки $\overline{a_e^n}, \overline{a_k}$.

Тогда формула полного ускорения имеет вид:

$$\overline{a} = \overline{a_e^n} + \overline{a_k}.$$

Задача № 2. Выберите слагаемые абсолютного ускорения точки, совершающей сложное движение $(\overline{a_r^\tau}, \overline{a_r^n}, \overline{a_e^\tau}, \overline{a_e^n}, \overline{a_k})$, соответствующие заданным критериям (характеристикам простых движений), приведенным в таблице 2.

Таблица 2 – Критерии выбора, характеристики простых движений

Критерии			
виды движений	законы движений	показатели степени	угол $\hat{\alpha} = (\overline{\omega}_e, \overline{V}_r)$
r – прямолинейное e – вращательное	$S_r = B_1 t^n$ $\varphi_e = B_3 t^m$	$n = 2$ $m = 1$	$\alpha \neq k\pi, k=0;1.$

Решение. Проанализируем данные таблицы 2:

1. Относительное движение прямолинейное, то есть $\overline{a}_r^n = 0$;
2. Поскольку $n = 2$, $\overline{a}_r^\tau \neq 0$;
3. Переносное движение – вращательное и $m = 1$, следовательно $\overline{a}_e^\tau = 0$, $\overline{a}_e^n \neq 0$;
4. Угол $\alpha \neq k\pi, k=0;1$, то есть $\overline{a}_k \neq 0$.
5. В результате анализа пунктов 1-4 выберем следующие слагаемые точки $\overline{a}_r^\tau, \overline{a}_e^n, \overline{a}_k$

В итоге формула полного ускорения точки – $a = \overline{a}_r^\tau + \overline{a}_e^n + \overline{a}_k$.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Задачи выбора в кинематике сложного движения точки / А. Ю. Демко [и др.] // Aplikované vědecké novinky – 2021 : materiály XVIII Mezinárodní vědecko – praktická konference, Praha, 22–30 červnců 2021. – Praha : Publishing House «Education and Science», 2021. – V. 2. – P. 118–120.

УДК 629.113.073

Ю.А. Гурвич, А.Ю. Демко, О.С. Порожнюк

Белорусская государственная академия авиации

МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СТАТИКИ СОСТАВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Для ускорения разработки и постановки на производство новых поколений высокоэффективных машин на колесном ходу, конструкторы стали успешно применять различные по сложности и объему расчетно-методические аппараты (РМА), которые с помощью ЭВМ еще на стадии проектирования помогают создавать машины с заранее заданными выходными характеристиками, соответствующими предъявляемым требованиям. Отметим, что РМА представляет собой совокупность специальных методов, алгоритмов и программ выбора параметров машин на стадии проектирования, удовлетворяющий сразу нескольким критериям, причем во всем скоростном диапазоне движения этих машин. Например, в курсах теоретической механики, читаемых курсантам различных технических специальностей и также в рекомендуемой им литературе, отсутствует изложение методик применения РМА и многокритериальной идентификации и выбора при решении задач статики составных конструкций. Следовательно, произошел разрыв между знаниями студентов, полученными в процессе обучения в вузе и теми знаниями, которые необходимы им на практике.

Цель работы. Описать методику многокритериального выбора для решения задач статики составных конструкций.





При решении задач выбора статических составных конструкций используются критерии: CT ; количество тел, соединенных шарнирами, входящих в исследуемую конструкцию; количество опор; вид опор; вид плоской системы сил (одной из трех: плоская система сходящихся сил, плоская система параллельных сил, плоская произвольная система сил); работоспособность конструкции (движущаяся конструкция неработоспособная). Отметим, что в работе рассматривается плоская произвольная система сил, которая отображена векторами сил P и Q , расположенных под углом на чертежах [1].

Введем решающий критерий CT – степень статической определенности-неопределенности:

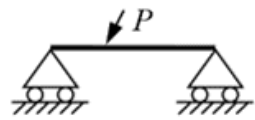
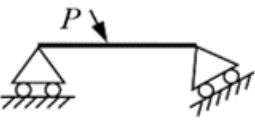
$$CT = H - \sum_{i=1}^n Yi, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где CT – целые числа; H – суммарное количество неизвестных составляющих реакций опор и шарниров составной конструкции; Y – количество линейно независимых уравнений равновесия, присущих каждой из шести систем сил; i – количество тел, входящих в составную конструкцию.

Вид опор: 

1.  – жесткая заделка.
2.  – шарнирно-неподвижная опора.
3.  – шарнирно-подвижная опора.
4.  – скользящая заделка.


Работоспособность конструкции:

- a. Неработоспособная конструкция 
- b. Работоспособная конструкция 

Задача № 1. Из предложенных критериев выберите те, которые соответствуют схеме составной конструкции (рис. 1) [1].

Критерии:

1. Вид системы сил: плоская система сходящихся сил; плоская произвольная система сил; плоская система параллельных сил.
2. Дан набор CT : -2; -1; 0; 1; 2.
3. Количество тел: 1; 2; 3; 4.

4. Вид опор, их сочетания и количество 
5. Работоспособность конструкции: работоспособная конструкция; неработоспособная конструкция.

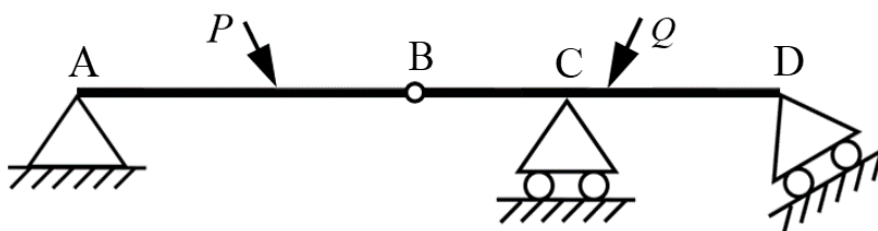


Рисунок 1 – Схема составной конструкции

Решение. Проанализируем конструкцию.

1. Вид системы сил данной конструкции: плоская произвольная система сил, что отображено силами P и Q .

2. $CT = 0$ по формуле (1), так как количество неизвестных реакций опор и шарниров равно шести ($X_A, Y_A, X_B, Y_B, R_C, R_D$) и количество линейно независимых уравнений равновесия для двух тел AB и BD равно также шести:

a. Для балки AB : $\sum X = 0, \sum Y = 0, \sum m_A = 0$.

b. Для балки BC : $\sum X = 0, \sum Y = 0, \sum m_C = 0$.

Формула перехода от балки AB к балке BC :

$$\begin{cases} \overline{X_B} = -\overline{X_B}, \\ \overline{Y_B} = -\overline{Y_B}. \end{cases}$$

3. Конструкция состоит из двух тел.

4. Конструкция содержит одну шарнирно-неподвижную опору и две шарнирно-подвижные опоры .

5. Конструкция работоспособная, так как она находится в равновесии.

Ответ. Конструкция удовлетворяет следующим критериям: вид системы сил – плоская произвольная система сил; критерий $CT = 0$; количество тел составной конструкции равно двум; вид опор и их количество – одна шарнирно-неподвижная опора и две шарнирно-подвижные опоры ; данная конструкция работоспособная.

Задача № 2. Из предложенных критериев выберите те, которые соответствуют схеме составной конструкции (рис. 2).

Критерии:

1. Вид системы сил: система сходящихся сил; плоская произвольная система сил; плоская система параллельных сил.

2. Дан набор CT : -2; -1; 0; 1; 2.

3. Количество тел: 1; 2; 3; 4.

4. Вид опор и их количество

5. Работоспособность конструкции: работоспособная конструкция; неработоспособная конструкция.

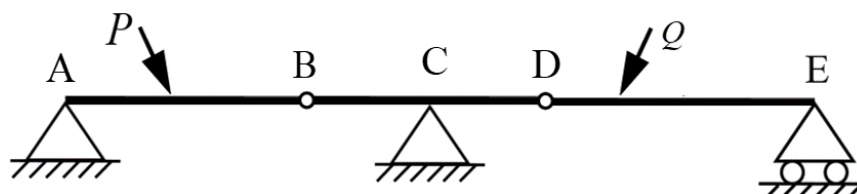






Рисунок 2 – Схема составной конструкции

Решение. Проанализируем конструкцию.

1. Вид системы сил: плоская произвольная система сил, что отображено силами P и Q .
2. $CT = 0$, так как количество неизвестных реакций опор и шарниров равно девяти ($X_A, Y_A, X_B, Y_B, X_C, Y_C, X_D, Y_D, R_E$) и количество линейно независимых уравнений равновесия для трех тел AB, BD и DE равно девяти.
3. Количество тел, входящих в конструкцию, равно трем.
4. Конструкция содержит две шарнирно-неподвижные опоры  и одну шарнирно-подвижную опору .

5. Конструкция работоспособная, так как находится в равновесии.

Ответ. Конструкция удовлетворяет следующим критериям: вид системы сил – плоская произвольная система сил; критерий $CT = 0$; количество тел составной конструкции равно трем; вид опор конструкции и их количество – две шарнирно-неподвижные опоры  и одна шарнирно-подвижная опора ; конструкция работоспособная, так как находится в равновесии.

Таким образом, в ходе работы была описана методика многокритериального выбора в статике составных конструкций, реализация которой в учебном процессе позволит сократить разрыв между современными методами проектирования машин и их узлов и знаниями обучающихся в курсе «Теоретическая механика» в разделе статика.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Порожнюк, О. С. Применение многокритериального выбора в статике составных конструкций / О. С. Порожнюк, А. Ю. Демко, Ю. А. Гурвич // Nauka: teoria i praktyka – 2021 : materiały XVII Międzynarodowej naukowo-praktycznej konferencji, Przemysł, 07–15 sierpnia 2021. – Przemysł, 2021. – Т. 2. – Р. 56–63.

УДК 629.113.073

Ю.А. Гурвич, А.Ю. Демко, О.С. Порожнюк

Белорусская государственная академия авиации

МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ СТАТИКИ СОСТАВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Для ускорения разработки и постановки на производство новых поколений высокоэффективных машин на колесном ходу, конструкторы стали успешно применять различные по сложности и объему расчетно-методические аппараты (РМА), представляющее собой совокупность специальных методов, алгоритмов и программ выбора параметров машин на стадии проектирования, удовлетворяющий сразу нескольким критериям, причем во всем скоростном диапазоне движения этих машин. Например, в курсах теоретической механики, читаемых курсантам различных технических специальностей и также в рекомендуемой им литературе, отсутствует изложение методик применения РМА и многокритериальной идентификации и выбора при решении задач статики составных конструкций. Следовательно, произошел разрыв между знаниями студентов, полученными в процессе обучения в вузе и теми знаниями, которые необходимы им на практике.

Цель работы. Описать методику многокритериальной идентификации для решения задач статики составных конструкций.

При решении задач идентификации статических составных конструкций используются критерии: CT ; количество тел, соединенных шарнирами, входящих в исследуемую конструкцию; количество опор; вид опор; вид плоской системы сил (одной





из трех: плоская система сходящихся сил, плоская система параллельных сил, плоская произвольная система сил); работоспособность конструкции (движущаяся конструкция неработоспособная). Отметим, что в работе рассматривается плоская произвольная система сил, которая отображена векторами сил P и Q , расположенных под углом на чертежах [1].

Введем решающий критерий CT – степень статической определимости-неопределимости:

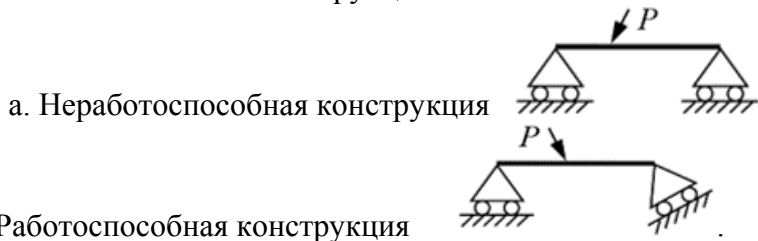
$$CT = H - \sum_{i=1}^n Yi, \quad i = \overline{1, n}, \quad (1)$$

где CT – целые числа; H – суммарное количество неизвестных составляющих реакций опор и шарниров составной конструкции; Y – количество линейно независимых уравнений равновесия, присущих каждой из шести систем сил; i – количество тел, входящих в составную конструкцию.



1.  – жесткая заделка.
2.  – шарнирно-неподвижная опора.
3.  – шарнирно-подвижная опора.
4.  – скользящая заделка.

Работоспособность конструкции:



Задача № 1. Идентифицируйте одну из четырех схем конструкций (рисунок 1) по пяти критериям, приведенным в таблице 1 [1].

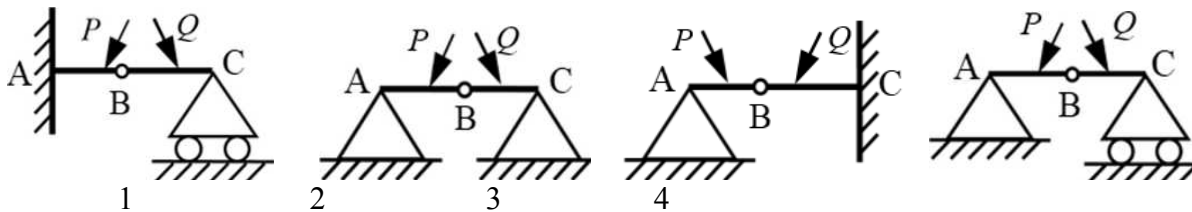


Рисунок 1 – Схемы составных конструкций

Таблица 1 – Критерии идентификации

СТ	Критерии			
	количество тел	количество опор	вид опор и их сочетания	работоспособность конструкции
0	2	2		Работоспособная конструкция

Решение. Проанализируем таблицу на соответствие ее какой-либо одной из четырех схем.

1. Вычислим критерий СТ для каждой из четырех конструкций:

1.1. $CT = 0$ по формуле (1) для первой конструкции, так как количество неизвестных реакций опор и шарниров равно шести ($X_A, Y_A, m_A, X_B, Y_B, R_C$) и количество линейно независимых уравнений равновесия для двух тел АВ и ВС равно тоже шести:

a. Для балки АВ: $\sum X = 0, \sum Y = 0, \sum m_A = 0.$

b. Для балки ВС: $\sum X = 0, \sum Y = 0, \sum m_C = 0.$

Формула перехода от балки АВ к балке ВС:

$$\begin{cases} \overline{X_B} = -\overline{X_B}, \\ \overline{Y_B} = -\overline{Y_B}. \end{cases}$$

1.2. $CT = 0$ для второй конструкции, так как количество неизвестных реакций опор и шарниров равно шести ($X_A, Y_A, X_B, Y_B, X_C, Y_C$), а количество линейно независимых уравнений равновесия для двух тел АВ и ВС равно тоже шести.

1.3. $CT = 1$ для третьей конструкции, так как количество неизвестных реакций опор и шарниров равно семи ($X_A, Y_A, X_B, Y_B, X_C, Y_C, m_C$), а количество линейно независимых уравнений равновесия для двух тел АВ и ВС равно шести.

1.4. $CT = -1$ для четвертой конструкции, так как количество неизвестных реакций опор и шарниров равно пяти (X_A, Y_A, X_B, Y_B, R_C), а количество линейно независимых уравнений равновесия для двух тел АВ и ВС равно шести.

Следовательно, критерию $CT = 0$ удовлетворяют только две схемы конструкций 1 и 2.

2. Все четыре схемы конструкций удовлетворяют критерию количество тел.

3. Критерию количество опор удовлетворяют все четыре схемы конструкций.

4. Критерию вид опор и их сочетания удовлетворяет только схема 2.

5. Все четыре конструкции работоспособны, так как находятся в равновесии.

Ответ. Всем пяти критериям соответствует только схема конструкции 2.

Задача № 4. Идентифицируйте один из 4 вариантов критериев таблицы 2 схеме составной конструкции (рис. 2) по следующим критериям: СТ; количество тел, соединенных шарнирами заданной конструкции; количество опор; вид опор и их сочетания; работоспособность конструкции.

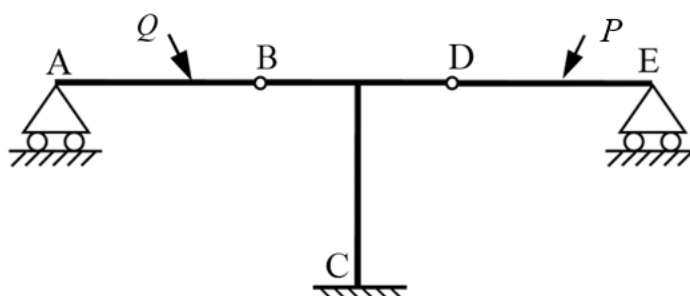






Рисунок 2 – Схема составной конструкции

Таблица 2 – Варианты критериев идентификации

№ варианта	Критерии				
	СТ	количество тел	количество опор	вид опор	работоспособность конструкции
а)	0	3	4		Работоспособная конструкция
б)	0	3	3		Работоспособная конструкция
в)	2	3	3		Работоспособная конструкция
г)	0	3	3		Работоспособная конструкция

Решение. Проанализируем схему конструкции.

1. Так как число независимых составляющих реакций опор и шарниров составной конструкции равно девяти ($R_A, X_B, Y_B, X_C, Y_C, m_C, X_D, Y_D, m_D, R_E$), а количество линейно независимых уравнений равновесия равно также девяти, следовательно. Вариант (в) данному критерию не соответствует.

2. Критерию количество тел удовлетворяют все четыре варианта.

3. Критерию количество опор вариант (а) не удовлетворяет.

4. Критерию вид опор и их сочетания соответствует только вариант (г).

5. Критерию работоспособность конструкции удовлетворяют все четыре варианта, так как рассматриваемая конструкция работоспособная (находится в равновесии).

Ответ. Схеме конструкции соответствует только вариант (г).

Таким образом, в ходе работы была описана методика многокритериальной идентификации в статике составных конструкций, реализация которой в учебном процессе позволит сократить разрыв между современными методами проектирования машин и их узлов и знаниями обучающихся в курсе «Теоретическая механика» в разделе статика.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Задачи многокритериальной идентификации в статике двух тел / О. С. Порожняк [и др.] // Динамиката на съвременната наука – 2021 : мат. XVII Междунар. научна практична конф., София, 17–25 юли 2021 г. – София, 2021. – V. 3. – С. 47–50.

УДК 623

М.М. Кадиров

*Высшее военное авиационное училище Республики Узбекистан***ТРЕНАЖЕРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В АРМИЯХ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН,
И ВНЕДРЕНИЕ ИХ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ**

В структуре боевой подготовки армий зарубежных стран возрастает подготовка личного состава с использованием тренажеров, заменяющих аналогичную военную технику. В первую очередь это связано с экономическими соображениями, а также с высокой эффективностью обучения, в ходе которого процесс обучения возможно повторяется много раз, что делает его наиболее безопасным, иногда эффективным в использовании. Ссылаясь на опыт зарубежных стран по применению военной техники, было доказано, что степень его отказов из-за ошибок персонала очень велика. Статистика использования военной техники за рубежом показывает, что общее количество отказов при пуске и испытаниях ракет в сухопутных войсках составляют 40 %, на флоте – более 60 %, а в авиации – 70 % из-за человеческого фактора. Широкое использование тренажеров в качестве модели при проектировании систем вооружения позволяет повысить эффективность создаваемого оружия, сократить временные и материальные затраты на его разработку и использование их в практике [1, 2].

В настоящее время в армиях ведущих стран мира наблюдается тенденция к использованию интегрированных тренажеров, в отличие от специализированных (индивидуальных) тренажеров, позволяющих проводить подготовку специалистов в составе экипажей (бригад), предназначенных для обучения стажеров определенным навыкам.

В зарубежных странах тактические тренажеры широко используются для обучения офицеров и в основном для отработки приемов боевого применения систем вооружения при решении различных тактических задач. На оперативно-тактических тренажерах командиры частей отрабатывают приемы управления силами и транспортными средствами в бою (операциях). Конструкция таких тренажеров очень сложна и требует больших производственных затрат, но, по мнению специалистов, эти затраты оправданы при использовании на практических занятиях.

Экономическая эффективность использования тренажеров и их преимущества по сравнению с другим учебным оборудованием определяют, что иностранные армии очень насыщены современными тренажерами, разработанными с учетом последних достижений науки и техники, что в конечном итоге приводит к повышению боевой готовности войск. Таким образом, по оценкам зарубежных военных специалистов, использование тренажеров только при обучении летного и инженерного состава снизит расход летных ресурсов самолета (вертолета), а также первоначальную подготовку самолетов (вертолетов) и специалистов ВВС на 25 %.

Отличительной особенностью современных тренажеров является наличие в них электронной вычислительной техники, что значительно расширяет возможности обучения и оценки приобретенных навыков. Специалисты утверждают, что даже специальные (индивидуальные) тренажеры оснащены сложными устройствами. Все это, по мнению специалистов, значительно повышает эффективность проводимых занятий по обучению данного вида военной техники.

Фирма «McDonald's Douglas» разработал симулятор URO на базе микрокомпьютера (Harpoon Rocket). Это позволяет моделировать пуск ракеты с подводной лодки в штатных и аварийных ситуациях, а также оценивать передвижения боевых расчетов.

Механические авиационные симуляторы существуют с 50-х годов, а в 70-х были, уже использованы аналоговые электронно-вычислительные машины. В следующих, при математическом моделировании использовались местные модели планшетов, созданные с

использованием черно-белых или трехцветных прозрачных пленок и телекамер с компьютерным управлением. Однако эта симуляция не соответствовала многим требованиям командования ВВС. В частности, тренажеры воздушной РЛС не позволяли создать для экипажа настоящую обстановку воздушного боя. Эти недостатки привели к переходу на тренажеры с цифровыми компьютерами в 1970-х годах, что позволило повторять погодные условия, близкие к реальным [3].

Разрабатываемые современные авиационные тренажеры оснащены несколькими компьютерами для обеспечения алгоритма работы симулятора и создания изображений, наблюдаемых пилотом. Им нужно имитировать, например, повторение условий полета в динамике, посадку на авианосец ночью, дозаправку в воздухе, применения авиационного вооружения, сложные метеорологические условия.

С их помощью отрабатываются следующие задачи: навигация, полеты на очень малых высотах, в условиях низкой освещенности, с использованием оружия.

В симулятор «Reflectone» можно внести более 200 неисправностей во время тренировки летного состава в воздушном бою. Каждому сигналу такой неисправности соответствует самооценка через ЭВМ. Например, такие как индикаторы, вызывающие воспроизведение вибрации, тряски и звука, которые могут сопровождать данный отказ в реальной обстановке. Кабины летательных аппаратов снабжены телевизионными экранами, на которых симулируется местность и летательные аппараты противника. При обучении использования авиационного вооружения, ЭВМ имитирует траекторию полета снаряда и ракет в зависимости от взаимного положения летательного аппарата и характеристик применяемого авиационного вооружения. Инструктор следит за ходом воздушного боя по ТВ-экрану, на который выводятся картина применения авиационного вооружения и траектории полетов летательного аппарата. При использовании тренажеров можно записывать выполнения данной работы. В развитии учебной материальной базы тренажеров, специалисты иностранных стран отмечают несколько мнений [4].

Одной из самых перспективных – это создание уникальных ЭВМ, обладающих большим быстродействием (сотни миллионов операций в секунду), а также оперативной и постоянной памятью. Например, американская корпорация «Elektronik Assoshieyted» разработала ЭВМ для тренажеров с быстродействием 200 млн. опер/с, которая может быть применена при модернизации оперативно-тактической обстановки в ходе крупных учений с привлечением различных родов войск.



Рисунок 1 – Тренажер разработанный фирмой «Elektronik Assoshieyted»

С вопросами, поднятыми в данной работе, напрямую связана проблема повышения безопасности полетов и эксплуатации авиационной техники, которая обусловлена человеческим фактором. В свою очередь, проблема повышения уровня квалификации летных и инженерных специалистов должна стать неотъемлемой частью общей философии улучшения безопасности полетов, поставленной во главу авиационной

индустрии в целом, и охватывающей все без исключения аспекты ее деятельности. Только такой подход может стать гарантией безопасности полетов, уменьшением предпосылок к авиационным происшествиям и катастрофам, а также сохранением авиационной техники и личного состава.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиационные тренажеры модульной архитектуры : монография / Э. В. Лапшин [и др.]. – Пенза : Информ.-издат. центр ПГУ, 2005 – 148 с.
2. Данилов, А. М. Модульная архитектура пилотажных авиационных тренажеров на базе ПЭВМ / А. М. Данилов, Э. В. Лапшин, В. Н. Шихалеев // Тренажеры и компьютеризация профессиональной подготовки : тр. III Всесоюз. науч.-техн. конф., Калининград, 1991. – Калининград, 1991. – С. 21–22.
3. Теория и практика имитационного моделирования и создания тренажеров / А. М. Данилов, Э. В. Лапшин // Приборы и системы управления. – 1989. – № 8. – С. 57–60.
4. Лапшин, Э. В. Проектирование авиационных тренажеров с распараллеливанием вычислительных процессов / Э. В. Лапшин, Б. К. Кемалов, Б. Ж. Куатов // Надежность и качество сложных систем. – 2016. – № 4 (16). – С. 128–141.

УДК 534.521

А.И. Кириленко, Т.Д. Кириленко, И.В. Рубанов

*Белорусская государственная академия авиации, Белорусский
государственный университет информатики и радиоэлектроники*

ПРОЦЕСС УСТАНОВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ В СРЕДЕ

Задачи на движение тел в среде с сопротивлением весьма разнообразны. При проведении лабораторной работы на определение коэффициента вязкости жидкости методом падающего шарика (при малых числах Рейнольдса), при расчетах сил сопротивления, действующих на тело при движении в среде [1, 2], а в последнее время и в задачах доставки грузов беспилотными летательными аппаратами посредством парашютирования и даже в задачах бомбометания [3] необходимо знать, в какой момент времени устанавливается постоянная скорость движения и какой путь пройден телом до этого момента. Таким образом, изучение процессов движения (падения) тел в средах с сопротивлением все еще не решенная до конца задача. Цель работы – изучить характер падения тел при наличии аэродинамической силы сопротивления и установить границы перехода движения с ускорением близким к ускорению свободного падения g к падению с практически постоянной скоростью. Итак, наше исследование прежде всего относится к падению тяжелого тела в воздухе.

На тело, движущееся в среде, действует сила тяжести, сила Архимеда и сила сопротивления среды, зависящая от скорости движения, геометрической формы, размеров и ориентации тела относительно вектора скорости \vec{v} . Уравнение движения при падении тела вниз запишется в виде:

$$m \frac{dv}{dt} = mg_0 - \rho_c g V_T - f(v); \quad (1)$$

где m – масса тела, ρ_c – плотность среды, V_T – объем тела, $f(v)$ – сила сопротивления.

Считем тело однородным, $m = \rho_T V_T$. Тогда $g_0 - \frac{\rho_c g V_T}{\rho_T V_T} = g_0 \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_T}\right)$, где ρ_T –

плотность тела. Уравнение (1) принимает вид:

$$\frac{dv}{dt} = g_0 \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_T}\right) - \frac{1}{m} f(v). \quad (2)$$

Часто полагают $f(v) = rv^2$, где r – коэффициент сопротивления. Введем обозначения $k = \frac{r}{m}$, $\alpha^2 = \frac{mg}{r} = \frac{g}{k}$. Тогда исходное уравнение может быть представлено в виде [4]

$$\frac{dv}{dt} = g - kv^2. \quad (3)$$

Уравнение (3) легко интегрируется. При начальном условии $v=0$ при $t=0$ получаем выражение для скорости падения

$$v = \alpha \frac{e^{2kat} - 1}{e^{2kat} + 1}. \quad (4)$$

Это соотношение верно до того момента времени, пока скорость не установится (ускорение не станет равным нулю). Установившаяся скорость на основании (3) будет равна $v = \alpha = \sqrt{\frac{mg}{r}}$. Из (4) следует, что она установится только при $t \rightarrow \infty$, и это свойство физических моделей такого рода.

Важная характеристика ускорение. На основании (4) имеем

$$\frac{dv}{dt} = 4k\alpha^2 \frac{e^{2kat}}{(e^{2kat} + 1)^2}. \quad (5)$$

При $t=0$ ускорение равно $k\alpha^2 = g$, как и следовало ожидать.

Реальные эксперименты демонстрируют наличие установившейся скорости падения тел как в жидкостях, так и в газах. Следовательно, для построения корректной модели сил сопротивления надо исследовать график $v(t)$. Расчет показывает, что во всех случаях он имеет Г-образную форму, в которой вместо излома – округление. Момент времени, соответствующий этому округлению графика $v(t)$, можно считать началом переходной области.

Для оценки момента установления скорости необходимо привлечь соображения, лежащие за пределами рассматриваемой модели. Они могут быть выбраны различными способами. Например, начиная с некоторого момента измерительный прибор не в состоянии зафиксировать изменение скорости, то есть не замечает ускоренного движения. Это означает, что начиная с некоторого момента времени t_{y1} тангенс угла наклона графика $v(t)$ становится меньше некоторой наперед заданной малой величины σ . Можно выбрать эту величину в n раз меньшей, чем ускорение в начале движения, которое можно считать установившимся.

Определение этого момента времени – первостепенное практически важная задача. В методе определения вязкости ГСМ падающим шариком принципиально важно отметить на колбе начало установившегося падения шарика. Итак, задача состоит в том, чтобы определить момент времени t_y , с которого начинается переходной процесс от ускоренного движения к условно установившемуся. Анализ кривых $v(t)$ показывает, что этот переход довольно быстрый.

Радиус кривизны функции $v(t)$ оказывается в некоторый момент времени малым (область излома). Этот момент и может считаться началом переходного процесса, в

котором ускоренное движение с ускорением меньше g переходит в практически равномерное. Радиус кривизны линии $\upsilon(t)$ находим из выражения

$$R = \frac{[1 + (\upsilon'_t)^2]^{3/2}}{\upsilon''_{tt}}, \quad \upsilon'_t = 4k\alpha^2 \frac{e^{2kat}}{(e^{2kat} + 1)^2}. \quad (6)$$

Последнее выражение задает зависимость ускорения от времени. При таких t , по крайней мере, при $t \ll \frac{1}{2} \sqrt{\frac{m}{gr}}$, ускорение практически постоянно и равно $k\alpha^2 = g$, что достаточно очевидно. При $t \rightarrow \infty$ ускорение стремится к нулю. Для дальнейшего исследования целесообразно ввести новую переменную $u = e^{2kat}$. Тогда

$$R = \frac{[(u+1)^4 + 16k^2\alpha^4 u^2]^{3/2}}{8k^2\alpha^3 u(u^2 - 2)}. \quad (7)$$

И момент времени, подозрительный на минимум радиуса кривизны графика, найдем из условия $R'_u = 0$. После преобразований получаем уравнение для нахождения u :

$$(6(u+1)^3 + 32k^2\alpha^4 u)(u^3 - u) = ((u+1)^4 + 16k^2\alpha^4 u^2)(3u^2 - 1). \quad (8)$$

Здесь целесообразна еще одна замена $z = 16k^2\alpha^4$. После чего (8) принимает вид

$$3u^6 + 6u^5 - (z+5)u^4 - 20u^3 - (15+z)u^2 - 2u + 1 = 0. \quad (9)$$

Уравнение шестой степени решаем численно в пакете Wolfram Mathematica. Для этого зададим конкретные значения коэффициентов. Расчеты проводились для шаров фиксированного радиуса и различной массы. Плотность воздуха и аэродинамический коэффициент сопротивления $c_x = 0,47$ для всех тел одинаков. Сила сопротивления бралась в виде $F_c = c_x \frac{\rho v^2}{2} S$. Уравнение (9) имеет только одно действительное положительное решение для всех рассмотренных нами случаев, что и позволяет найти искомое t_y , конечно, разное для разных объектов.

Для ряда экспериментов значение имеет перемещение x_y тела до момента установления скорости, и если за начало установления взять найденное t_y , то конец переходного процесса придется на момент t_{y1} . Оценку расстояний можно произвести, интегрируя (4) в различных пределах:

$$\int_0^{x_y} dx = \alpha \int_0^{t_y} \frac{e^{2kat} - 1}{e^{2kat} + 1} dt, \quad x_y = \frac{1}{2k} \ln \frac{(e^{2kat_y} + 1)^2}{4e^{2kat_y}}.$$

Эта оценка является минимальной. Более того, она не может считаться началом установившегося падения, поскольку относится к началу быстрого изменения ускорения

движения, то есть к началу переходного процесса от ускоренного движения к более равномерному. Таким образом, необходимо оценить верхнюю границу длительности этого переходного процесса. Это можно сделать не единственным образом.

Если величина σ задана, то для определения момента времени t_{y1} , начиная с которого переходной процесс завершится и движение можно считать равномерным, имеем неравенство

$$4k\alpha^2 e^{2kat} < \sigma(e^{2kat} + 1)^2.$$

Через переменную u получаем

$$u_{y1} > \frac{1}{2\sigma} [2(\sigma - 4k\alpha^2) + \sqrt{D}],$$

где $D = 4(\sigma - 2k\alpha^2)^2 - 4\sigma^2 > 0$ – дискриминант. Таким образом

$$t_{y1} = \frac{\ln u_{y1}}{2k\alpha}.$$

Таким образом, определенные величины t_y и t_{y1} задают начало и окончание переходного процесса от ускоренного движения к равномерному.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биглер, В. И. Физика : лабораторный практикум / В. И. Биглер, А. И. Сопин, Н. М. Соколова. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 2001. – Ч. 1. – 29 с.
2. Федута, А. А. Теоретическая механика и математические методы / А. А. Федута, А. В. Чигарев, Ю. В. Чигарев. – Минск : УП «Технопринт», 2000. – 502 с.
3. Испулов, А. А. Кубическая сплайн-интерполяция индивидуальных законов сопротивления авиационных бомб / А. А. Испулов, Д. А. Битюков, И. А. Якушев // Авиация: история, современность, перспективы развития : сб. матер. V Междунар. конф., Минск, 22.10.2020 г. / БГАА ; под ред. А. А. Шегидевича. – Минск, 2020. – С. 157–158.
4. Пономарев, К. К. Составление дифференциальных уравнений / К. К. Пономарев. – Минск : Высшая школа, 1973. – 560 с.

УДК 621.891

А.И. Кириленко, Д.О. Шпилевский, А.С. Межинская

Белорусская государственная академия авиации

ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИИ НА УГОЛ СКАТЫВАНИЯ С КОНВЕЙЕРА

Погрузочно-разгрузочные работы с применением аппарелей, сортировка грузов при перемещении посредством конвейера достаточно энергозатратны, поскольку сопровождаются трением. Коэффициент полезного действия (КПД) наклонной плоскости, по которой поднимают груз, зависит от коэффициента трения. Его можно определить следующим образом:

$$\eta = \frac{A_{\text{пол}}}{A_{\text{зат}}} = \frac{\sin \alpha}{\mu \cos \alpha + \sin \alpha} = \frac{1}{\mu \operatorname{ctg} \alpha + 1},$$

где $A_{\text{пол}}$ – полезная работа по подъему груза, Дж; $A_{\text{зат}}$ – затраченная работа, в том числе и по преодолению сил трения, Дж; α – угол наклона плоскости к горизонту, рад; μ – коэффициент трения, безразмерная величина. Для увеличения КПД снижают

коэффициент трения с помощью смазок и увеличением угла α , однако последнее сопровождается увеличением тяговых усилий, что не всегда приемлемо.

Одним из эффективных приемов снижения трения является вибрация. Применение вибраций для снижения трения известно давно [1]. Как правило, возбуждаются вынужденные колебания тел, поверхности которых находятся в контакте. Выбор вибрационного устройства определяется не только конструкцией узла трения, но и массой вибрируемого фрикционного элемента. Для малых масс удобны сегнетоэлектрические или пьезоэлектрические вибраторы, а для больших – применяют электродинамические. Мощность вибратора возрастает с ростом его массы.

Аналогичная проблема возникает и при сортировке изделий или отходов, когда целесообразно отделить крупные фракции от мелких. Вибрацию можно применить при спуске таких материалов вниз по конвейеру. В этом случае кроме сил тяжести, реакции опоры и трения на массу, лежащую на конвейере, будут действовать силы инерции, вызванные ускорением этой массы при вибрации. На рисунке 1 представлены эти силы.

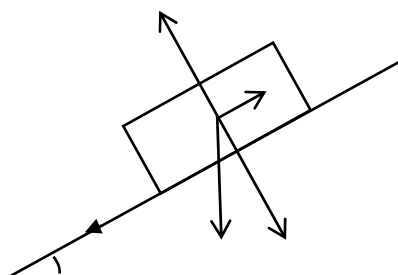


Рисунок 1 – Силы, действующие на тело, движущееся по наклонной плоскости

Здесь учтены сила тяжести, сила реакции опоры и сила трения. Сила инерции F_M направлена перпендикулярно наклонной плоскости, так как именно в этом случае следует ожидать ее наибольшего влияния на силу трения. При наличии указанных сил условие равновесия тела на наклонной плоскости имеет вид:

$$mg \sin \alpha = \mu (mg \cos \alpha + F). \quad (1)$$

Тангенс угла скатывания:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\mu}{1 - \mu^2 n^2} (1 \pm n \sqrt{1 + \mu^2 - \mu^2 n^2}), \quad (2)$$

где $n = \frac{F}{mg}$. Итак, мы имеем две функции: А – со знаком «+», В – со знаком «-».

Поскольку параметр n входит в (2) в первой степени только перед радикалом, то знак перед n совпадает со знаком перед силой инерции F и означает, что она может быть направлена как вверх, так и вниз. Эти направления выбраны перпендикулярными к наклонной плоскости (рисунок 1). Согласно (2) при $F=0$ мы получаем $\operatorname{tg} \alpha = \mu$. Если при наложении силы F получается $\operatorname{tg} \alpha > \mu$, то груз на наклонной плоскости удерживаться не будет и его скатывание облегчится. Как видно из (2), для определения угла α важна не сама величина силы F , а отношение сил n .

Выражение (2) имеет особенность при $\mu n \rightarrow 1$. Для ее прояснения необходим предельный переход, в результате которого получаем $\alpha \rightarrow \pi/2$. На параметры μ и n также налагается ряд ограничений. Под знаком радикала должна стоять положительная

величина. Поэтому $n < \frac{1}{\mu} \sqrt{1 + \mu^2}$. Формула А должна задавать положительное значение $\operatorname{tg} \alpha$, поэтому должно быть $n < \frac{1}{\mu}$. Это ограничение сильнее первого.

Для того, чтобы функция В задавала положительные значения $\operatorname{tg} \alpha$ необходимо выполнение двух условий: $\sqrt{\mu} < n < \frac{1}{\sqrt{\mu}}$ и вторая группа условий $n > \frac{1}{\mu}$, $n < \sqrt{1 + \frac{1}{\mu^2}}$ и либо $n > \frac{1}{\sqrt{\mu}}$, либо $n < \sqrt{\mu}$. Все особенности этих функций представлены на рисунках.

Графики зависимости $\operatorname{tg}(\alpha)$ от параметра n представлены на рисунке 2.

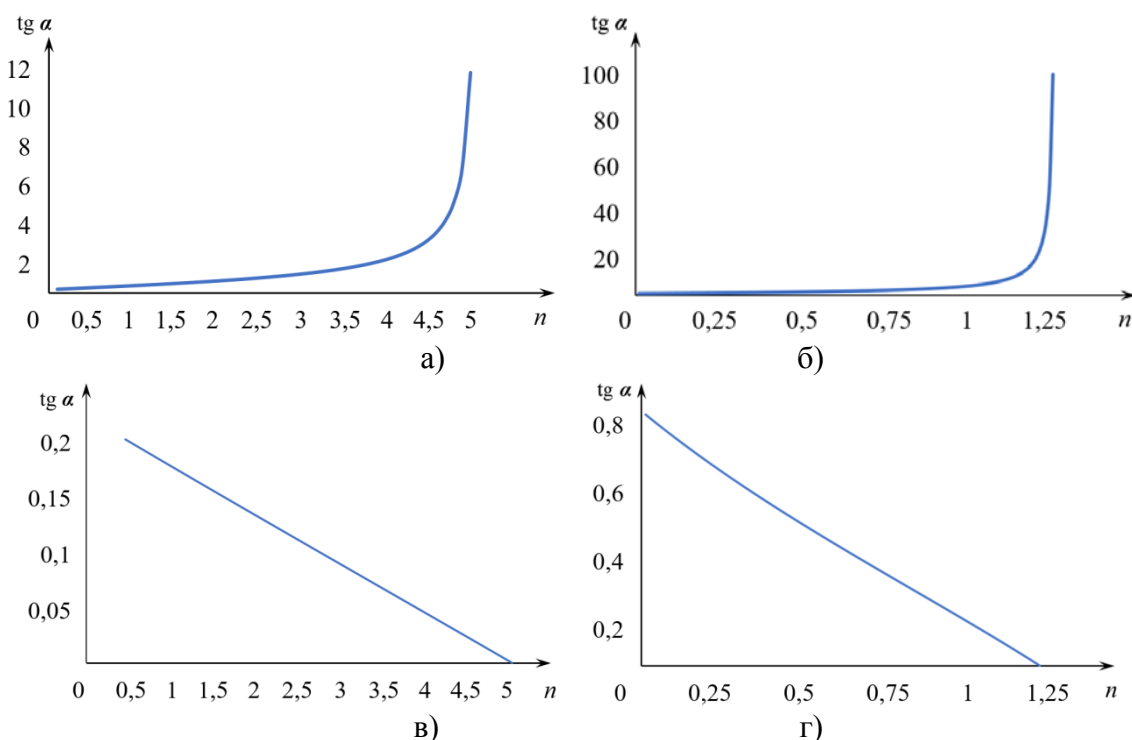


Рисунок 2 – Зависимость тангенса угла скатывания от коэффициента трения:

а) функция А: $\mu_1 = 0,2$; б) функция А: $\mu_2 = 0,8$; в) функция В: $\mu_1 = 0,2$;

г) функция В: $\mu_2 = 0,8$

В реальных устройствах вибрации возникают при воздействии периодических (гармонических) сил, то есть установившиеся колебания являются вынужденными. Они происходят с частотой несколько отличной от частоты вынуждающей силы, то есть по закону $x(\omega, t) = A(\omega) \cos(\omega t + \alpha)$, если вынуждающая сила изменяется по закону $F = F_0 \cos \omega t$. Как известно из теории колебаний [2], в такой системе наблюдается резонанс смещений, при этом на частоте $\omega^2 = \omega_0^2 - 2\beta^2$ (ω_0 – собственная частота колебательной системы (транспортера), а β – коэффициент затухания) смещения максимальны.

Если на транспортере находится смесь тел, имеющих различные коэффициенты трения своей поверхности с поверхностью транспортера, то прилагая определенным образом к телам дополнительную силу, можно одни тела удерживать на ленте транспортера, тогда как другие будут с нее смещаться.

Таким образом, изменение угла скатывания достигается путем приложения дополнительной силы (силы инерции) к телу, находящемуся на наклонной плоскости посредством вибрации. Установлены пределы изменения тангенсов этого угла. Показано, что такое изменение может способствовать сепарации веществ, перемещаемых лентой транспортера.

СПИСОК ИСПОЛЪЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Трение, изнашивание и смазка : справочник : в 2 кн. / под ред. И. В. Крагельского, В. В. Алисина. – М. : Машиностроение, 1979.
2. Манделъштам, Л. И. Полное собрание трудов : в 5 т. / Л. И. Манделъштам ; под. ред. проф. С. М. Рытова. – М. : Издательство Академии Наук СССР, 1955. – Т. 4. – 470 с.
3. Пособие по проектированию конвейерного транспорта. Ленточные конвейеры (к СНиП 2.05.07–85) / Промтрансниипроект. – М. : Стройиздат, 1988. – 48 с.

УДК 7.017.9

И.В. Кисель

Белорусская государственная академия авиации

ПРЕПОДАВАНИЕ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Конец XX и начало XXI ознаменовались столь бурным развитием науки и техники, что начали воплощаться в жизнь самые смелые предсказания фантастов. Технологические новшества буквально удвоились за несколько лет. При такой скорости технического прогресса роль квалифицированного, умеющего оперативно осваивать новые технологии инженера как никогда высока. В связи с этим повышаются требования к математической подготовке студентов, которая не только важна для успешного освоения учебных программ, но и служит основой для развития научного мышления, формирования профессиональных компетенций учащихся. Но в тоже время математическое образование подошло к кризисному этапу. Математика сейчас – первый кандидат на уничтожение. Компьютерная революция позволяет заменить образованных «рабов» невежественными. Правительства многих стран начали исключать математические науки из программ средней школы [1, 2].

Количество часов, отводимых на изучение математических дисциплин и в наших вузах, сокращается значительно, при том, что из школьных программ исключены некоторые разделы элементарной математики, совершенно необходимые для изучения физики и других дисциплин. Можно отметить следующие причины, приведшие к кризису:

– низкая заработная плата и, как следствие, низкий престиж образовательных профессий;

– высокая нагрузка работников вузов;

– бюрократизированность и зарегламентированность образовательной системы;

– неопределенность роли математики в новом, постсоветском обществе.

В середине двадцатого века была предпринята попытка разделить математику и физику в школьном образовании. Последствия оказались катастрофическими. Выросли целые поколения математиков, незнакомых с половиной своей науки и, естественно, не имеющих никакого представления ни о каких других науках. Ученик французской начальной школы на вопрос «сколько будет $2 + 3$?» ответил: « $3 + 2$, так как сложение коммутативно». Он не знал, чему равна эта сумма, и даже не понимал, о чем его спрашивают! Как сказал академик В.А. Арнольд: «Мне кажется, что во всем мире образованию мешает поспешная демократизация науки. Легко создается ситуация, при которой решение принимается наименее квалифицированным большинством. Американские ученые считают, что падение уровня школьного образования в США произошло именно таким демократическим путем. Все очень просто: большинство

родителей хочет, чтобы их дети были счастливы. А большинство детей, учащихся в школе, предпочитают бездельничать, не сдавать экзамены, выбирать «легкие» предметы и т. п. Мой племянник, окончивая среднюю школу в США, радостно заменил себе школьный курс алгебры курсом истории джаза».

Вот лишь некоторые факты о реформах в обучении:

1. Американское математическое общество опубликовало статистику, согласно которой число учителей математики в средних школах США, умеющих делить число «полтора» на «четверть», составляет от одного до двух процентов от количества всех учителей.

2. В Финляндии в результате очередной реформы предмета математики в школе не стало. Есть одна интегрированная дисциплина «История 2-й мировой войны» и в ней отдельные элементы математики.

3. Многие геттингенские студенты при действиях с дробями предпочитают складывать числители с числителями и знаменатели со знаменателями, подобно американским студентам: $1/3 + 1/2 = 2/5$.

4. За четверть века общество так и не осознало самое себя, не расставило четко приоритеты своего развития. Трудная к постижению, фундаментальная, философская дисциплина, какой является математика, отошла на второй план как нечто громоздкое и далекое от повседневности, практики.

Между тем связь математической науки и самых насущных вопросов жизни общества всегда была очевидна для образованных людей. Эта осознанность была потеряна после коллапса девяностых, когда наука стала выживать лишь в аппендиксах.

Так, например, можно отметить связь математики с другими дисциплинами и самыми разными сферами жизни общества:

1. История шифровальной машины Enigma берет начало в 1917 году – тогда голландец Х. Коч получил на нее патент. Работа ее заключалась в замене одних букв другими за счет вращающихся валиков. Германская армия внедрила машинные шифры в начале 1928 года, и польская разведка сразу же начала с ними работать. Уже спустя 4 года М. Реевский, Х. Зыгальский и Е. Ружицкий, выпускники матфака Познаньского университета смогли расшифровать ее. Д. Эйзенхауер сказал, что разгадка кода Энигмы имела решающее значение для победы армий союзников, и многие историки полагают, что это сократило войну на два года и тем самым спасло жизни миллионам людей. Эти математики были награждены Большим Крестом Ордена Возрождения Польши, а также британскими военными орденами.

2. М.В. Келдыш (окончил Рижский механико-математический факультет) решил ряд проблем, имеющих огромное народно-хозяйственное и оборонное значение. Его работы относятся к созданию скоростной авиации, к решению проблемы аэродинамического флаттера, к решению проблемы шимми переднего колеса трехколесного шасси. Главный теоретик космонавтики М.В. Келдыш внес решающий вклад в создание ракетно-ядерного щита СССР, в выведение на орбиту Земли искусственного спутника и в создание относительно дешевой ракеты-носителя для выведения на орбиту спутников по научным программам. Он также руководил «лунной» программой, включая полеты автоматических станций семейства «Луна».

3. Вспомним Архимеда или немецкую науку в период между войнами, когда были заложены основы оптики, аэродинамики, теории газового разряда. После Ньютона, решившего сложнейшие задачи на движение, Аббе на систематической основе стал рассчитывать оптические приборы. Герц и Эйнштейн стали основоположниками квантовой физики и теории относительности – оснований современной физики.

Как уже отмечено, по ряду объективных и субъективных причин в последние годы заметно снизился уровень математической подготовки абитуриентов. Причем снижение уровня носит не только количественный, но и качественный характер. У большинства первокурсников слабо развито абстрактное мышление, что-либо доказывать они не

умеют. Значительная часть абитуриентов не в состоянии построить четкую логическую цепочку при решении задач. При невозможности непосредственного подсчета на калькуляторе задача приобретает повышенную сложность. Отсутствует способность и навык анализа ситуаций и процессов. А ведь по М.В. Ломоносову именно «математика ум в порядок приводит» [3, 4].

Централизованное тестирование в его нынешней форме при всех несомненных достоинствах нацелено на быстрое нахождение правильных ответов без учета способа их получения. Целые классы задач при этом вообще выпадают из рассмотрения. К их числу можно отнести важные для развития логического мышления задачи на построение и доказательство, а также обоснование геометрических построений. Учителя средних школ в большинстве своем заняты «натаскиванием» старшеклассников на успешное написание тестов. Есть даже пособия, которые учат выбирать ответ, не размышляя над задачей.

Преподавание математики в техническом вузе должно основываться в первую очередь на ее прикладных возможностях, а не носить чисто теоретический фундаментальный характер.

Достичь более высокого уровня компетентности выпускников, повышения их интереса к изучению математики можно модернизацией содержания образования с чисто теоретического на практико-ориентированное. И здесь появляются сложности. С одной стороны, нужно включать в содержание обучения профессионально значимые знания, показывающие связь математических положений и методов с будущей деятельностью инженеров, чтобы с первого года обучения студент понимал необходимость знания математики для дальнейшего развития и работы. Но, так как математика читается на первом-втором курсе, когда студенты еще не знакомы ни с одним из профилирующих предметов, то говорить о прикладных возможностях каких-то математических понятий бывает весьма сложно. А это именно то направление, в котором должно развиваться преподавание математики в техническом вузе в настоящее время.

Данное направление получило название контекстного обучения, когда с первых занятий студенту показывают связь изучаемого материала с его будущей профессиональной деятельностью. Совокупность форм и методов контекстного обучения, несомненно, повышает уровень внутренней мотивации обучающихся, их познавательную активность, что в свою очередь рано или поздно отразится на эффективности и качестве усвоения предлагаемого учебного материала. Очевидно, что такой подход и его реализация на практике потребуют пересмотра целей, содержания, форм и методов обучения и контроля знаний, изменения самого стиля работы преподавателя, и студента.

В последнее время все большую популярность приобретает метод проектов, позволяющий интегрировать непрофилирующие предметы (не только математику) в систему инженерного образования. Одной из основных характеристик данного метода обучения является его междисциплинарный характер. Таким образом, студент должен научиться рассматривать образовательный процесс не как передачу преподавателем «готового» учебного материала, а как творческую работу не только по приобретению знаний, но и осознанию себя в контексте разных жизненных, образовательных и профессиональных ситуаций [4].

Как видно преподавание математики требует серьезной перестройки. Считаю целесообразным для нашего ВУЗа такие дисциплины как «Физика», «Механика» ввести со второго семестра, чтобы была математическая база. Тогда физика обстоятельно поможет математике и техническим дисциплинам. Также нужно ввести курс «Введение в математику», для выравнивания подготовки поступивших.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Преподаватель вуза: технология и организация деятельности : учеб. пособие / под ред. д-ра эконом. наук проф. С. Д. Резника. – М. : ИНФРА-М, 2009. – 389 с.

2. Методика и технология обучения математике. Курс лекций : пособие для вузов / под науч. ред. Н. Л. Стефановой, Н. С. Подходовой. – М. : Дрофа, 2005. – 280 с.

3. Мысли о современной математике и ее изучении : учеб. пособие / под ред. Л. Д. Кудрявцева. – М. : Наука, 1977. – 109 с.

4. Модернизация математической подготовки в университетах технического профиля : материалы Международ. науч.-практ. конф. / под общ. ред. Ю. И. Кулаженко ; М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. – Гомель : БелГУТ, 2017. – 147 с.

УДК 623.74

А.О. Кокошкин, И.В. Леденева

*ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского
и Ю.А. Гагарина»*

РАЗРАБОТКА НОВЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ПРОМЫВКИ ЖИДКОСТНЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Одной из важных задач технического обслуживания (ТО) летательных аппаратов (ЛА) является совершенствование технологических процессов очистки и удаления различного рода загрязнений с поверхностей воздушного судна (ВС), авиационных двигателей и их систем. Очистку и промывку элементов летательного аппарата проводят при техническом обслуживании во время эксплуатации и при ремонте на авиаремонтных заводах (АвРЗ). Очистку и мойку от эксплуатационных загрязнений при техническом обслуживании осуществляют на земле по мере необходимости. Эти процессы необходимы для обеспечения безопасности полетов, поддержания требуемых аэродинамических характеристик воздушного судна, увеличения срока службы деталей, улучшения качества дефектации систем ЛА, экономии топлива в полете.

При ремонте и обслуживании летательных аппаратов с целью удаления различного рода загрязнений нерационально расходуется большое количество авиационных горюче-смазочных материалов (ГСМ) и органических растворителей, но при этом зачастую не достигается требуемого качества очистки. Например, на очистку и промывку одного двигателя ЛА и его систем требуется до 1 тонны промывочных составов. Высокая взрывопожароопасность и токсичность таких средств создают значительные трудности при техническом обслуживании и авиаремонтном производстве. Поэтому совершенствование технологических процессов промывки систем воздушного судна с заменой авиационных ГСМ и органических растворителей на более эффективные биоразлагаемые технические моющие составы является актуальной задачей.

Загрязнениями, подлежащими обязательному удалению, являются продукты высокотемпературных и низкотемпературных отложений масел, топлив и рабочих жидкостей, остатки присадок, консервирующие материалы, посторонние частицы различного происхождения. Наиболее трудно удаляются первые две группы загрязнений. Нагароотложения в основном встречаются на деталях, работающих при высоких температурах; лаковые отложения – под воздействием на ГСМ кислорода воздуха, высоких температур и катализирующего действия металла; смолистые отложения образуются в результате окисления и полимеризации ненасыщенных углеводородов, входящих в состав топлив и минеральных масел.

При эксплуатации воздушного судна значительную долю трудоемкости составляют операции по очистке масляной системы от технологических и эксплуатационных загрязнений. Трубопроводы маслосистемы обеспечивают выполнение наиболее важных функций ГТД, содержат агрегаты, на ресурс и безотказность работы которых негативное влияние оказывают загрязнения. Кроме того, редукторы и подшипники периодически нужно очищать от присутствующих в масле осадка, продуктов коррозии, влаги, геля и

смолистых отложений. Тщательная промывка масляной системы также требуется для удаления загрязнений, образовавшихся при сборке на АвРЗ авиационного ГТД.

В настоящее время для очистки масляной системы ГТД используются следующие методы: 1) гидродинамический, который заключается в использовании пульсирующего потока моющей жидкости с гармоническими колебаниями давления и расхода; 2) термогидроциклический, осуществляемый путем периодической подачи в систему штатными насосами предварительно подогретого до предельно допустимой температуры масла, а затем его охлаждения; 3) импульсно-волновой, который основывается на турбулентном течении при прокачке промывочного масла, включает процессы кавитации и вибрации; 4) термогидродинамический метод, по которому маслосистему герметизируют, масло в баке обескислороживают, после чего нагревают и прокачивают несколько раз при различной температуре; 5) магнитогидродинамический, при котором создается магнитное поле поперек потока электропроводной жидкости (водные моющие растворы); 6) пневмогидроимпульсный, который осуществляется путем поочередной импульсной прокачки подогретого масла и вдувания в него мелкодисперсного газа (воздуха); 7) турботермопневмогидроимпульсный, при котором происходит поочередная импульсная прокачка подогретого до предельной температуры масла и вдувания в него воздуха; 8) механическая очистка, осуществляемая при разборке ГТД; 9) электрогидравлическая очистка в среде с управляемой проводимостью; 10) водно-химический, заключающийся в применении биоразлагаемых моющих средств кислотного или основного характера [1].

Несмотря на большое количество применяемых в настоящее время средств и методов очистки масляной системы ГТД, все они не лишены недостатков, которые заключаются в высокой трудоемкости и значительных затратах на оборудование и материалы, но зачастую низкой эффективности.

Представляется, что разработка новых технологичных составов для промывки жидкостных систем связана с применением не только экосовместимых органических моющих композиций, но и с введением в последние специальных бактерий-деструкторов, способствующих полной утилизации остатков нефтепродуктов с поверхности детали, не приводя при этом к биокоррозии.

Известно, что в процессах деструкции углеводов в природе принимают участие ассоциации микроорганизмов из разных таксономических групп. Известно больше ста родов бактерий, дрожжей и грибов, которые способны усваивать углеводороды. Бактерии-деструкторы способны утилизировать широкий круг алифатических и ароматических углеводородов. Как показано в работе [2] по отношению к *n*-алканам и ароматическим углеводородам, основным компонентам минеральных ГСМ, наиболее активными являются представители родов *Acinetobacter* и *Arthrobacter*. При этом установлено, что субстраты с длиной углеродной цепи C_7 и больше усваиваются быстрее, чем короткоцепочечные углеводороды. Штамм *Arthrobacter sp.* МИА-74 ВКПМ Ас-1575 не является патогенным и легко потребляет тяжелые фракции нефти ($C_{24} - C_{33}$) с различных поверхностей.

Данные выводы представляют возможность поиска новых решений в области очистки элементов конструкции авиационной техники от органических загрязнений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Туктамышева, Ю. А. Анализ существующих и перспективных способов очистки масляной системы авиационного ГТД / Ю. А. Туктамышева // Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника. – 2012. – № 33. – С. 124–138.
2. Иваненко, И. И. Исследования удаления нефтесодержащих загрязнений микроорганизмами / И. И. Иваненко, Е. Я. Лопатина, Т. А. Красавина // Вода и экология: проблемы и решения. – 2019. – Т. 80, № 4. – С. 30–36.

УДК 629.7.06

А.И. Кириленко, А.В. Кудра

*Белорусская государственная академия авиации***ЛИТИЙ-ИОННЫЕ И ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ.
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ**

Большинство беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в настоящее время использует аккумуляторы как источники энергии [1]. Выбор аккумуляторов, оптимально подходящих для этих целей невелик [1]. Наиболее перспективными представляются литий-ионные (литий-полимерные) и твердотельные.

На сегодняшний день существует множество разновидностей Li-ion аккумуляторов [1]. Отметим только те достоинства и недостатки, которые свойственны всем типам этих аккумуляторов. Сейчас такие аккумуляторы с коммерческой точки зрения интересны производителям электромобилей, но достигнутые на данный момент массогабаритные параметры делают их применимыми для БЛА [1].

Основными преимуществами этих аккумуляторов являются: высокая плотность энергии и как следствие большая емкость при тех же самых габаритах по сравнению с аккумуляторами на основе никеля; низкий саморазряд; высокое напряжение единичного элемента (3.6 В против 1.2 В у NiCd и NiMn); низкая стоимость обслуживания (эксплуатационных расходов) – результат отсутствия эффекта памяти, требующего периодических циклов разряда для восстановления емкости.

Недостатки: аккумуляторы пожароопасны при перезаряде или при перегреве; во избежание этого эффекта литиевые аккумуляторы должны быть снабжены встроенной электронной схемой, которая контролирует заряд аккумулятора по специальному алгоритму, не допуская его перезаряд и перегрева; диапазон рабочих температур литий-полимерных аккумуляторов ограничен; старение. Даже если литиевый аккумулятор не используется, он начинает стареть сразу после производства. Литий-полимерные и литий-ионные аккумуляторы уменьшают свою емкость, в отличие от никелевых и никель-металл-гидридных аккумуляторов, под воздействием заряда. Чем больше заряд аккумулятора и температура при его хранении, тем меньше срок его службы. Хранить литиевые аккумуляторы лучше заряженными на 40–50% и при температуре от 0 до 10°C; затруднено быстрое тестирование аккумуляторов (например, на анализаторе Cadex C7); высокая стоимость его эксплуатации [1].

Твердотельные батареи – новая разработка, которая находится на стадии исследований. Их главное отличие от традиционных аккумуляторов заключается в том, что они содержат твердый, а не жидкий электролит. Плотность энергии аккумулятора здесь увеличивается за счет твердой природы вещества, что позволяет хранить больше энергии на килограмм батареи (или на объем) [2].

Большим преимуществом твердотельных батарей является их пожарная безопасность.

Одной из трудностей в разработке твердотельных батарей является достижение минимального времени заряда. Кроме того, поиск материала с такой же высокой ионной проводимостью, как и у жидких электролитов, также является проблемой.

Таким образом можно сказать, что твердотельные аккумуляторы значительно безопаснее других (жидкие электролиты летучие и легко воспламеняются при высоких температурах. В отличие от них, твердые электролиты стабильны и снижают риск возгорания или взрыва), обладают высокой плотностью энергии и минимальными массогабаритными показателями [3].

Американская компания QuantumScape представила результаты тестирования новой ячейки для аккумуляторной батареи электромобиля: зарядка до 80% емкости за 15 мин, что почти вдвое быстрее, чем у литий-ионной батареи электромобиля Tesla Model 3, сохранение свыше 80% емкости после 800 циклов заряда и разряда, что говорит о

потенциальном сроке службы батареи в несколько сотен тысяч километров (Tesla дает гарантию до 240 000 км), объемная плотность энергии в $1000 \text{ Вт}\cdot\text{ч}/\text{дм}^3$, что примерно на 80% больше, чем у самых современных литий-ионных ячеек. Это значит, что и емкость батареи будет соответствующей, а по запасу хода электромобили на таких батареях сравняются с автомобилями с ДВС. Что не менее важно, ячейка сохраняет свои характеристики до температур около -30° , в то время как литий-ионные батареи демонстрируют снижение показателей в таких условиях. К тому же новая батарея не воспламеняется.

Ячейка QuantumScape построена по технологии твердотельных батарей. Ее отличает ряд особенностей. Для формирования анода ей не требуется даже минимальное количество лития, что удешевляет процесс производства. Кроме того, в ячейке используется особый тончайший керамический сепаратор, который разделяет электроды

Японский автопроизводитель Toyota заявлял о планах наладить выпуск электромобилей с твердотельными аккумуляторными батареями к 2025 г. Другой американский стартап, Solid Power, основанный шесть лет назад, заручился поддержкой таких автокомпаний, как BMW, Ford и Hyundai, и рассчитывает запустить производство в 2026 г. [4]. В таблице 1 представлены характеристики рассматриваемых типов аккумуляторов.

Таблица 1 – Сравнение характеристик литий – ионного и твердотельного аккумуляторов (срок службы дан в количестве циклов заряд-разряд)

Виды аккумуляторов	Емкость, мА·ч	Напряжение, В	Срок службы	Удельная энергоемкость, Вт·ч/кг	Удельная емкость, Вт·ч/дм ³	Рабочая температура, °С
Литий-ионные	1 600–3 600	3.6 В против 1.2 В у <i>NiCd</i> и <i>NiMn</i>	500–800	120–240	250–360	Около + 20
Твердотельные	1 000	3,65	800		1 000	-40 – + 100

Таким образом, в ближайшей перспективе не следует ожидать появления новых электрохимических систем аккумуляторов. Вместе с тем несомненной является необходимость дальнейшего совершенствования конструкции уже хорошо освоенных промышленностью аккумуляторов рассмотренных выше типов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Капустин, А. Г. Сравнительный анализ бортовых авиационных аккумуляторных батарей и перспективы их совершенствования / А. Г. Капустин // Изобретатель. – 2015. – № 7. – С. 45–47.
- Твердотельные батареи: вся информация о новой технологии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ichip.ru/tehnologii/tverdotelnye-batarei-vsya-informaciya-o-novoj-tehnologii-725312>. – Дата доступа: 10.11.2021.
- Почему твердотельные батареи электромобилей лучше литий-ионных аналогов? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://root-nation.com/ru/posts/tech/ru-solid-state-batteries-vs-lithium-ion/>. – Дата доступа: 12.11.2021.
- QuantumScape заявил о революции в производстве аккумуляторов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.vedomosti.ru/auto/articles/2020/12/10/850524-quantumscape-akkumulyatorov/>. – Дата доступа: 15.11.2021.

УДК 629.7

А.В. Махов, А.Н. Махова

Белорусская государственная академия авиации

ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВАНИИ БАРОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ

Для точного определения положения самолета в пространстве необходимо знать его высоту. Знание высоты полета необходимо для решения многих задач, например, выдерживания заданного профиля полета, пилотирования, предотвращения столкновения с другими воздушными судами, обеспечения безопасности полета.

Барометрический метод измерения высоты наиболее распространен в авиации. Он основан на том, что абсолютное давление воздуха с возрастанием высоты уменьшается вследствие сокращения высоты столба воздуха, то есть $P = f(h)$ [1].

При выводе формул, выражающих зависимость абсолютного давления P от высоты h , необходимо учитывать изменение плотности и температуры с высотой. Для разных территорий в разное время температура и давление будут непостоянны, а их изменение по высотам при разных условиях перемененно.

В связи с вышеуказанным используются значения стандартной атмосферы (таблица 1) по ГОСТ 4401–81 [2]:

Таблица 1 – Параметры стандартной атмосферы

Высота, h , м	Температура, T , К	Давление, P , Па	Плотность, ρ , кг/м ³
0	288,2	101 330	1,225
500	284,9	95 464	1,1673
1 000	281,7	89 877	1,1117
1 500	278,4	84 559	1,0581
2 000	275,2	79 499	1,0065
2 500	271,9	74 690	0,9569
3 000	268,7	70 123	0,9093
4 000	262,2	61 661	0,8194
5 000	255,7	54 052	0,7365
6 000	249,2	47 217	0,6601
7 000	242,7	41 106	0,59
8 000	236,2	35 653	0,5258
9 000	229,7	30 801	0,4671
10 000	223,3	26 500	0,4135
11 000	216,8	22 700	0,3648
12 000	216,7	19 399	0,3119
14 000	216,7	14 170	0,2279
16 000	216,7	10 353	0,1665
18 000	216,7	7 565	0,1216
20 000	216,7	5 529	0,0889

На величины T , P , ρ указанные в таблице 1 следует смотреть как на математическое ожидание (1) соответствующих параметров атмосферы [3]:

$$T = M[f_1(h)], \quad P = M[f_2(h)], \quad \rho = M[f_3(h)]. \quad (1)$$

Используемый барометрический метод позволяет вычислить высоту полета относительно любого уровня, если известны значения p , p_* , T_* и β (2, 3):

$$H = \frac{T_*}{\beta} \left[\left(\frac{p}{p_*} \right)^{-\frac{\beta R_{уд}}{g_c}} - 1 \right], \quad (2)$$

где T_* – температура, отвечающая началу интервала, равная 288,15 К; β – температурный градиент, равный минус 0,0065 К/м; p – абсолютное давление; p_* – давление, задаваемое членами экипажа с помощью механизма кремальеры; $R_{уд}$ – удельная газовая постоянная, равная 287,05287 Дж/(кг·К); g_c – ускорение свободного падения, равное 9,80665 м/с².

$$H = H_* + \frac{R_{уд} T_*}{g_c} \ln \frac{p}{p_*}, \quad (3)$$

где H_* – высота, отвечающая началу интервала, равная 11 000 м; T_* – температура, отвечающая началу интервала, равная 215,65 К.

Полученное уравнение (2) является математической моделью барометрического метода измерения высоты от 0 до 11 000 м, а уравнение (3) от 11 000 до 20 000 м [4].

Моделирование и решение многих задач в авиации при помощи математических моделей занимает все большее место в совершенствовании летательных аппаратов, приборов и систем, установленных на них. Это связано с научно-техническим прогрессом и развитием вычислительной техники, которая позволяет построить математические модели, адекватно отражающие физические процессы. Математические модели, особенно использующие численные методы и вычислительную технику, позволяют дополнить, а иногда и заменить дорогостоящие модельные эксперименты.

Построение математической модели на основании барометрического метода измерения высоты проводилось в среде MatLab (рисунок 1).

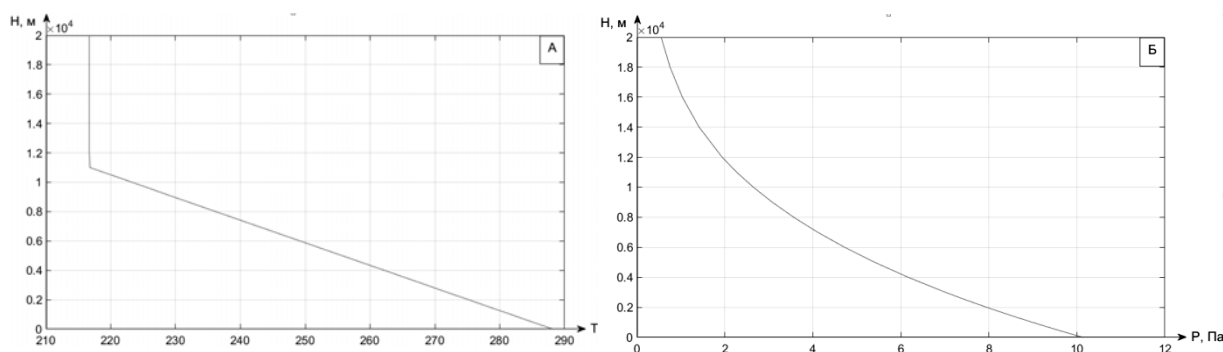


Рисунок 1 – Зависимость параметров атмосферы от высоты:
а) зависимость температуры; б) зависимость давления

Сравнив построенную математическую модель с полной барометрической формулой Лапласа (4), получили графики (рисунок 2).

$$H_2 - H_1 = B(1 + a\bar{t})(1 + 0,608s)(1 + a_1 \cos 2\varphi)(1 + a_2 \bar{h}) \lg \left(\frac{P_1}{P_2} \right), \quad (4)$$

где $H_2 - H_1$ – разность высот между двумя точками, м; B – барометрическая постоянная, равная 18400 м; a – термический коэффициент объемного расширения воздуха, равный 0,00366 при 0°C; \bar{t} – среднее значение температуры, градусы Цельсия; s – удельная влажность, равная $\frac{\bar{e}}{p}$; \bar{e} – среднее парциальное давление воздушного пара, миллибары; p – атмосферное давление, Па; $a_1 = 0,00264$; $a_2 = 3,14 \cdot 10^{-7}$; φ – широта местности (45°); \bar{h} – средняя высота над уровнем моря, м; P_1 и P_2 – давление воздуха на высоте H_1 и H_2 соответственно ПА.

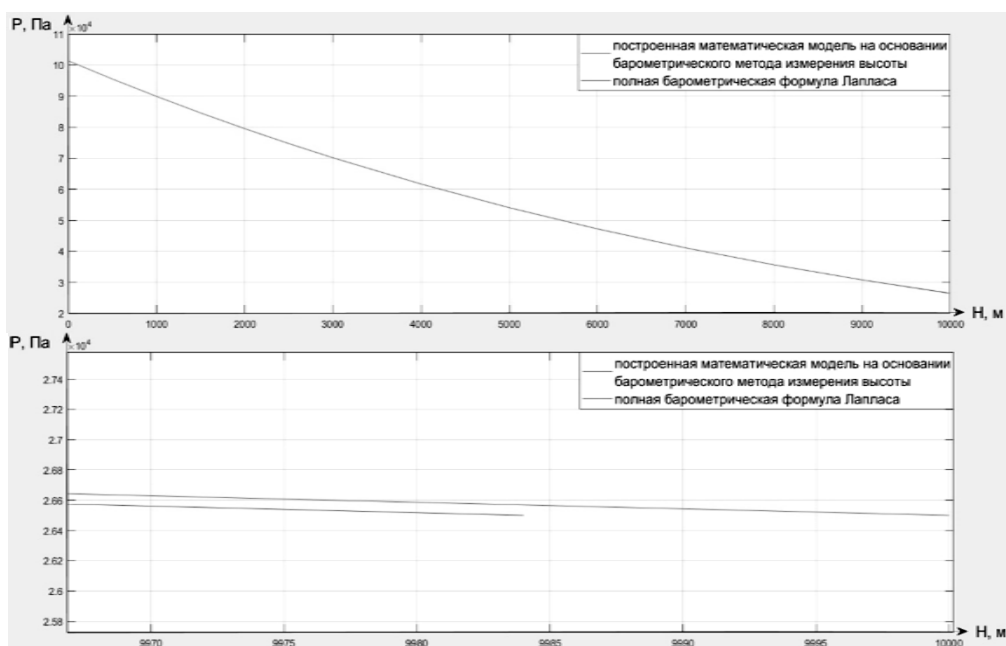


Рисунок 2 – Зависимость высоты от давления

Проведя сравнительный анализ двух математических моделей, можно сделать вывод, что полная барометрическая формула Лапласа является точнее: на 10 000 м разница составляет всего 16 м, что является незначительным. В большинстве случаев в такой точности нет необходимости, а реализация первого метода значительно проще, чем метод Лапласа.

Таким образом, построенная математическая модель будет использоваться в учебном процессе и позволит изучить барометрический метод измерения высоты, практически получить известные зависимости параметров атмосферы от высоты, а также может быть применена для разработки 3D-модели высотомера, основанного на барометрическом методе измерения высоты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антонец, Е. В. Авиационные приборы и навигационно-пилотажные комплексы : учеб. пособие : в 2 ч. / Е. В. Антонец, В. И. Смирнов, Г. А. Федосеева. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2007. – Ч. 1. – 119 с.
2. Ефимов, И. П. Авиационные приборы : учеб. пособие / И. П. Ефимов. – Ульяновск : УлГТУ, 2018. – 255 с.
3. Браславский, Д. А. Авиационные приборы и автоматы / Д. А. Браславский, С. С. Логунов, Д. С. Пельпор. – М. : Машиностроение, 1978. – 432 с.
4. Воробьев, В. Г. Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы : учебник для вузов / В. Г. Воробьев, В. В. Глухов, И. К. Кадышев. – М. : Транспорт, 1992. – 399 с.

УДК 534.8

А.М. Мацкевич, Н.Д. Дмитриев, Д.О. Шпилевский

Белорусская государственная академия авиации

АВИАЦИОННАЯ АКУСТИКА

Современный мир подвержен высокому уровню урбанизации, из-за чего растет и роль транспорта. Большая часть населения подвергается воздействию транспортного шума. Одним из составляющих такого «звукового фона» является авиационный шум, с которым ежедневно сталкиваются жители городов и сельской местности. Проблема шумового загрязнения в результате деятельности авиации пришла с ее становлением в середине 20 века. Этими проблемами и занимается авиационная акустика.

В соответствии с общепринятой терминологией, авиационная акустика – научное направление, посвященное изучению возникновения, распространения и воздействия шума при эксплуатации воздушных судов (ВС) [1]. Большинство задач данного направления связано с вопросами, касающимися исследований распространения звуковых волн в твердых и газообразных телах. В данном контексте газообразными и твердыми телами выступает конструкция ВС и воздух соответственно. Предмет изучения авиационной акустики – звук, который представляет собой не что иное, как колебательное движение среды, то есть периодические изменения скорости, плотности, давления и температуры.

Авиационная акустика подразделяется на два раздела: аэроакустику и структурную акустику ВС. Аэроакустика занимается проблемами аэродинамического возникновения звука, акустики движущихся газовых потоков, а также взаимодействия звука с газовым потоком. Основное внимание уделяется изучению вопросов о распространении звука по конструкциям ВС, формированию звуковых полей в замкнутых объемах (салонах и кабинах ВС) и методам их ослабления.

Причисление авиационной акустики в отдельный раздел науки произошло в 1960-х годах в связи с необходимостью решения задач по снижению шума ВС до уровней, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность человека, а также работоспособности систем, оборудования и выносливости конструкции авиационной техники. В 1971 г. Международной организацией гражданской авиации (ИКАО) был принят Международный стандарт по нормированию шума, создаваемого на местности пассажирскими самолетами (Приложение № 16 к Чикагской конвенции). Помимо этого, на территории СССР был создан ГОСТ 17228–71, регламентирующий нормы в этом вопросе. В Республике Беларусь на сегодняшний день действует ГОСТ 22283–2014.

Национальные технические нормы шума воздушных судов, как правило, гармонизированы с международными нормами и существуют в виде отдельных частей к Нормам летной годности воздушных судов (Авиационных правил). В США – это FAR-36, в Европейском союзе – CS-36. После 1990 в России разработаны и введены в действие Авиационные правила (АП-36), которые устанавливают требования к уровням шума на местности и к методам определения соответствия нормам уровней шума самолетов.

Значения уровня шума измеряются в трех стадиях полета [2]:

- при посадке самолета точка расположена на расстоянии 2 км от торца взлетно-посадочной полосы (ВПП);
- при взлете – на расстоянии 450 или 650 м от оси ВПП;
- при наборе высоты – под траекторией взлета на расстоянии 6,5 км от места старта.

Значения в контрольных точках определяются при испытании одного самолета, а результаты проведенных испытаний распространяются на все самолеты данного типа, имеющие постоянные взлетно-посадочные характеристики. Для оценки воздействия авиационного шума, который сказывается в раздражающем влиянии на человека и

окружающую среду, применяются следующие критерии: уровни воспринимающего шума PNL (perceived noise level), и эффективные уровни воспринимаемого шума EPNL (equivalent perceived noise level). Оба критерия измеряются в децибелах. Их принципиальное различие состоит в том, что PNL учитывает реакцию человека на шум разного частотного диапазона, а EPNL – продолжительность воздействия шума. Обычно оба этих критерия применяются для определения уровня шума в населенных пунктах, расположенных на относительно маленьком расстоянии от крупных аэропортов или аэродромов.

Стандартный алгоритм расчета EPNL устанавливает метод определения уровней шума на контрольных точках. Методика измерения основана на вычислении функции PNL(t) по результатам измерений спектров шума для каждого полусекундного приращения t при посадке самолета, при взлете или же при наборе высоты с добавлением поправок на тональность, продолжительность воздействия и прочих факторов, таких как приведение к стандартным атмосферным условиям, учет траекторий данных, вид спектров шума и т. д.). Амплитудные значения уровней шума, допускаемые в районах аэропорта или аэродрома, устанавливаются по-разному, в зависимости от времени суток (день или ночь) и в целом примерно отличаются на 10 дБ.

С развитием технологии приходит и увеличения потребностей в пассажиро- и грузоперевозках авиационным транспортом. Соответственно, потребность в увеличении грузоподъемности ВС и скорости их полета неизбежна. Это приводит к увеличению тяги силовых установок, в результате чего резко возрастает звуковая мощность, создаваемая аппаратами, и интенсивность шума, уровень которого существенно превышает предельно допустимые значения. Фактически авиационной акустике требуется решить три задачи, связывающие аэродинамику, прочность и саму акустику.

Самой «громкой» частью самолета является силовая установка. Наибольшим уровнем шума среди всех авиационных двигателей обладает газотурбинный, в состав которого входят компрессор, камера сгорания, турбина и реактивное сопло. Работа данного типа двигателя может привести к ухудшению акустической обстановки не только на аэродроме, но и в полете, когда самолет выполняет виражи над населенными пунктами на относительно малой высоте.

С увеличением вместимости самолетов до 500–600 пассажиров (например Boeing 747-8I или Airbus A380), рост поверхности, охватываемой потоками воздуха, привел к критичному уровню авиационного шума на взлетно-посадочных режимах. Это объясняется тем, что на поверхности самолета, под турбулентным пограничным слоем, наблюдается случайное по пространству и времени поле интенсивных пульсаций давления звукового диапазона частот. Интенсивность простеночных пульсаций давления в ламинарном пограничном слое почти на два порядка ниже, чем в турбулентном.

Увеличение числа взлетов и посадок в аэропортах привело к тому, что круглосуточно огромные территории, в том числе и зоны жилой застройки, подвергаются шумовому воздействию от взлета и посадки самолета. В зонах, расположенных вблизи аэропортов/аэродромов, шум негативно оказывает влияние на жизнедеятельность и работоспособность человека. Чем ближе аэропорт к центру города, тем важнее найти способы решения данной проблемы. Борьба с авиационным шумом стала частью общей программы борьбы человечества за экологию [3].

Решение задач по борьбе с шумом осуществляется путем комплексного выполнения ряда мероприятий с учетом технических возможностей и экономических затрат каждого государства. Основное внимание уделяется снижению шума непосредственно в самом источнике. Снижение интенсивности авиационного шума осуществляется по следующим направлениям [4]:

– уменьшение параметров шумового фактора в источнике образования технологическими, конструктивными и эксплуатационными способами;

– снижение интенсивности шумов по пути их распространения средствами звукоизоляции или звукопоглощения;

– уменьшение вредного воздействия на организм за счет использования индивидуальной и коллективной защиты персонала, а также комплекса медико-организационных мер.

В качестве поглотителя авиационного шума при его распространении в воздухе могут выступать звукоизолирующие устройства, которые полностью (или частично) отделяют источник шума от окружающей среды. Так же возможно применение звукопоглощающих конструкций, которые снижают интенсивность шума непосредственно на пути его распространения за счет поглощения звуковой энергии. Для звукоизоляции используются физические пространственные преграды, препятствующие распространению звука (экраны, боксы), а для звукопоглощения – покрытия, наносимые на потолок, стены и пол помещений для уменьшения отраженной звуковой энергии.

Необходимо учитывать, что работники аэродрома подвергаются значительному шумовому воздействию. Персоналу каждой эксплуатационной службы аэропорта следует избегать нахождения в местах повышенной шумности без особой необходимости. На аэродроме необходимо наличие служебных помещений или построек для отдыха персонала, снабженные хорошей звукоизоляцией, так как тишина обеспечивает слуховым клеткам необходимый отдых и восстановление.

Перспективными направлениями совершенствования средств защиты от авиационного шума являются:

– разработка и внедрение в практику универсального шумозащитного изделия с использованием эффективных шумопоглощающих материалов;

– применение эффективных средств активного гашения звука с целью повышения эффективности защиты в области низких частот;

– улучшение эргономических характеристик авиационных гарнитур, шлемофонов, наушников;

– разработка эффективно оптимизированных модульных средств коллективной защиты от авиационного шума.

Авиационный шум еще долгое время будет затрагивать жизнь людей. Мир просто невозможно представить без авиации, а значит и без шума. С целью минимизации его уровней следует задействовать большие технические ресурсы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Большая Российская энциклопедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.bigenc.ru/technology_and_technique/text/4424361. – Дата доступа: 11.11.2021.

2. Ассамблея – 40-я сессия – ИКАО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.icao.int/Meetings/A40/Documents/WP/wp_057_ru.pdf. – Дата доступа: 27.10.2021.

3. Руководство по авиационной медицине / утв. Генеральным секретарем ИКАО. – 3-е изд. – Монреаль : Международная организация гражданской авиации, 2015. – 650 с.

4. Приложение 16 к Чикагской Конвенции 1944 года «Охрана окружающей среды» : в 2 т. / утв. Генеральным секретарем ИКАО. – 7-е изд. – Монреаль : Международная организация гражданской авиации, 2015.

УДК 681.7.013

А.И. Кириленко, А.С. Межинская

*Белорусская государственная академия авиации***СКАНИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА С ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТОЙ**

Вопросы сканирования пространства лазерным пучком становятся актуальными в связи с быстрым развитием минидронов. Как известно, чем меньше объект, тем короче должна быть длина волны, излучаемая локатором. Сканирование пространства лазерными лучами применяется в защите аэродромов от птиц. Особенность состоит в том, что применяются довольно мощные лазеры и звуковое сопровождение. Эффективность данного метода достаточно высока. Благодаря этому методу столкновений самолетов с птицами стало меньше на 70 %. Для выполнения этой задачи оптимально подходят лазеры оптического диапазона. Такие же устройства, работающие в ИК диапазоне, вполне могут обнаруживать объекты, выполненные по технологии «стелс». Дело в том, что излучение таких лазеров хорошо поглощается водяным паром, который в изобилии присутствует в газах, выбрасываемых соплом двигателя самолета. Для лазерного зондирования пространства вполне подходят зеркальные сканеры, как наиболее простые. Однако в классических схемах зеркальных сканеров пространство просматривается с примерно одинаковой плотностью. В математическом плане задача сводится к сложению двух взаимно перпендикулярных незатухающих колебаний с иррациональным отношением частот. То есть число траекторий на единицу площади в любом месте сканируемого пространства примерно одинаково. Это утверждение справедливо, если фактор времени не важен. Как было показано ранее, при сканировании посредством двух вращающихся зеркал заполнение пространства траекторией происходит неравномерно. Имеются области в прямоугольнике $2A \times 2B$, которые заполняются в последнюю очередь.

В то же время априори могут быть известны области пространства, в которых вероятность нахождения объекта близка к нулю и тогда эти области не нуждаются в контроле, или же эта вероятность близка к единице и ее надо просматривать более тщательно. В работе показано, что эта задача может быть решена посредством уменьшения амплитуды складываемых колебаний. Математически задача сводится к сложению взаимно перпендикулярных колебаний затухающих. При этом достаточно складывать колебания с одной частотой, но разными коэффициентами затухания и разными фазами.

Пусть складываются два колебания в виде затухающих гармоник одной частоты с различными затуханиями β_1 и β_2 :

$$x(t) = Ae^{-\beta_1 t} \cos \omega t; \quad y(t) = Be^{-\beta_2 t} \cos(\omega t + \varphi).$$

Простейшим случаем будет ситуация, когда $\varphi = 0$ при $\beta_1 = \beta_2$. Здесь мы имеем траекторию в виде прямой:

$$y = \frac{B}{A} x.$$

В случае различных частот и затуханий вид траекторий запутанный и они уже не привязаны к указанному прямоугольнику $2A \times 2B$, но при достаточно больших временах сканирования t кривые будут стремиться к точке $x = y = 0$.

Впрочем, имеется еще один случай сложения колебаний с частотой ω и затуханием β и перпендикулярным ему колебанием с частотой 2ω и затуханием 2β . Итак, пусть при $\omega > \beta$:

$$x(t) = A_1 + B_1 e^{-\beta t} \cos(\omega t + \varphi),$$

$$y(t) = A_2 + B_2 e^{-2\beta t} \cos(\omega t + \varphi) = A_2 + \frac{B_2}{2} e^{-2\beta t} + \frac{B_2}{2} e^{-2\beta t} \cos(2\omega t + 2\varphi).$$

Время t легко исключается из этих уравнений и получается зависимость $y(x)$ – траектория:

$$y = A_2 + \frac{B_2}{B_1^2} (x - A_1)^2.$$

Таким образом, траектории будут иметь вид парабол.

Легко получить обобщение данного примера. Пусть $x(t)$ задается в том же виде, а для $y(t)$ возьмем выражение:

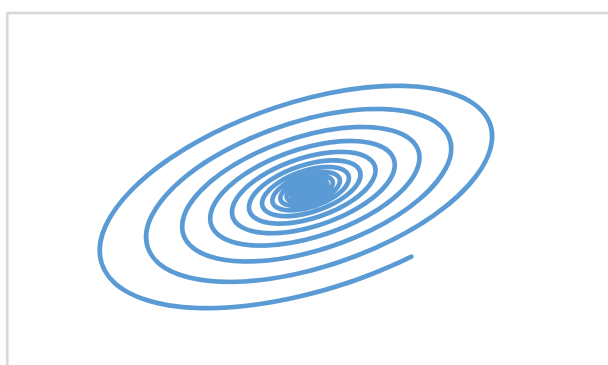
$$y(t) = A_2 + B_2 e^{-n\beta t} \cos^n(\omega t + \varphi).$$

По результатам сложения незатухающих колебаний, траектории которых имеют вид прямой и параболы, был сделан следующий вывод: заштриховка пространства не осуществляется. Данные способы для сканирования пространства не востребованы.

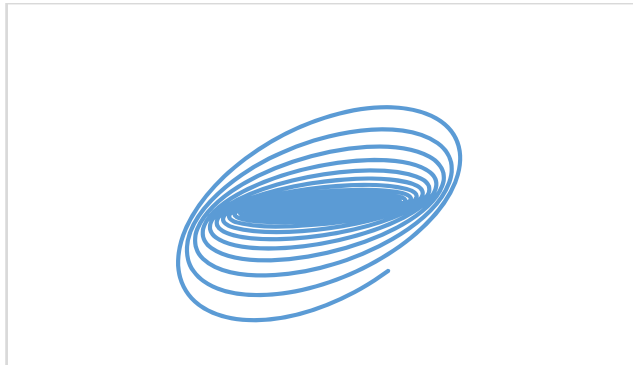
Рассмотрим более простой пример сложения затухающих колебаний одинаковой частоты и с одинаковой фазой отличающиеся коэффициентами затухания. На схемах приведены траектории с одинаковым количеством точек $i = 25\,000$.

Качеств сканирования будем определять густотой траекторий, проходящих через единичную площадку в различных областях сканирования пространства, то есть числом линий, проходящих через площадку в 1 см^2 . Для рис. 1а – $n = 1$, для рис. 1б – $n = 3$, для рис. 1в – $n = 7$, для рис. 1г – $n = 2$, для рис. 1д – $n = 4$ в периферийной области. Тем не менее не смотря на одинаковую частоту линий на периферии центрах рисунках при больших временах t характер сканирования различен и зависит не только от отношения коэффициентов, но и от их величин. При малых величинах β (рисунок в, д) центральная область обобщенной фигуры Лиссажу не заштриховывается.

$$x(t) = A e^{-\beta_1 t} \cos(\omega t + \varphi_1), \quad y(t) = B e^{-\beta_2 t} \cos(\omega t + \varphi_2).$$



а) $\frac{\beta_1}{\beta_2} = 1$



б) $\frac{\beta_1}{\beta_2} = 0,25$

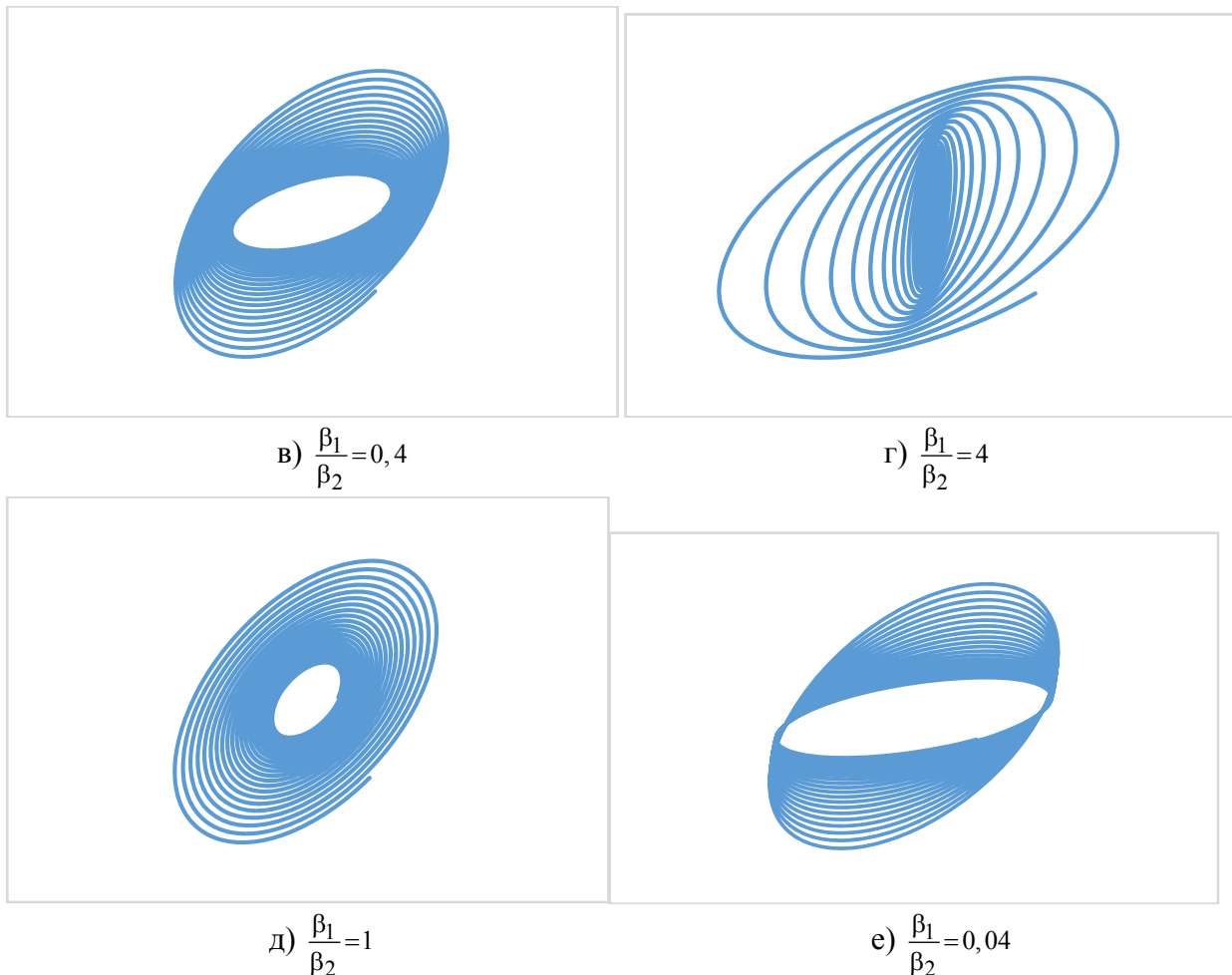


Рисунок 1 – Особые случаи сложения замкнутых колебаний при
 $A = 5, B = 2,5; \varphi_1 = 60^\circ, \varphi_2 = 120^\circ; \omega = 5:$

а – $\beta_1 = -0,2, \beta_2 = -0,2$; б – $\beta_1 = -0,05, \beta_2 = -0,2$; в – $\beta_1 = -0,02, \beta_2 = -0,05$;
 г – $\beta_1 = -0,2, \beta_2 = -0,05$; д – $\beta_1 = -0,05, \beta_2 = -0,05$; е – $\beta_1 = 0,002, \beta_2 = 0,05$

Итак, обобщение фигур Лиссажу может осуществляться различными способами. Ранее были рассмотрены обобщения, связанные с иррациональным отношением частот, складываемых незатухающих колебаний. Далее были рассмотрены обобщения, связанные с вписыванием траекторий в параллелограмм, эллипс, окружность. На данном этапе рассмотрены обобщения, связанные с частным случаем сложением затухающих колебаний.

В процессе исследования мы наблюдаем появление новых возможностей в сканировании пространства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кириленко, А. И. Лазерное сканирование пространства и проблема сложения движений / А. И. Кириленко, А. С. Межинская // Инновационные технологии в водном, коммунальном хозяйстве и водном транспорте : матер. Респуб. науч.-тех. конф., Минск, 20–21 мая 2021 г. / редкол.: С. В. Харитончик [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021. – С. 192–197.
2. Катус, Г. П. Информационные сканирующие системы / Г. П. Катус. – М. : Машиностроение, 1965. – 448 с.

УДК 629.113.073

Ю.А. Гурвич, А.Ю. Демко, О.С. Порожнюк

Белорусская государственная академия авиации

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ В КИНЕМАТИКЕ СЛОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ

Цель работы – разработка методики решения задач многокритериальной идентификации кинематики сложного движения точки.

В любой области деятельности человек сталкивается с проблемами идентификации, как правило, многокритериальной.

Идентификация – это установление соответствия распознаваемого предмета своему образу.

Критерий – это отличительный признак, на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо.

Сформулируем и приведем решение новых задач идентификации в кинематике сложного движения точки (КСДТ), взяв за основу теорему Кориолиса и следующие понятия: абсолютное, переносное и относительное движение точки, абсолютная скорость, абсолютное ускорение точки и их составляющие.

Абсолютное движение – движение точки М относительно неподвижной системы координат.

Относительное движение – движение точки М относительно подвижной системы координат, которая жестко связана с движущимся телом.

Переносное движение – движение той точки ТЕЛА, совпадающей в данное мгновение с движущейся точкой М относительно неподвижной системы координат.

В работе рассматриваются только два простейших вида переносного движения: поступательное прямолинейное (введено нами для простоты изложения) и вращательное.

При решении задач используется теорема Кориолиса, математическая запись которой имеет вид:

$$\overline{a} = \overline{a}_r^\tau + \overline{a}_r^n + \overline{a}_e^\tau + \overline{a}_e^n + \overline{a}_k, \quad (1)$$

где \overline{a}_r^τ – относительное тангенциальное ускорение точки, \overline{a}_r^n – относительное нормальное ускорение точки, \overline{a}_e^τ – переносное тангенциальное ускорение точки, \overline{a}_e^n – переносное нормальное ускорение точки, \overline{a}_k – ускорение Кориолиса.

Слагаемые абсолютного ускорения определяются из законов относительного и переносного движений. Из всего многообразия законов относительного и переносного движений в дальнейшем будут использованы только простейшие, имеющие вид:

$$S_r = B_1 t^n, \quad (2)$$

$$S_e = B_2 t^m, \quad (3)$$

$$\varphi_e = B_3 t^m, \quad (4)$$

где S_r – закон относительного прямолинейного или криволинейного движения, S_e – закон переносного поступательного прямолинейного движения, φ_e – закон переносного вращательного движения, B_1, B_2, B_3 – постоянные положительные коэффициенты, n и m – целые числа, $t > 0$.

Задача: идентифицируйте одну из четырех схем движения точки рис. 1 по критериям (числу и виду слагаемых абсолютного ускорения точки $\overline{a}_r^\tau, \overline{a}_r^n, \overline{a}_e^\tau, \overline{a}_e^n, \overline{a}_k$) с таблицей 1 [1].

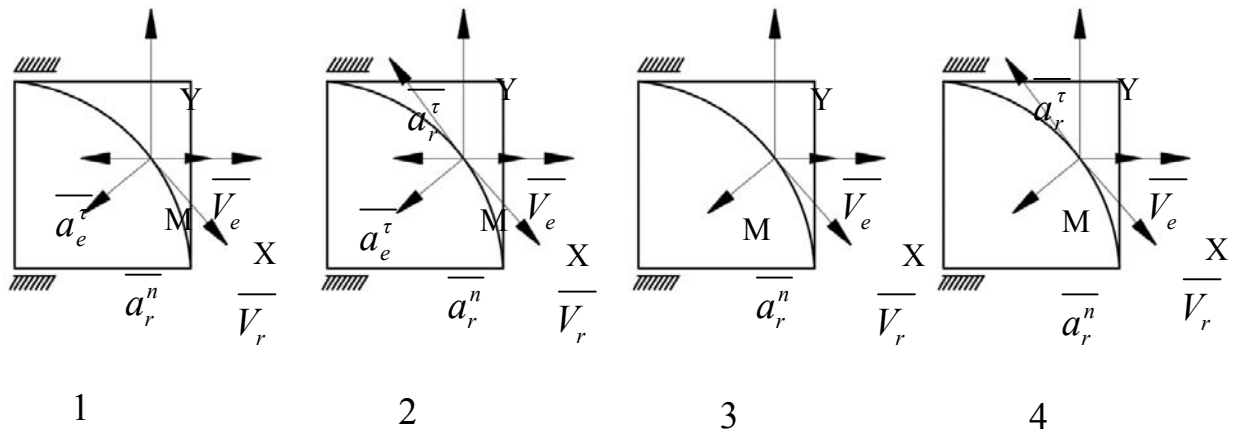


Рисунок 1 – Схемы движения точки

Таблица 1 – Характеристики простых движений

Виды движений	Законы движений	Показатели степени	Угол $\alpha = (\omega_e^{\square} \times V_r)$
r – криволинейное e – поступательное прямолинейное	$S_r = B_1 t^n$ $S_e = -B_2 t^m$	$n = -2$ $m = -2$	Не существует

Решение. Идентифицируем таблицу 1 каким-либо схемам, для этого проанализируем ее:

1. Так как относительное движение r – криволинейное, то $\overline{a_r^n} \neq 0$. Этому критерию соответствуют все 4 схемы.

2. Переносное движение e – поступательное прямолинейное. Следовательно, составляющие $\overline{a_e^n} = 0$ и $\overline{a_k} = 0$. Этому критерию соответствуют также все 4 схемы.

3. Так как $n = -2$, то $\overline{a_r^\tau} \neq 0$, а векторы $\overline{a_r^\tau}$ и $\overline{V_r}$ направлены в противоположные стороны. Этому критерию соответствуют только схемы 2 и 4.

4. Так как $m = -2$, то $\overline{a_e^\tau} \neq 0$, а векторы $\overline{a_e^\tau}$ и $\overline{V_e}$ направлены в противоположные стороны. Этому критерию соответствуют схемы 1 и 2, но схема 1, как было определено в предыдущем пункте, не соответствует другим критериям.

5. Поскольку угла α не существует, то $\overline{a_k} = 0$. Это было установлено ранее – в пункте 2.

Ответ. Данным таблицы идентична только схема 2.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Задачи идентификации в кинематике сложного движения точки / А. Ю. Демко и др. // Динамиката на съвременната наука – 2021 : мат. XVII Междунар. научна практична конф., София, 17–25 юли 2021 г. : София, 2021. – Vol. 3. – С. 50–53.

УДК 656.052.1

В.И. Рубинов, К.И. Булгаков

*Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия
имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)*

КОНЦЕПЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ САМОЛЕТОВ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКОЙ АВИАЦИИ

Концепция боевого применения современных самолетов оперативно-тактической авиации ВВС предъявляет высокие требования к их навигационному обеспечению. Параметры полета должны определяться непрерывно, во всех точках воздушного пространства (то есть глобально), с необходимой точностью, надежностью, помехозащищенностью в любых метеоусловиях.

Ядром навигационного комплекса (НК) современных самолетов оперативно-тактической авиации являются информационные комплексы вертикали и курса (ИК – ВК), во многом определяющие эффективность применения авиационной техники (АТ), безопасность полетов, а также боеготовность авиационных частей. Также эффективное решение боевых задач требует высокой точности и надежности НК. При этом ни один из существующих датчиков (сенсоров) не удовлетворяет всем названным требованиям сразу, ввиду чего НК самолетов оперативно-тактической авиации являются комплексными, то есть включающими в себя несколько сенсоров.

Следует заметить, что инерциальные навигационные системы (ИНС) являются основным автономным средством получения навигационной информации современных самолетов оперативно-тактической авиации, и последствия отказов ИНС могут быть разные: от задержки вылета и срыва полетного задания до авиационного происшествия (инцидента). Перспективными гироскопическими датчиками ИНС являются кольцевые лазерные, волоконно-оптические, твердотельные волновые гироскопы. Они характеризуются отсутствием вращающихся механических частей, обладают высокой точностью, большим временем наработки на отказ, малым временем выставки и другими преимуществами. Таким образом, ИНС, являясь автономными, наилучшим образом удовлетворяют требованиям помехозащищенности, не обеспечивая, между тем, необходимую точность навигационных измерений. Наиболее перспективными ИНС в настоящее время считаются бесплатформенные инерциальные навигационные системы (БИНС), с которыми разработчики авиационных приборов связывают большое будущее. Это объясняется их низкой стоимостью при серийном производстве, высокой надежностью, небольшими массогабаритными характеристиками и приемлемой точностью по сравнению с платформенными системами. В таблице 1 приведены сведения о современных и перспективных платформенных и бесплатформенных ИНС, разработанных в России и за рубежом [1].

В свою очередь обязательным навигационным датчиком на борту современных самолетов оперативно-тактической авиации стал приемник сигналов спутниковой радионавигационной системы (СРНС), который позволяет определять координаты местоположения летательного аппарата (ЛА) с погрешностью 15–20 м и его скорость со среднеквадратической ошибкой (СКО) не более 5 см/с. В состав СРНС входят четыре подсистемы [2]:

- подсистема навигационных спутников (космический сегмент);
- подсистема контроля и управления (ПКУ), в состав которой входит командно-измерительный комплекс (КИК);
- навигационная аппаратура потребителей;
- дифференциальные подсистемы.

4. Применение естественнонаучных методов в авиации

Таким образом, СРНС отвечают требованиям, предъявляемым к точности современных навигационных средств, но в силу невысокой помехоустойчивости этих систем, затруднено их применение на высокоманевренных самолетах оперативно-тактической авиации в сложной радиопомеховой обстановке.

Таблица 1 – Сведения о платформенных и бесплатформенных ИНС

Шифр системы	Тип системы (тип гироскопа)	Точность определения		Время выставки		Масса, кг	Наработка на отказ, часов	Фирма разработчик	Объекты установки
		координат, км за 1 час	курса угл мин за 1 час	ЗК, мин	ГК, мин				
Россия									
Ц-050(060)	Платф. ИНС	8	30	15	-	48	1 000	Раменское ПКБ	Самолеты ОТА
ИНС-2000	Платф. ИНС(ДНГ)	3.7	18	10	15	21	1 000	Раменское ПКБ	Вертолеты АА
СБКВ-2	Бесплатф.КВ(ДНГ)	-	30	10	-	9	3 500	Раменское ПКБ	Самолеты ОТА
SIGMA-95М	БИНС(КЛГ, Фран.)	1.85	6	1	3	16	5 000	Раменское ПКБ	Самолеты ОТА
ЛИНС-2000	БИНС(КЛГ, Фран.)	1.8	7.2	0.5	4	9	5 000	Раменское ПКБ	Персп. ЛА ОТА
БИНС-ТВГ	БИНС (ВТГ)	0.9	3	0.5	3	15	10 000	Раменское ПКБ	Персп. ЛА ОТА
И-42-1С	БИНС (КЛГ)	1.85	12	10	15	37	2 000	МИЭА, Москва	Гражд. ЛА
БИНС-77	БИНС (КЛГ)	1.85	12	3	5	23	3 500	МИЭА, Москва	Самолеты ВТА
БИНС-85	БИНС (КЛГ)	1.85	12	3	10	20	3 500	МИЭА, Москва	Гражд. ЛА
БИНС-90	БИНС (КЛГ)	1.85	12	3	10	16	3 500	МИЭА, Москва	Гражд. ЛА
БИНС-СП	БИНС (КЛГ)	1.25	6	1	5	9	5 000	МИЭА, Москва	Самолеты ОТА
Зарубежные страны									
FIN 2000	Платф. ИНС(ДНГ)	1.85	15	1	5	-	-	Ferranti (Англия)	Мираж
LW-33	Платф. ИНС(ДНГ)	1.85	12	1.5	8	26	1 000	Litton (США)	F-4, F-5, F-104
ANA SN-180А	Платф. ИНС(ДНГ)	1.85	12	2	10	16	2 000	Litton (США)	F/A-18, ES-3А
MINI-GEANS	БИНС (ЭСрГ)	1.1	5	15	40	27	3 000	Honeywell (США)	B-52
LTN-90-100	БИНС (КЛГ)	1.8	5	-	-	24	5 000	Litton (США)	ВТА и Гражд.
H-423	БИНС (КЛГ)	1.8	5	0.5	22	22	4 000	Honeywell(США)	F-16, F-117А

Большой положительный эффект предлагается достичь при комплексировании обоих сенсоров ИНС, выполненной на базе БИНС и СРНС на уровне первичной обработки информации. Такое объединение их в единую систему подразумевает вмешательство в алгоритм счисления координат с целью коррекции ИНС и введение

сигналов так называемой «инерциальной поддержки» непосредственно в приемно-измерительное устройство СРНС. Это позволит снизить себестоимость ИНС за счет использования менее прецизионных датчиков и получить на ее выходе высокоточную информацию не только о скорости и местоположении ЛА, но и о его ориентации. По отношению к СРНС такое комплексирование дает возможность повысить помехоустойчивость системы, уменьшить вероятность срыва режима слежения за соответствующими параметрами радиосигнала при интенсивном маневрировании самолета, а также сократить время первоначального поиска сигнала и вхождения в синхронизм.

Комплекс, в котором указанным образом объединены оба сенсора, называют инерциально-спутниковой навигационной системой (ИСНС) [3]. Обладая отмеченными преимуществами, ИСНС позволит эффективно решать задачи оперативно-тактической авиации, требующие высокоточного навигационного обеспечения, в условиях активного противодействия противника. Важность этих задач и необходимость их решения в ходе воздушных операций подтверждает опыт ведения боевых действий оперативно-тактической авиации за пределами РФ. В современных боевых действиях ставка делается на высокоточное оружие и так называемую «бесконтактную войну». Основным средством уничтожения противника и его стратегически важных объектов на театре военных действий будет являться оружие высокоточного поражения. Функционирование высокоточного оружия может обеспечить в настоящее время лишь ИСНС. Одним из основных достоинств ИСНС, по мнению зарубежных специалистов, будет являться возможность снижения стоимости инерциального сенсора.

Все это обуславливает актуальность и необходимость разработки ИСНС как глобальных высокоточных помехоустойчивых и сравнительно не дорогих систем навигации, а также их применения не только на самолетах оперативно-тактической авиации, но и в гражданской авиации. Предложенный подход позволит повысить эффективность решения боевых задач в сложной радиопомеховой обстановки при интенсивном маневрировании ЛА в условиях плохой видимости, днем и ночью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сарайский, Ю. Н. Аэронавигация : учеб. пособие / Ю. Н. Сарайский, И. И. Алешков. – СПб. : СПбГУГА, 2010. – Часть I : Основы навигации и применение геотехнических средств. – 302 с.
2. Бабич, О. А. Обработка информации в навигационных комплексах / О. А. Бабич. – М. : Машиностроение, 1991. – 512 с.
3. Емельянец, Г. И. Интегрированные инерциально-спутниковые системы ориентации и навигации / Г. И. Емельянов, А. П. Степанов. – СПб. : ГНЦ РФ АО «Концерн «ЦНИИ «Электроприбор», 2016. – 394 с.

УДК 535:656:666

А.В. Сорока, Ю.К. Старцев

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА И СВЕТОДИОДНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В САЛОНАХ ЛА И В ДИСПЕТЧЕРСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Свет – в физической оптике это электромагнитное излучение, воспринимаемое человеческим глазом. Большинство информации обычно воспринимается человеком через глаза. Все разнообразие цветов и форм, которые свойственны материальному миру, открывается ему. А воспринимать через зрение человек может лишь то, что отражает определенный, так называемый видимый свет. Источники света могут быть естественными, например солнце, или искусственными, созданные электричеством.

Первые лампы накаливания появились в начале 19 века и с тех пор началось развитие и совершенствование осветительных приборов. Сейчас, в современном мире мы не можем представить нашу жизнь без света. Но какое воздействие оказывает искусственное освещение на здоровье людей и в особенности его влияние на пассажиров воздушных судов и персонал по организации воздушного движения?

Массовое появление светодиодных ламп на прилавках хозяйственных магазинов, визуально напоминающих лампу накаливания (цоколь E14, E27), привело к появлению дополнительных вопросов среди населения о целесообразности их применения. Исследовательские центры, в свою очередь, выдвигают теории и преподносят факты, свидетельствующие о вреде светодиодных ламп. Несколько лет использования светодиодных ламп позволило ученым сделать первые выводы об их истинной эффективности и безопасности. Оказалось, что такие яркие источники света, как светодиодные лампы также имеют свои «темные стороны». Чтобы убедиться в экологичности светодиодной лампы, достаточно вспомнить из каких деталей она состоит.

Принцип работы СД был изобретен Генри Джозефом Раундом еще в начале прошлого века, в России патент на электролюминесценцию в начале 20-х годов получил Лосев. Но техническая реализация СД и их внедрение достигли промышленных масштабов лишь к окончанию прошлого века, чтобы к началу XXI сделать одним из наиболее распространенных источников света [1].

Из белых СД наименее опасными для зрения являются диоды с коррелированной цветовой температурой (Тц) не выше 4000 К, у которых уровень излучения в синеголубой части спектра не превышает интенсивности желто-оранжевой полосы. Поэтому белые СД с Тц порядка 6500 К уже вызывают опасения.

Высокие Тц светильников с СД можно снижать с помощью соответствующих цветных светофильтров до 2700–4000 К. В качестве таких светофильтров могут выступать объемно окрашенные светорассеиватели светильников или же линзовые части СД [1].

Фундаментальные исследования, проводившиеся с пятидесятых годов прошлого века, показали, что световое излучение, проникая через орган зрения в мозг по так называемым незрительным каналам, может ощутимо воздействовать как на физиологию, так и на психику человека.

Помимо этого, давно доказан вред пульсаций от любого искусственного источника света. Оно связано с низким качеством блоков питания, преобразующих переменное напряжение питающей сети в постоянное напряжение, которое, в свою очередь, связано со сглаживающими фильтрами, качество которых определяется стабильностью конденсаторов. Мерцания частотой от 8 до 300 Гц отрицательно влияют на нервную систему. Как видимые, так и невидимые пульсации проникают через органы зрения в головной мозг и способствуют ухудшению здоровья. Светодиодные лампы не стали исключением.

Особого внимания заслуживает синий спектр излучения. Он оказывает особое действие на организм человека. С развитием технологий значительно увеличилось количество синего излучения, попадающего в наши глаза. При его избытке развиваются негативные процессы: нарушаются биоритмы (циркадные ритмы), происходит дегенерация сетчатки, возникают различные патологии. Научно доказано, что наличие в спектре освещения линии синего цвета уменьшает выработку гормона сна – мелатонина и вредит сетчатке, вызывая в ней необратимые изменения. Кроме падения уровня мелатонина, излучение синего цвета вызывает целый ряд побочных эффектов: усталость, повышенное зрительное напряжение, заболевание глаз [2]. Этот цвет воспринимается ярче, что часто используется в маркетинге, для привлечения нашего внимания к нужному месту в рекламе.

Циркадные ритмы – важнейший процесс в жизнедеятельности человека. Их называют еще «внутренние часы». Другими словами, это чередование периодов сна и бодрствования в течение суток. Это естественные процессы, но искусственное освещение

напрямую влияет на их работу. Дело в том, что особые фоторецепторы, расположенные в глазах, посылают сигнал в эпифиз: он отвечает за синтез и выделение в кровь гормона мелатонина, отвечающего за сон. При наступлении темноты его выработка увеличивается, способствуя сонливости. Длительное воздействие синего света подавляет выработку мелатонина, смещая циркадные ритмы в среднем на три часа, соответственно, желание уснуть вовремя не появляется.

С наступлением темноты следует избегать яркого излучения СД, особенно в комнатах для отдыха персонала и салонах пассажиров ЛА.

Нобелевскую премию по физике получила группа японских ученых, открывших новую технологию, позволяющую производить белые светодиодные лампы, вред от которых минимален. В качестве источника света используется комбинация из нескольких разноцветных диодов, излучения которых смешиваются под воздействием специальной линзы, давая в результате белый свет, что аналогично природному процессу формирования «бесцветного» естественного освещения [3].

Наземные исследования влияния хронобиологического освещения салона авиалайнера Lufthansa A350-900 на стабилизацию циркадной ритмики и самочувствие пассажиров и экипажа привели к появлению новой технологии освещения. Airspace by Airbus – это название новой концепции светодиодного освещения салона самолета, европейского производителя Airbus. Эта концепция используется в новых самолетах «A330neo» с конца 2017 года. Подсветка очень гибкая в плане регулирования цветовой температуры. Как и в более крупной модели A350, освещение имеет возможность плавного регулирования цветовой температуры в пределах 16,7 миллиона возможных цветов, что позволяет создать индивидуальное освещение в зависимости от настроения пассажиров.

Сегодня многие люди недостаточно информированы о том, как влияет синий свет на глаза. И взрослым, и детям необходимо соблюдать защитные меры, чтобы обезопасить себя от его негативного влияния. Существует ряд рекомендаций от специалистов, как защитить глаза от чрезмерного синего излучения.

Таким образом, в транспортных системах в целях исключения рисков поражения глаз целесообразно исключить применение синего света для освещения пассажирских салонов, а для обеспечения безопасности необходимо применять сертифицированные источники с биологически адекватным спектром излучения [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Старцев, Ю. К. Некоторые проблемы безопасности и здоровья пассажиров при использовании светодиодного освещения в салонах ЛА и на рабочих местах диспетчеров и экипажа / Ю. К. Старцев // Вестник СПбГУГА. – 2019. – № 1 (22). – С. 115–132.
2. Иоффе, К. И. Влияние спектра излучения различных источников света на организм человека / К. И. Иоффе // Світлотехніка та електроенергетика. – 2010. – № 3–4. – С. 58–61.
3. Капцов, В. А. Риски влияния света светодиодных панелей на состояние здоровья оператора / В. А. Капцов, В. Н. Дейнего // Анализ риска здоровью. – 2014. – № 4. – С. 37–46.

УДК 535:656:666

Ю.К. Старцев

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

СОХРАНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ОСТЕКЛЕНИЯ КАБИНЫ ПИЛОТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЗАБОТА ЭКИПАЖА ВС

Хорошо известно [1, 2, 3], что характер разрушения элемента конструкции определяется запасенной внутренней энергией. Для элементов конструкционной оптики, упрочненных путем создания остаточных сжимающих напряжений, эта энергия определяется соотношением между сжимающими и растягивающими напряжениями. Ионнообменная технология позволяет широко варьировать напряжения, изменяя температурно-временную программу обмена, следовательно, появляется возможность регулировать характер повреждения поверхности элементов конструкционной оптики. В принципе, с помощью ионного обмена можно изменить степень дефектности изделия конструкционной оптики от неупрочненного до интенсивно закаленного. Закаленные изделия конструкционной оптики разрушаются с полной потерей видимости, а упрочненные ионным обменом сохраняют прозрачность, достаточную для предотвращения аварийной ситуации, например, для снижения высоты полета при разгерметизации ЛА или ее угрозе. В этой связи важным, а иногда решающим, оказывается то, как и чем протирают элементы остекления члены экипажа ВС в кабине пилотов. Не последнюю роль здесь имеет место тот факт, что от появления трещины в одном из этих элементов до разгерметизации борта может пройти лишь несколько секунд, в течение которых хорошо бы успеть занять низкий эшелон!

Принципы, которыми, по мнению автора, следует руководствоваться при изучении проблемы устойчивости остекления к его протиранию и сохранения прочности остекления кабины пилотов, выполненного из оксидного стекла, представляются следующими [3].

Практически все изделия конструкционной оптики, используемые для остекления ВС, можно свести к четырем типам, приведенным в [3]. Требования к несущей способности и абразивостойкости отдельных элементов конструкционной оптики необходимо определять в зависимости от условий эксплуатации конкретной рабочей поверхности конкретного элемента. В общем случае абразивостойкость можно охарактеризовать как способность элемента конструкционной оптики сохранять свою прочность после создания дефектов при воздействии царапающего, режущего, ударного или другого вида посторонними твердыми частицами.

Многообразие возможных видов повреждения поверхности изделий конструкционной оптики в реальных условиях эксплуатации, за редкими исключениями находящимися вне диапазона контроля и управления, условность разделения абразивных частиц по степени закрепления и углам атаки, изменение геометрии зерна и его абразивной способности в процессе воздействия, наконец, относительность понятия «хрупкость» элемента конструкционной оптики делают относительным и понятие «абразивостойкость». Если степень абразивной обработки изучаемого образца не согласована с условиями предполагаемого применения изделия конструкционной оптики, то результаты лабораторных испытаний могут привести в лучшем случае к необоснованным выводам о необходимости изменения толщины стеклоизделия, а в худшем – к катастрофическим последствиям. Изучение рассматриваемой проблемы с этой точки зрения требует получения относительных данных по устойчивости элемента конструкционной оптики, упрочненного разными методами, к различным абразивным повреждениям.

Действие слабозакрепленного абразивного зерна на поверхность элемента конструкционной оптики в реальных условиях эксплуатации ЛА встречается чрезвычайно

часто: песок, отброшенный на остекление струей воздуха, протирание остекления грязной ветошью, любой контакт изделия конструкционной оптики с посторонним предметом, содержащим абразивные частицы. Поэтому методы, имитирующие протирку оптических элементов, нашли широкое применение при изучении абразивостойкости (см., например, [1]). Первые же сравнительные испытания [1] показали, что абразивостойкость стекла, упрочненного ионным обменом, в значительной степени зависит от его химического состава. При протирании наждачной бумагой алюмосиликатного стекла, упрочненного таким способом, прочность остекления снижалась от 600 до 465 МПа; для термически полированного стекла падение прочности оказалось еще просто катастрофическим: от 335 до 55 МПа. Результаты исследования влияния абразивного повреждения поверхности ТПС толщиной 3 мм на его прочность приведены в таблице.

Таблица 1 – Изменение прочности σ [МПа] поверхности образцов n [штук] термически полированного стекла толщиной 3 мм, упрочненных закалкой в ПЭС-5 и ионным обменом при 500 С в течение 6, 12, 24 и 48 час, до и после абразивного повреждения

Параметр	Время обработки в KNO ₃ час				Закалка в ПЭС-5
	6	12	24	48	
До абразивного повреждения					
n	28	29	28	30	28
$\sigma_{\text{мин}}$	418	448	421	413	148
$\sigma_{\text{ср}}$	650	620	575	560	266
$\sigma_{\text{макс}}$	843	793	808	705	437
S_s	102.3	78.4	99.3	72.1	65.0
Протирание сухой салфеткой					
n	31	30	–	25	
$\sigma_{\text{мин}}$	135	237	–	318	
$\sigma_{\text{ср}}$	625	565	–	520	
$\sigma_{\text{макс}}$	1074	774	–	751	
S	210.3	173.2	–	91.9	
Протирание влажной салфеткой					
n	25	27	–	30	
$\sigma_{\text{мин}}$	189	183	–	217	
$\sigma_{\text{ср}}$	525	555	–	480	
$\sigma_{\text{макс}}$	700	617	–	622	
S	122.9	147.6	–	82.1	
Протирание наждачной бумагой					
n	25	–	75	55	41
$\sigma_{\text{мин}}$	52	–	85	163	82
$\sigma_{\text{ср}}$	130	–	285	305	150
$\sigma_{\text{макс}}$	285	–	420	492	244
S	33.3	–	58.9	60.3	47.4
Шлифование свободным абразивом					
n , штук	–	15	–	25	20
$\sigma_{\text{мин}}$	–	8	–	52	84
$\sigma_{\text{ср}}$	–	14	–	75	87
$\sigma_{\text{макс}}$	–	37	–	92	90
S_s	–	11.1	–	9.9	3.3

Как видно из таблицы, упрочнение остекления методом ионного обмена позволяет получить элементы конструкционной оптики, не подвергнутого абразивному воздействию, прочность которого даже после протирки наждачной бумагой будет оставаться выше прочности закаленного стекла. Стойкость элемента конструкционной оптики с указанными параметрами остаточных напряжений к рассматриваемому виду абразивного воздействия примерно в 2 раза выше стойкости закаленного.

В одной из серии выполненных опытов имитировался процесс протирки элементов конструкционной оптики сухими и влажными салфетками с наносенными на них зернами кварцевого песка размером 150–250 мкм. Такими салфетками лист стекла размером 300x300 мм протирался обычными круговыми движениями в продолжение 15 минут, после чего разрезался на образцы для испытания на механическую прочность. Ввиду переменного усилия, продолжительности хранения до определения прочности и изменения других внешних условий метод плохо воспроизводился и мог быть использован лишь для грубой оценки абразивостойкости.

Действие свободного абразивного зерна можно свести к задаче соударения упругой твердой сферы с упруго-хрупкой поверхностью. Теория такого воздействия рассмотрена во многих работах. В простейшем случае действие свободного зерна сводится к решению задачи Герца (нагружение тупым индентором), для которой характерен абсолютно упругий контакт вплоть до критической нагрузки, по достижении которой в образце начинает развиваться коническая трещина на ранее существовавших поверхностных дефектах, расположенных непосредственно за окружностью контакта, где растягивающие напряжения максимальны. Условия скачкообразного перехода любой поверхностной трещины в коническую могут быть найдены с помощью уравнения Гриффита: конус образуется в том случае, когда силы, способствующие развитию трещины, преодолевают сопротивление, связанное с созданием новой поверхности. Поскольку в момент соударения сферической частицы и плоскости элемента конструкционной оптики поле Герца становится резко неоднородным, то вывести точные аналитические зависимости критической нагрузки от размера исходной трещины и размера вновь образуемой кольцевой трещины от критической нагрузки на современном уровне знаний механики контактного разрушения пока не удастся. Для решения такого рода задач прибегают к хорошо разработанным приближительным методам типа метода конечных элементов, дающих, несмотря на их приближительность, вполне приемлемые значения полей напряжений при вполне разумных предположениях.

Применение в элементах ЛА неметаллических материалов с улучшенными свойствами и нетрадиционных технологий их изготовления позволяет создать элементы конструкционной оптики с принципиально новыми, отличающимися от существующих, тактико-техническими данными, аэродинамическими и конструктивными формами.

В любом случае, совершенно недопустимо нарушать экипажем транспортных средств и обслуживающим персоналом правил ухода за любыми деталями остекления, что определяется в первую очередь необходимостью обеспечить безопасность полета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бутаев, А. М. Прочность стекла. Ионообменное упрочнение / А. М. Бутаев. – Махачкала, 1997. – 250 с.
2. Старцев, Ю. К. Физические и химические основы конструкционной оптики: остекление воздушных транспортных средств / Ю. К. Старцев. – ФГБОУ ВПО СПбГУГА, 2011. – 256 с.
3. Старцев, Ю. К. Конструкционная оптика транспортных средств / Ю. К. Старцев, А. М. Бутаев, Т. С. Титова. – ФГБОУ ВПО ПГУПС. – СПб., 2014. – 176 с.

УДК 535:656:666

Ю.К. Старцев

Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации

ТРЕЩИНЫ СЕРЕБРА В ОСТЕКЛЕНИИ ПАССАЖИРСКОГО САЛОНА: ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Приоритетной задачей современного авиастроения является обеспечение долговечности и живучести изделий конструкционной оптики технологическими методами, которые в значительной степени определяются качеством поверхностного слоя. Одним из эффективных технологических приемов повышения надежности является поверхностное модифицирование [1, 2, 3].

Растрескивание поверхности органического стекла известно с начала его производства и применения в промышленности. На первых порах в элементах конструкционной оптики возникает так называемое «серебро» – дефект, получивший название за серебристый отблеск света, отраженного от боковых поверхностей трещин под определенным углом к его источнику. Стойкость стекла к образованию «серебра» принято называть «серебростойкостью». Этот термин включает способность органического стекла к поверхностному растрескиванию под действием механических напряжений. Такой же характер имеют и трещины, образующиеся под действием растворителей, под действием атмосферных или имитирующих их условий, влаги и т. п. Такое многообразие понятия «серебростойкости» часто затрудняет придать описанию этого дефекта объективную оценку.

Под стойкостью к растрескиванию («серебростойкостью») в первую очередь понимают стойкость материала к воздействию постоянных механических напряжений при варьировании температурных условий, которая характеризуется временем с момента нагружения образца до появления первых трещин. Появление «серебра» на поверхности органического стекла можно рассматривать как начало его разрушения. Степень развития трещин и разнообразие их форм зависят от условий образования и от вызывающих их факторов. Трещины могут быть самых разных размеров – от воспринимаемых визуально в виде синей окраски органического стекла и его помутнения до глубоких трещин (более 1–2 мм), различимых невооруженным глазом.

Такие трещины, как правило, возникают на поверхности и располагаются перпендикулярно растягивающим напряжениям. Трещины «серебра» подразделяются на неориентированные и на ориентированные. Условиями появления хаотически направленных трещин являются растягивающие напряжения, причиной возникновения которых могут быть, например, старение материала органического стекла в естественных или искусственных условиях, при улетучивании с его поверхности остаточных молекул мономера или продуктов деструкции полимера под действием УФ излучения или паров органических растворителей и т. п.



Рисунок 1 – Формы упругой поверхности мембраны, защемленной по контуру, на различных этапах нагружения: по мере роста разности давлений по обе стороны мембраны и увеличения деформации мембраны точки перегиба и зоны зарождения микротрещин смещаются от центра в направлении контура

Одноосное растяжение всегда приводит к образованию ориентированных трещин «серебра». В случае воздушного судна такие напряжения возникают при разности давлений на борту и в окружающем пространстве. Изгиб мембраны, каковой в идеале можно представить практически любой элемент конструкционной оптики, сопровождается сжатием и растяжением противоположных поверхностных слоев остекления. Форма упругой поверхности мембраны по мере увеличения прогиба меняется. На приведенном рисунке показаны формы упругой поверхности мембраны, заземленной по контуру, при различных уровнях нагружения. С увеличением разности давлений растет прогиб, и точка перегиба на линии осевого сечения мембраны смещается к контуру, а форма упругой поверхности мембраны приближается к сферической. По этой причине первоначальные проявления «серебра» локализованы между центром круглого элемента остекления и его заземленным краем, смещаясь по мере роста перепада давления и продолжительности службы иллюминатора к заземленному краю.

Вопрос о степени опасности трещин, возникающих на поверхности ИКО из органического стекла, долгое время оставался неясным, так как сведения носили противоречивый характер. С одной стороны, имелись данные, свидетельствующие о том, что показатели светопрозрачности и ударной вязкости листового органического стекла с большой степенью поражения поверхности (частая равномерная сетка неориентированных трещин «серебра») значительно более низкие, чем у исходного материала. Так, светопрозрачность исходного стекла уменьшалась до 75 от начальных 92 %, а ударная вязкость снижалась до 6 от первоначальной величины около $12 \text{ МПа м}^{1/2}$.

Чрезвычайно большое практическое значение имеет влияние временного фактора на прочность материала, так как владение информацией о его долговечности помогает определить срок службы деталей и конструкции. С учетом того, что верхний предел рабочих температур серийного органического стекла ограничен $+60^\circ\text{C}$, а статическая прочность его при этой температуре около 40 МПа, было сделано предположение, что те температуры, при которых у теплостойких и термостабилизированных стекол статическая прочность составляет $\sim 40 \text{ МПа}$, являются их верхними пределами рабочих температур в условиях полного нагрева по сечению стекла. На основании аналогичных соображений устанавливались рабочие температуры органического стекла в условиях установившегося перепада температур. Между величиной предела прочности и долговечностью в исследованных условиях для различных теплостойких и термостабилизированных стекол существует определенная зависимость. Предел прочности при растяжении для серийного органического стекла при 60°C составляет $\sim 40 \text{ МПа}$. Такое же значение прочности и у термостойких стекол СТ-1 и 2–55 при 80 и 100°C соответственно. Сильный перегрев поверхности органического стекла приводит к появлению больших напряжений, способных вызвать растрескивание поверхности стекла. Поэтому не рекомендуется допускать нагревания поверхности органического стекла до температур, близких к температуре деструкции стекла, а равно допускать сильный перегрев при механической или противообледенительной обработке летательного аппарата.

При растяжении органического стекла поверхностные трещины появляются при нагрузках, составляющих 25–30 % от разрушающего напряжения. При одноосном растяжении характер зависимости продолжительности нагружения до момента появления первых трещин от напряжения аналогичны характеру зависимости долговечности от приложенного напряжения. При напряжениях до 40 МПа время до момента возникновения трещин составляет примерно 1 % от долговечности материала. Это означает, что до разрушения (99 % времени) образец находится под нагрузкой с трещинами «серебра» на поверхности.

Такое соотношение между временем до момента появления трещин и временем до разрушения образца объясняется кинетикой роста трещин в условиях стационарного нагружения: число трещин сначала растет, а затем, начиная с какого-то момента, зарождение новых трещин прекращается. Аналогичная ситуация и с размерами трещин:

сначала они быстро увеличиваются, а потом их рост замедляется. Число трещин, появляющихся на поверхности стекла, прямо пропорционально, а их размер обратно пропорционален приложенному напряжению.

Зависимость стойкости к растрескиванию от растягивающих напряжений используется в качестве критерия для сравнения органических стекол различного химического состава. Стекла с более высокой температурой стеклования имеют при равных напряжениях более высокую стойкость к растрескиванию. При 20 °С наиболее стойко к растрескиванию стекло Т2-55, получаемое на основе частично сшитого полимера, а при высоких температурах – стекло Э-2, структура которого представляет собой максимально сшитую сетку.

Ориентированные органического стекла имеют более высокую стойкость к растрескиванию, чем неориентированные: как при 20 °С, так и при повышенных температурах время до растрескивания ориентированных органических стекол при постоянном напряжении на 1,5–2 порядка превышает время до растрескивания неориентированных материалов. При более высоких температурах это различие несколько уменьшается.

Возникновение трещин на поверхности органического стекла свидетельствует о начале разрушения полимера. Зависимость времени до появления трещин от напряжения и температуры подчиняется температурно-временной. При этом значения энергии активации процесса образования «трещин» и процесса полного разрушения образцов при их испытаниях на долговечность одинаковы, изменяется лишь структурно-чувствительный коэффициент в выражение, описывающем кинетику процесса.

В процессе механического нагружения органического стекла сначала появляются трещины, створки которых соединены ориентированным материалом - «тяжами». Эти трещины вызывают тот эффект, который принято называть «серебром». Их увеличение связано со смещением материала в устье зародившейся трещины в направлении приложения усилий с последующим растяжением органического стекла, а затем с разрывом «тяжей». Смежные участки устья трещины перемещаются неравномерно: на отстающих участках образуются «тяжи», которые, растягиваясь и сдвигаясь, «выдергиваются» из стенок трещины, органического стекла оставляя следы в виде бороздок. Избыток деформированного материала после разрушения трещины органического стекла остается на ее поверхности в виде валика. Таким образом, между трещинами «серебра», сохраняющими «тяжи», и микротрещинами, в которых видны только бороздки, существует различие. Характер развития микротрещин и превращения их в реальные трещины, а также релаксационные явления в устье возникшей трещины и в прилегающей к ней зоне определяют замедленный рост трещин, и, следовательно, увеличивают время, которое отделяет момент их появления от полного разрушения органического стекла.

При появлении трещин «серебра» необходимо следить за тем, не увеличиваются ли они по размеру и не возникают ли в других местах иллюминатора, в противном случае такое стекло подлежит замене. Остекление нужно предохранять от ударов твердыми предметами и от других механических повреждений, не следует подвергать их длительному воздействию влаги и солнечных лучей и особенно важно не допускать действия органических растворителей и их паров, вызывающих образование поверхностных микротрещин. Пыль и грязь с поверхности стекла удаляются мягкой чистой хлопчатобумажной тканью, смоченной в чистой воде, с последующей протиркой досуха сухой мягкой тканью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бутаев, А. М. Прочность стекла. Ионообменное упрочнение / А. М. Бутаев. – Махачкала, 1997. – 250 с.

2. Старцев, Ю. К. Физические и химические основы конструкционной оптики: остекление воздушных транспортных средств / Ю. К. Старцев. – ФГБОУ ВПО СПбГУГА, 2011. – 256 с.

3. Старцев, Ю. К. Конструкционная оптика транспортных средств / Ю. К. Старцев, А. М. Бутаев, Т. С. Титова. – ФГБОУ ВПО ПГУПС. СПб., 2014. – 176 с.

УДК 629.73.025.017.17 + 629.73.067.5

О.С. Филиппенко, Д.А. Максименко

Белорусская государственная академия авиации

ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ И РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Обледенение – одно из тех явлений, которое оказывает существенное влияние на работу воздушных судов (ВС). Механизм обледенения подробно изучается, существует большое количество исследований на указанную тематику [1, 2, 3, 4]. Однако тематика не теряет своей актуальности. Изучение процессов обледенения актуально в связи с тем, что необходимо учитывать их влияние на авиационную технику и предотвращать или минимизировать их воздействие.

Цель работы состоит в изучении физических основ образования льда на летательных аппаратах. Задача состоит в изучении различных видов обледенений, физического механизма процесса обледенения и математическом расчете некоторых показателей обледенения (коэффициента захвата, коэффициента намерзания) и их влияния на интенсивность образования льда. Объектом исследования выступает обледенение на частях воздушных судов. В статье рассматривается образование льда на крыльях самолета Boeing 737-300 500. Предмет исследования: физические модели и использование математических моделей для расчета интенсивности процесса обледенения и его показателей.

Обледенение – образование слоя льда на поверхности ВС во время полета. Лед может образовываться на внешних частях самолета (например, на крыле) и во внутренних (лопатки двигателя). Обледенение крыла приводит к резкому изменению его профиля, что ухудшает его аэродинамические характеристики. Накопление льда на лопастях крыльев приводит к изменению скоростей вращения.

Можно выделить два основных физических механизма обледенения:

1) На поверхность оседают переохлажденные капли воды, вследствие сублимации водяного пара. При этом температура поверхности должна иметь отрицательную температуру. Явление может наблюдаться при условии, быстрого снижения и перехода из холодных слоев атмосферы в более теплые. После соприкосновения с холодными поверхностями самолета вода образует кристаллы;

2) Парциальное давление по своему состоянию близко к давлению насыщенного водяного пара над поверхностью льда, причем температура поверхности должна быть ниже температуры внешней среды.

При изучении обледенения воздушных судов обычно наблюдают следующие виды обледенения: 1) сублимационное; 2) сухое обледенение; 3) замерзание переохлажденной влаги (вода в метастабильном состоянии).

Метастабильное состояние в термодинамике, состояние неустойчивого равновесия физической системы, в котором система может находиться долгое время. Примерами метастабильного состояния могут служить перегретая или переохлажденная жидкость и пар. Возникновение состояния объясняется теорией термодинамического равновесия и фазовых переходов. Состоянию равновесия замкнутой системы соответствует максимум энтропии. Для воды метастабильное состояние происходит при 0.

Для характеристики обледенения ВС вводят понятие интенсивности. Существуют различные модели для расчета интенсивности. Первая модель:

$$I = \frac{1.67 \cdot 10^{-2}}{\rho_l} \nu \sigma E \beta, \quad (1)$$

где ν – скорость набегающего потока самолета, $\frac{м}{с}$; σ – водность облака, $\frac{кг}{м^3}$; E – полный коэффициент захвата частиц, зависящий от геометрических характеристик крыла и капель воды; β – коэффициент намерзания (отношение массы наростшего льда m_l к массе осевшей воды $m_в$ за один промежуток времени на одинаковую поверхность); ρ_l – плотность льда, $\frac{кг}{м^3}$. [5] В модели использовались параметры для самолета Boeing 737-

300 500. Значение водности для интервалов $t[-20; -15]$ $\sigma = 0,13 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{м^3}$;

$t[-10; -5]$ $\sigma = 0,18 \cdot 10^{-3} \frac{кг}{м^3}$. Диапазон расчетных температур от -40 °С до 0 °С.

Коэффициент намерзания был принят за $\beta = 0,15$.

Приводится модель, которая позволяет более точно рассчитать значение интенсивности [2]:

$$I = \frac{4}{3} \pi \cdot \nu \cdot \beta \frac{\rho_в}{\rho_l} \cdot r^3 \cdot E, \quad (2)$$

где $\rho_в$ – плотность воды, $\frac{кг}{м^3}$, r – радиус капли, $м$. Интенсивности обледенения по формулам (1), (2): $I_1 = 8,84 \cdot 10^{-14} \frac{м}{с}$, $I_2 = 10 \cdot 10^{-14} \frac{м}{с}$.

Для расчета коэффициента захвата нужно рассчитать безразмерный параметр [3]:

$$P = \frac{2}{9} \frac{r^2 V_\infty \rho_w}{\mu_a L}, \quad (3)$$

где V_∞ – скорость набегающего потока, $\frac{м}{с}$; ρ_w – плотность воды, $\frac{кг}{м^3}$; μ_a –

динамическая вязкость, $Па \cdot с$; L – удельная теплота кристаллизации, $\frac{Дж}{кг}$. Его значение получилось равным 2,3. Из ранее произведенных расчетов [3] был найден коэффициент захвата $E=0.58$.

Построены графики изменения параметра β (коэффициент намерзания) при разных

условиях. 1) При $t_s < 0$ °С: $\beta = \frac{m_в - m_u}{m_в} = 1 - \frac{m_u}{m_в}$, где m_u – масса испарившейся воды, кг.

Условие: $m_в > m_{кр}$ замрзнет только часть оседающей воды, остальная часть должна остаться в жидком виде.

На рисунке 3 приведена зависимость интенсивности намерзания от коэффициента захвата.

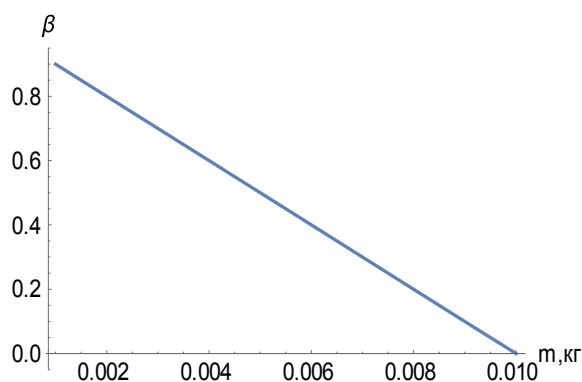


Рисунок 1 – График зависимости коэффициента замерзания от массы воды при испарении

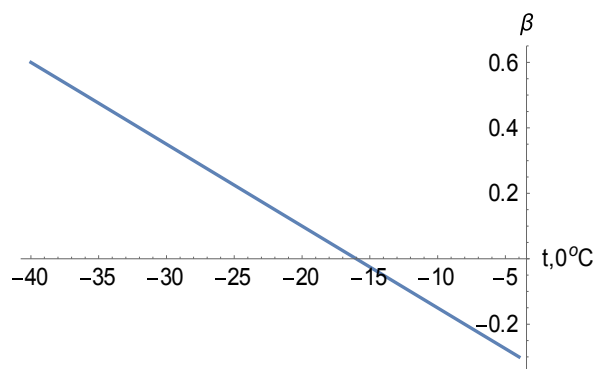


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента замерзания от температуры

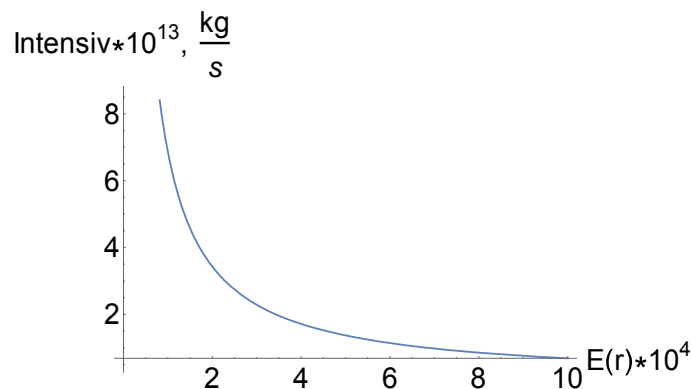


Рисунок 3 – Зависимость интенсивности намерзания от коэффициента захвата

В статье рассмотрены физические основы процесса обледенения для параметров самолета Boeing 737-300 500. Рассчитана интенсивность обледенения по двум моделям, произведена оценка погрешности (15%). Построены зависимости параметров β и E , а также влияние на эти параметры различных явлений. Изучение характеристик способствует поиску новых способов борьбы с обледенением. Один из возможных путей-предотвращение обледенения можно на стадии образования льда, когда вода только соприкасается с поверхностью. Например, использование гидрофобных поверхностей [5].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шевяков, В. И. Инженерный метод определения соответствия воздушных судов сертификационным требованиям для условий обледенения / В. И. Шевяков // Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2013. – № 188. – С. 46–52.

2. Фролов, В. А. Зоны захвата и осаждения капель воды при обтекании цилиндра / В. А. Фролов, К. В. Редькина // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – № 6–4. – С. 1058–1061.

3 Матвеев, А. Н. Молекулярная физика : учеб. пособие / А. Н. Матвеев. – СПб. : Издательство «Лань», 2010. – 368 с.

4. Условия обледенения воздушных судов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://flymeteo.org/stat/icing.php>. – Дата доступа: 05.04.2013.

5. Ерин, Ю. Н. Наноструктурированные сверхгидрофобные поверхности помогут избежать обледенения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elementy.ru/novosti_nauki/431494/Nanostrukturirovannye_sverkhgdrofobnye_poverkhnosti_pomogut_izbezhat_obledeneniya. – Дата доступа: 17.01.2011.

6. Кириленко, А. И. Построение моделей отказов противообледнительной и радиотехнической систем самолета Boeing 737-300/500 / А. И. Кириленко, О. С. Филиппенко, Д. Е. Бельская // Авиационный вестник. – 2020. – № 3. – С. 36–40.

УДК 620.9

А.И. Кириленко, В.А. Хведченя

Белорусская государственная академия авиации

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ

Республика Беларусь обладает промышленностью, системой транспорта и энергетикой, на 85 % базирующейся на привозных энергоносителях. Учитывая рост цен на импортируемые энергоносители, назрела необходимость внедрения новых источников энергии, обеспечивающих энергетическую независимость и безопасность. Таких источников два: ядерная энергетика и возобновляемые источники энергии (энергия ветра, биомасса, гидроэнергия рек и солнечная энергия) [1, 2].

По итогам исследований Беларусь располагает значительными ресурсами энергии ветра, выявлено 1840 площадок, расположенных на Витебской, Ошмянской, Новогрудской, Оршанской, Городокской возвышенностях и на Копыльской гряде, пригодных для размещения ветроэнергетических установок (ВЭУ). При возведении на них ВЭУ установленной мощностью 2,5 МВт каждая, их суммарная мощность составит 4600 МВт. Это позволит вырабатывать ежегодно порядка 10 млрд кВт·ч электроэнергии [3].

Согласно Государственному кадастру возобновляемых источников энергии, размещенному на сайте Минприроды, сегодня в Беларуси действует 124 ВЭУ с суммарной установленной мощностью 217,87 МВт и выработкой в год 708,6 млн кВт·ч (или 1,9 % от общего потребления в Беларуси). Максимально возможное снижение выбросов парниковых газов при эксплуатации ВЭУ в 2021 году составляет 489,5 тыс. тонн [4].

Экономия условного топлива от эксплуатации ВЭУ составляет 83,1 тыс. тонн в год. Согласно информации Департамента по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь в 2021 году рекомендуется использовать в расчетах расчетную стоимость 1 тонны условного топлива (т.у.т) равную 210 долларов США [5]. Таким образом, работа ВЭУ экономит ежегодно 17,5 млн дол.

Крупнейший на сегодня в Беларуси ветропарк мощностью 9,9 МВт (6 объединенных ВЭУ Vestas V66 по 1,65 МВт) расположен в урочище Татаришки Зельвенского района Гродненской области. Годовая выработка электроэнергии этим парком оценивается в 23 млн кВт·ч. ООО «Зилант» вложило в ветропарк 5,6 млн дол. [6].

Ветропарк РУП «Гродноэнерго» в н.п. Грабники Новогрудского района Гродненской области состоит из 6 ветроустановок по 1,5 МВт общей стоимостью 13 млн дол. [7].

В Лиозненском районе Витебской области ООО «ВетроВатт» возвело 2 ветроустановки суммарной мощностью 6 МВт общей стоимостью 8 млн дол. [8].

Сравним затраты и экономический эффект от строительства (новой и реновированной) ВЭУ мощностью 1,5 МВт и одного энергоблока Белорусской АЭС мощностью 1200 МВт. Проведем следующие расчеты:

Годовую выработку электроэнергии W определяем по формуле:

$$W = P_n \cdot K_i \cdot 8760,$$

где P_n – мощность энергоустановки,

K_i – коэффициент использования номинальной мощности энергоустановки,

8760 – количество часов в год.

Срок окупаемости энергоустановки T определяем по формуле:

$$T = C_k / (1 + k_s - k_z) \cdot C_a \cdot K_i \cdot 8760,$$

где C_k – удельные капитальные затраты, дол./кВт установленной мощности,

k_s – коэффициент дополнительной выгоды от сокращения выбросов парниковых газов, уменьшения стоков и других экологических мероприятий,

k_z – коэффициент дополнительных эксплуатационных затрат на обслуживание энергоустановки и текущий ремонт, закупку сырья, эксплуатацию электросетей, амортизационные расходы, налоги, отчисления на погашение кредитов, захоронение отходов и другие дополнительные затраты,

C_a – тариф на электроэнергию для производителей электроэнергии.

Новая ВЭУ установленной мощностью 1,5 МВт обойдется ориентировочно в 2 млн дол. и обеспечит годовую выработку электроэнергии:

$$W = 1500 \cdot 0,25 \cdot 8760 = 3,285 \cdot 10^6 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}.$$

В соответствии с Постановлением Министерства антимонопольного регулирования и торговли Республики Беларусь от 26 августа 2019 г. № 70, для ВЭУ, вводимых в пределах квоты с 01.01.2020 г. по 31.12.2022 г., применяется повышающий коэффициент 1,1 в течение первых 5 лет и коэффициент 1,01 в течение последующих 5 лет. За основу принимается тариф на электроэнергию ГПО «Белэнерго» для субъектов хозяйствования с установленной мощностью до 750 кВА. Сегодня он составляет 0,28666 руб./кВт·ч. Исходя из курса 2,55 руб./дол. и коэффициента 1,1 тариф на покупку электроэнергии от ВЭУ составляет 0,124 дол./кВт·ч.

Срок окупаемости ВЭУ составит:

$$T = 1330 / (1 + 0,05 - 0,25) \cdot 0,124 \cdot 0,25 \cdot 8760 = 6,1 \text{ года}.$$

Для сравнения, один энергоблок Белорусской АЭС мощностью 1200 МВт обеспечит годовую выработку электроэнергии:

$$W = 1200000 \cdot 0,7 \cdot 8760 = 7,358 \cdot 10^9 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{год}.$$

Удельные капитальные затраты при строительстве АЭС сегодня составляют 4000–5000 дол. за 1 кВт установленной мощности и еще 1500 дол. за 1 кВт на создание инфраструктуры. Плюс сроки строительства 6–8 лет, в течение которых продолжается наращивание долга.

Эксплуатационные затраты АЭС составляют ориентировочно 50% стоимости выработанной электроэнергии. Поэтому коэффициент, учитывающий дополнительные затраты при эксплуатации АЭС, принимается равным $k_z = 0,5$.

При тарифе на покупку электроэнергии у АЭС электроснабжающей организацией 0,077 дол./кВт·ч срок окупаемости АЭС составит:

$$T = 5500 / (1 + 0 - 0,5) \cdot 0,077 \cdot 0,7 \cdot 8760 = 23,3 \text{ года}.$$

Таким образом, ветроэнергетика в Беларуси по своим технико-экономическим (капитальные затраты, сроки строительства, окупаемость) и экологическим показателям выгоднее ядерной энергетики. Выработка электроэнергии ВЭС может составить до 20 % потребности страны в электроэнергии. Внедрение ветроэнергетики в Беларуси целесообразно и необходимо независимо от строительства АЭС.

Следует также отметить, что не энергией единой продвигаются АЭС. Наличие АЭС в стране – это начало развития самых инновационных атомных технологий, среди которых на первом месте производство и использование радиоизотопов и нейтронных потоков.

Таблица 1 – Сравнительный анализ строительства ВЭУ и АЭС

Наименование	Вариант ВЭУ		АЭС
	реновированная	новая	
Коэффициент использования номинальной мощности	0,25	0,25	0,7
Тариф на электроэнергию, дол./кВт·ч	0,124	0,124	0,077
Номинальная мощность ВЭС, МВт	1,5	1,5	1200
Коэффициент k_s	0,05	0,05	0
Коэффициент k_z	0,25	0,25	0,5
Удельные капитальные затраты, дол./кВт	670	1330	5500
Годовая выработка электроэнергии, кВт·ч	$3,285 \cdot 10^6$	$3,285 \cdot 10^6$	$7,358 \cdot 10^9$
Срок окупаемости, лет	3,1	6,1	23,3

Таблица 2 – Техничко-экономические показатели различных энергоустановок

Наименование	Капитальные затраты, дол./кВт	Срок строительства, лет	Срок окупаемости, лет
Ветроэнергетика	1 500–2 000	1	Менее 8
Солнечная энергетика	1 800–3 900	–	Более 29
Малая гидроэнергетика	7 000 и более	4–5	Более 20
Энергетика биомассы	2 500–3 500	1–2	Менее 8
Атомная энергетика	4 500–5 500	6–8	Более 20

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Олешкевич, М. М. Нетрадиционные источники энергии : учеб.-метод. пособие для студ. вузов / М. М. Олешкевич, Ю. А. Лосюк. – Минск : БГПА, 2001. – 128 с.
- Олешкевич, М. М. Перспективы ветроэнергетики в Беларуси / М. М. Олешкевич // Энергетика. Изв. высш. учеб. заведений и энерг. объединений СНГ. – 1999. – № 1. – С. 12–18.
- Хамчуков, Д. Ю. Необходимость развития ветроэнергетики в Республике Беларусь и сдерживающие его препятствия / Д. Ю. Хамчуков, Н. Г. Кротова // Белорусский экономический журнал. – 2020. – № 4. – С. 36–51.
- Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://195.50.7.239/Charts>. – Дата доступа: 22.11.2021.
- Департамент по энергоэффективности Государственного комитета по стандартизации Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://energoeffekt.gov.by/supervision/framework/information/20200317_cost2. – Дата доступа: 22.11.2021.
- Гродненская правда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://grodnonews.by/news/ekonomika/gul_kak_v_metro_i_podem_s_alpinistskim_snaryazheniem_kak_ustroen_zelvenskiy_vetropark_iznutri_.html. – Дата доступа: 22.11.2021.
- Ветропарк под Новогрудком [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tech.onliner.by/2017/06/15/vetropark-pod-novogrudkom>. – Дата доступа: 22.11.2021.
- Новости регионов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.belta.by/regions/view/v-lioznenskom-rajone-nachnut-montirovat-samyj-moschnyj-vetropark-v-strane-349005-2019/>. – Дата доступа: 22.11.2021.

УДК 629.3.054.6

М. Мухтаров, А.И. Кириленко, Ю.С. Цибулис

*Белорусская государственная академия авиации***ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ САМОЛЕТОВ
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

С развитием авиации, ее скоростных и аэродинамических характеристик в бортовом оборудовании самолетов гражданской авиации применяются огромное количество различных измерительных преобразователей (ИП). Все ИП можно разделить на две категории: пассивные (датчики) и активные (приемники). Пассивный ИП в отличие от активного не нуждается в дополнительном источнике энергии и в ответ на изменение внешнего воздействия на его выходе появляется электрический сигнал то есть он преобразует энергию внешнего сигнала в выходной сигнал [1]. Ко всем ИП помимо получения достоверной информации предъявляются требования минимальных габаритов и массы и требования по устойчивости к механическим и климатическим воздействующим факторам. Бортовое авиационное и радиоэлектронное оборудование должно быть надежным в работе, отвечать тактико-техническим требованиям, спроектировано с применением перспективной элементной базы и прогрессивных технологических процессов. Область и сфера применения измеряемых параметров на самолете определяют свои требования к ИП. В большинстве случаев требуется обеспечить выполнение несколько показателей преобразователей: точность, стабильность выходных характеристик, надежность, долговечность, низкая цена. В таблице приведены основные достоинства и недостатки ИП, их области применения на самолетах гражданской авиации.

Цель исследования – классификация ИП самолетов гражданской авиации, анализ области их применения, выявление их достоинств и недостатков. Предмет исследования – применение, характеристики и показатели ИП. Объект исследования – ИП самолетов ГА.

Волоконно-оптические датчики (ВОД) зачастую основаны на волоконных брэгговских решетках. Основной принцип многих ВОД в том, что брэгговская длина волны (то есть длина волны максимального отражения) в решетке зависит не только от периода брэгговской решетки, но также от температуры и механических напряжений. Для кварцевых волокон изменение брэгговской длины волны на единицу деформации примерно на 20% меньше, чем растяжение, так как есть влияние деформации на уменьшение показателя преломления. Температурные эффекты близки к ожидаемым только при тепловом расширении. Температурные и деформационные эффекты могут различаться при использовании различных технических средств (например, при использовании эталонной решетки, которая не подвержена деформации, или применении различных типов волоконных решеток) так, что оба значения регистрируются одновременно. Для регистрации только деформации разрешающая способность достигает нескольких мкм (то есть относительное изменение длин имеет такой же порядок) при этом точность имеет тот же порядок малости. Для динамических измерений (например, акустический явлений), достигается чувствительность большая чем 1 мм в 1 Гц полосы пропускания [10].

Наиболее перспективным направлением развития авиационном оборудовании, по нашему мнению, является более широкое применение, таких как: датчиков на основе измерения интенсивности и интерферометра Фабри-Перо, многомодовых дифракционных датчиков, многомодовых поляризации датчиков, ВОД на основе интерферометра Саньяка и пассивного кольцевого резонатора, волоконно-оптических датчиков на основе интерферометров Маха-Цендера и Майкельсона, распределенных и мультиплексированных ВОД, ВОД магнитного поля [8, 9]. Элементы, используемые в ВОД, являются абсолютно пассивными по отношению к электричеству. Основные преимущества датчиков на оптическом волокне – возможность мультиплексирования и дистанционные измерения, устойчивость к электромагнитным помехам, отсутствие

электрического потенциала в точке измерения, долговременная стабильность. Головки ВОД Е32 повышенной точности позволяет обнаруживать разности высот менее 100 мкм (200 длин волн видимого излучения), что делает их перспективным для регистрации начала обледенения самолетов.

Таблица – Измерительные преобразователи: применение, основные достоинства и недостатки

Применение	Достоинства	Недостатки	Относительная погрешность (%)	Диапазон измерения (°С) и чувствительность (мм)
Тензометрические измерительные преобразователи (КНС-преобразователи) [2, 5]				
Комплексы топлива и центровки. Определение обжатия шасси	1. Высокая степень защиты от агрессивной среды. 2. Высокий предел рабочей температуры. 3. Налажено серийное производство. 4. Низкая стоимость.	1. Неустраняемая нестабильность градуировочной характеристики. 2. Высокие гистерезисные эффекты от давления и температуры. 3. Низкая устойчивость при воздействии ударных нагрузок и вибраций.	Измерения статическая 0,2–0,5 % Динамическая 1–1,5 %	-40 до 70°С Чувст. 1,8–2,5 мм
Емкостные измерительные преобразователи [3, 6, 10]				
Топливные системы, гироагрегаты курсовых систем	1. Высокая точность. 2. Высокая стабильность характеристик. 3. Возможность измерять низкий вакуум. 4. Простота конструкции.	1. Зачастую нелинейная зависимость емкости от приложенного давления. 2. Необходимо дополнительное оборудование или электрическая схема для преобразования емкостной зависимости в один из стандартных выходных сигналов.	2–3 %	-40 до 80°С Чувст. 0,07 МПа
Пьезоэлектрические измерительные преобразователи (на монокристаллическом кремнии) [3, 4, 10]				
Курсовертки	1. Высокая стабильность характеристик. 2. Устойчивость к ударным нагрузкам и вибрациям. 3. Низкие (практически отсутствуют) гистерезисные эффекты. 4. Высокая точность. 5. Низкая цена. 6. Возможность измерять давление различных агрессивных сред.	1. Ограничение по температуре (до 150°С).	0,2–0,5 %	До 150°С Чувст. 0,1 Мпа

4. Применение естественнонаучных методов в авиации

Продолжение таблицы

Пьезоэлектрические измерительные преобразователи (на монокристаллическом кремнии) [3, 4, 10]				
Курсовертикали	1. Высокая стабильность характеристик. 2. Устойчивость к ударным нагрузкам и вибрациям. 3. Низкие (практически отсутствуют) гистерезисные эффекты. 4. Высокая точность. 5. Низкая цена. 6. Возможность измерять давление различных агрессивных сред.	1. Ограничение по температуре (до 150°C).	0,2–0,5 %	До 150°C Чувст. 0,1 МПа
Индукционные измерительные преобразователи [4, 7]				
Курсовые системы	1. Высокая точность. 2. Незначительное влияние температуры на точность измерения.	1. Сильное влияние магнитного поля. 2. Чувствительность к вибрациям и ударам. 3. Необходимо дополнительное оборудование или электрическая схема для преобразования индуктивной зависимости в один из стандартных выходных сигналов.	0,5–1,5 %	-200 до 500°C
Индуктивные измерительные преобразователи [4, 10]				
Дистанционные манометры, системы выпуска и уборки шасси, системы уборки и выпуска закрылков, и предкрылков, авиагоризонты и гировертикали	1. Высокая точность. 2. Незначительное влияние температуры на точность измерения.	1. Сильное влияние магнитного поля. 2. Чувствительность к вибрациям и ударам. 3. Необходимо дополнительное оборудование или электрическая схема для преобразования индуктивной зависимости в один из стандартных выходных сигналов.	0,1–0,5 %	0 до 60°C Чувст. 0,35 МПа
Волоконно-оптические измерительные преобразователи [8]				
Инерциальные навигационные системы	1. Безиндукционность. 2. Малые размеры датчиков. 3. Эластичность. 4. Механическая прочность. 5. Высокая коррозионная стойкость. 6. Диапазон измерения до 400°C.	1. Нельзя чрезмерно перегибать волокна.		

Резонансные измерительные преобразователи [8].				
Датчики определения, инерциальные навигационные системы	1. Высокая стабильность характеристик. 2. Высокая точность измерения давления.	1. При измерении давления агрессивных сред необходимо защитить чувствительный элемент, что приводит к потере точности измерения. 2. Высокая цена. 3. Длительное время отклика. 4. Индивидуальная характеристика преобразования давления в электрический сигнал.		
Ионизационные измерительные преобразователи [7, 10]				
Противопожарные системы	1. Возможность измерения высокого вакуума. 2. Высокая точность. 3. Стабильность выходных параметров. 4. Высокая чувствительность	1. Нельзя использовать подобные приборы при высоком давлении (низкий вакуум является порогом). 2. Нелинейная зависимость выходного сигнала от приложенного давления. 3. Высокая хрупкость. 4. Необходимо сочетать с другими датчиками давления.		Чувст. $10^{-13}-10^{-16}$ МПа

Наиболее перспективным направлением развития авиационном оборудовании, по нашему мнению, является более широкое применение, таких как: датчиков на основе измерения интенсивности и интерферометра Фабри-Перо, многомодовых дифракционных датчиков, многомодовых поляризации датчиков, ВОД на основе интерферометра Саньяка и пассивного кольцевого резонатора, волоконно-оптических датчиков на основе интерферометров Маха-Цендера и Майкельсона, распределенных и мультиплексированных ВОД, ВОД магнитного поля [8, 9]. Элементы, используемые в ВОД, являются абсолютно пассивными по отношению к электричеству. Основные преимущества датчиков на оптическом волокне – возможность мультиплексирования и дистанционные измерения, устойчивость к электромагнитным помехам, отсутствие электрического потенциала в точке измерения, долговременная стабильность. Головки ВОД Е32 повышенной точности позволяет обнаруживать разности высот менее 100 мкм (200 длин волн видимого излучения), что делает их перспективным для регистрации начала обледенения самолетов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фрайден, Дж. Современные датчики : справочник / Дж. Фрайден. – М. : Техносфера, 2005. – 592 с.
2. Михеев, В. П. Датчики давления : учеб. пособие / В. П. Михеев, А. В. Просандеев. – М. : МИФИ, 2007. – 172 с.
3. Стрыгин, В. В. Основы автоматики и вычислительной техники : учеб. пособие для техникумов / В. В. Стрыгин. – М. : Энергоиздат, 1981. – 280 с.
4. Гордин, Е. М. Основы автоматики и вычислительной техники : учеб. для техникумов / Е. М. Гордин, Ю. Ш. Митник, В. А. Тарпинский. – М. : Машиностроение, 1978. – 303 с.
5. Аскерко, В. С. Основы авиационной автоматики : учеб. для курсантов воен. авиац.-техн. училищ / В. С. Аскерко, Н. К. Бодунов, Н. Я. Смольников ; под ред. доц., канд. техн. наук Н. К. Бодунова. – М. : Воениздат, 1972. – 387 с.

6. Квартин, М. И. Электромеханическое и магнитные устройства автоматики : учеб. для учащихся электроприборостроительных техникумов / М. И. Квартин. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Высш. школа, 1979. – 352 с.

7. Головинский, О. А. Основы автоматики : учеб. пособие для техникумов по специальности «Электромеханическое оборудование гражданских зданий и коммунальных предприятий» / О. А. Головинский. – М. : Высшая школа, 1987. – 207 с.

8. Волоконно-оптические датчики. Вводный курс для инженеров и научных работников / под. ред. Э. Вудда. – М. : Техносфера, 2008. – 526 с.

9. Коптев, А. Н. Авиационное и радиоэлектронное оборудование воздушных судов гражданской авиации : электрон. учеб. пособие / А. Н. Коптев. – Самара : Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева, 2011. – 555 с.

10. Датчики давления [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://kontech-system.com.ua/articles/datchiki-davlen>. – Дата доступа: 10.11.2021.

УДК 940.3/4 + 325.8(476)

Н.Б. Щавлинский

Белорусский национальный технический университет

ИЗ ИСТОРИИ ЗАРОЖДЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ БЕЛАРУСИ

Важнейшим событием на пути строительства воздушного флота СССР, в том числе и Беларуси, стало принятое Советом труда и обороны от 9 февраля 1923 г. Постановление «Об организации при Главном управлении воздушного флота Совета по гражданской авиации» [1, с. 34]. На Совет, как на постоянный межведомственный орган, возлагались функции руководства и управления всеми сторонами деятельности гражданской авиации СССР, в том числе открытие и развитие новых воздушных линий. Данное постановление Совета труда и обороны законодательно закрепило гражданскую авиацию в СССР в качестве самостоятельной отрасли народного хозяйства страны, обеспечивало единое государственное руководство ее деятельностью. Таким образом, 9 февраля 1923 г. стало официальной датой рождения гражданской авиации СССР.

Однако в Беларуси в тот период гражданская авиация структурно не была оформлена. Объясняется это тем, что самолетный парк советской страны был невелик, а уровень развития промышленности еще не позволял перейти к массовому производству самолетов. Учитывалось и то обстоятельство, что в нашей республике другие виды транспорта в тот период были развиты значительно лучше, чем в районах Севера, Дальнего Востока, Сибири и Средней Азии. Поэтому самолеты использовались в основном для обслуживания отдельных и труднодоступных районов.

Вместе с тем трудящиеся Беларуси внесли весомый вклад в строительство и развитие гражданского флота советской страны. Они с воодушевлением восприняли и поддержали популярный в то время лозунг «Трудовой народ, строй воздушный флот!», приняли активное участие в проведении тогда месячниках по оказанию помощи в развитии гражданской авиации. В Минске, как и во многих городах СССР, были созданы общественные комитеты содействия развитию гражданской авиации.

В 1923 году, вслед за созданным Всероссийским добровольным обществом друзей воздушного флота (ОДВФ), было организовано Белорусское добровольное общество друзей воздушного флота (БОДВФ), которое объединяло в своих рядах 30 тыс. членов [2, с. 1]. Общество поставило перед собой основную задачу собирать средства для строительства самолетов и аэродромов, издавать популярную авиационную литературу, способствовать строительству посадочных площадок.

Уже с первых дней своей деятельности БОДВФ развернуло широкую пропаганду среди населения о значении авиации в народном хозяйстве, стало содействовать сбору средств на строительство самолетов. Например, 1 мая 1923 г. над райцентром Пуховичи

Минской области появился самолет, который разбрасывал листовки с призывом вступать в БОДВФ. Один из пилотов – политрук Я.В.Смушкевич (впоследствии известный военачальник) – провел с жителями райцентра митинг, на котором было принято решение организовать субботник и заработные средства направить на постройку самолета «Пуховичский рабочий». Немногом раньше, 7 марта 1923 г. с инициативой о сборе средств на постройку самолета «Советская Белоруссия» выступила редакция газеты «Советская Беларусь». На призыв газеты горячо откликнулись многие учреждения, молодежь и население республики. Ежедневно на страницах «Советской Беларуси» публиковались подписные листы с фамилиями первых добровольцев и сумма взносов, среди которых можно было встретить имена писателей Якуба Коласа, Янки Купалы, Кондрата Крапивы и Змитрока Бядули, партийных работников и служащих фабрик, заводов, типографий. К июлю 1923 г. на текущем счету № 282 в Государственном банке числилось свыше 40 тыс. рублей [3, с. 3]. А 15 июля 1923 г. пилот Саричев перегнал самолет «Советская Белоруссия» из Смоленска в Минск и передал его Белорусскому обществу друзей воздушного флота.

Однако для создания регулярных воздушных линий, связывающих Минск городами республики и Союза ССР, одного самолета было крайне мало. Поэтому БОДВФ приняло решение построить как минимум еще три самолета. 1 мая 1925г. газета «Звезда» сообщала, что на средства трудящихся было построено еще три самолета, которые белорусское общество друзей воздушного флота передало Красному воздушному флоту. В марте 1926г. газета «Советская Беларусь» извещала о происходившей очередной подписке на строительство самолета, который был построен в июле месяце и передан Красной Армии.

Активное участие в развитии гражданской авиации принимали белорусские крестьяне. Пленум ЦК крестьянских комитетов общественной взаимопомощи БССР, состоявшийся в 1927 г. принял решение построить самолет на собственные средства комитета. Такое же решение приняли на собрании 21 сентября крестьяне деревни Холопеничи Крупского района Минской области. В том же году начал сбор средств на постройку самолета под названием «Белорусский кооператив» кооперативный актив города Минска.

Значительный вклад в строительство отечественной авиации внесли комсомольцы и молодежь республики. В январе 1931 г. в Минске состоялся X съезд комсомола Беларуси, на котором по инициативе Минской организации было принято решение начать сбор средств на строительство самолета имени «X съезда комсомола Белоруссии». В феврале 1931 г. в клубе имени Карла Маркса в Минске состоялось торжественное заседание ЦК КП (б) Белоруссии и городского комитета партии, посвященное принятию комсомолом республики шефства над Воздушным флотом.

Большую работу по сбору средств на развитие авиации провело добровольное общество «Авиахим». Эта организация возникла 13 марта 1925 г. в результате объединения авиационного общества с «Доброхимом». В 1926 г. «Авиахим» построил на свои средства самолет «Беларуская гаспадарка» и передал его союзному «Авиахиму» для использования в борьбе с вредителями растений» [4, с. 16].

Не ограничиваясь сбором средств на строительство самолетов, «Авиахим» Республики вел большую работу по развитию самолетного, планерного и парашютного спорта, авиамоделизма, по пропаганде военных знаний, подготовке населения к защите родины. 23 января 1927 года «Авиахим» слился с Обществом содействия обороне (ОСО), образовав тем самым массовую организацию «Осоавиахим». При содействии этой организации в 1934 г. были организованы аэроклубы в городах Витебска, Минска и Орши. В 1935 г. такие же аэроклубы были созданы в Гомеле, Бобруйске, Могилеве, которые сыграли значительную роль в развитии авиации, в том числе и гражданской. В них

обучались летному мастерству десятки тысяч рабочих, служащих и представителей интеллигенции.

Чтобы привлечь в авиацию людей из числа сельской молодежи, аэроклубы открывали в соседних районах свои летно-учебные пункты. Например, планерные кружки Оршанского аэроклуба действовали в Кричеве, Мстиславле, Горках, Шклове, Дубровне, Чашниках, Крупках и Толочине. В целом в 1936 г. в Беларуси из 90 районов 46 имели свои планеры, 11 – самолеты [5, с. 3].

Активное участие белорусского населения в строительстве самолетов, в подготовке летных кадров строительстве аэродромов способствовали созданию воздушно-транспортной связи столицы Беларуси с другими городами страны. В январе 1931 г. приказом начальника Всероссийского объединения гражданского воздушного флота была объявлена сеть воздушных линий, которые связали Минск с Москвой, Смоленском, Киевом, Ленинградом. Их обслуживание поручалось Московскому, Украинскому и Северному управлениям Всероссийского объединения гражданского воздушного флота (ВОГВФ). Однако полеты на этих авиалиниях в первое время были эпизодическими. Сказывалась слабая техническая оснащенность воздушных трасс, да и самолетов не хватало.

С ростом индустриализации Советского государства оснащенность авиалиний значительно улучшилась. Благодаря напряженной работе многих ученых, конструкторов, инженеров, всех тружеников авиационной промышленности уже в годы первой пятилетки были созданы замечательные отечественные самолеты, среди которых Г-1 (АНТ-4), К-5, ПС-9 (АНТ-9), Г-2 (АНТ-6). В 1928 г. в серийное производство был запущен самолет У-2. Переименованный после смерти авиаконструктора в «Поликарпов-2», или сокращенно По-2, этот самолет в предвоенные годы нашел широкое применение во многих отраслях народного хозяйства и являлся одной из самых массовых и популярных машин.

Успехи, достигнутые гражданской авиацией в годы первой пятилетки (1928–1932), стали основой для решения более сложных задач. В директивах к составлению второго пятилетнего плана (1933–1937) было сказано, что воздушное сообщение получит дальнейшее развитие как одно из важнейших средств связи с отдаленными районами и крупными промышленными центрами. Планом предусматривалось увеличение сети воздушных линий союзного значения с 32 тыс. км до 85 тыс. км, то есть почти в три раза [4, с. 74]. Наряду этим должно было быть развернуто широкое строительство новых воздушных линий.

В соответствии с этим решением 7 ноября 1933 г. в ознаменование 16-й годовщины Октябрьской революции в торжественной обстановке состоялось открытие Минского аэровокзала. С этого события начала свой отчет гражданская авиация Беларуси [4, с. 19].

Таким образом, истоки зарождения гражданской авиации Беларуси неразрывно связаны с историей воздушного флота СССР. Значительный вклад в строительство воздушно-транспортной связи Республики также ее население, которое приняло активное участие в строительстве аэродромов, создании различных авиационных добровольных обществ, аэроклубов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. История гражданской авиации СССР. – М. : Транспорт, 1983. – 419 с.
2. Первомайский подарок воздушному флоту // Звезда. – 1925. – 1 мая. – С. 4.
3. Аэроплан «Савецкая Беларусь» будет! // Западная трасса. – 1973. – 27 июня. – С. 3–4.
4. Щавлинский, Н. Б. Белорусская гражданская авиация в годы становления и в период Великой Отечественной войны (1923–1945 гг.) / Н. Б. Щавлинский. – Минск : РИВШ, 2005. – 56 с.
5. Міланаў, А. М. Мацнее авіяцыя Асоавіахіма / А. М. Міланаў // Звезда. – 1936. – 16 жніўня. – С. 5.

УДК 940.3/4 + 325.8(476)

Н.Б. Щавлинский

Белорусский национальный технический университет

К ВОПРОСУ О ПЕРВЫХ ПОЛЕТАХ САМОЛЕТОВ, ДИРЕЖАБЛЕЙ И ВОЗДУШНЫХ ШАРОВ В НЕБЕ БЕЛАРУСИ

В конце XIX – начале XX века начался процесс активного освоения воздушного пространства. Впервые воздушный полет летом 1882 г. совершил на самолете конструкции А.Ф. Можайского летчик И.Н. Голубев. В 1887 г. великий русский ученый Д.И. Менделеев летал на воздушном шаре «Русский», наблюдая за солнечным затмением.

Однако первым в мире аэропланом, оснащенным двигателем и выполнившим пилотируемый полет, был летательный аппарат «Флайер», разработанный и построенный братьями Уилбором и Орвиллом Райт. Впервые такой полет состоялся 17 декабря 1903 г. в 10 часов 35 минут на поле Килл Девид Хиллс (штат Северная Каролина). Первый полет был волнообразным и длился 12 секунд, а его протяженность составила 36,5 метров. В тот же день были совершены еще три полета. Протяженность самого удачного составила 250 метров, и продолжался он 59 секунд. Следует подчеркнуть, что эти полеты явились кульминацией четырехлетних экспериментов, которые братья Райт проводили с планерами в 1889–1903 гг. Оснащенный 12-сильным четырехцилиндровым мотором, «Флайер» взлетел с тележки, катившейся на двух велосипедных колесах по деревянной дорожке длиной 18 метров [1, с. 86]. 21 сентября 1908 г. Уилбур Райт совершил полет протяженностью в 66,5 километров.

Дореволюционная Беларусь, являясь составной частью России, также познакомилась с полетами первых самолетов, дирижаблей и воздушных шаров. Так в августе 1908 г. аэростат, принадлежавший Брестскому воздухоплавательному обществу, гонимый ветром, пролетел расстояние более 400 километров и опустился в 50 км от станции Борисов.

В августе 1910 г. предприниматель Ранк и авиатор Мартольс пытались совершить полет на самолете «Блерио» на Комаровском поле в тогдашнем пригороде Минска. Но самолет во время испытаний разбился, при этом один из зрителей был убит и двое ранены.

На протяжении ряда лет в городах Беларуси проводили публичные полеты известные русские летчики С.И. Уточкин и А.А. Васильев. По сообщению газеты «Гомельское слово» приезд в мае 1911 г. прославленного летчика Уточкина вызвал восхищение не только у жителей города, но и близлежащих деревень. Демонстрируемые им полеты покорили также юношеское воображение гимназиста П. Сухого, который навсегда связал свою жизнь с авиацией и стал известным во всем мире авиаконструктором [2, с. 8].

Летом 1912 г. в небе Минска совершил свой полет А.А. Васильев. В газете «Минский голос» сообщалось, что публика заняла все пригорки и возвышенные места, примыкавшие к месту полета самолета. Васильев поднялся высоко, сделал большой круг, продержался в воздухе около 10 минут, чем вызвал сердечные поздравления присутствующих. Значительное количество полетов А.А. Васильев совершил и в других городах Беларуси – Гродно, Бобруйске и Пинске [3, с. 15]. Вместе с тем дерзкие первые шаги отечественной авиации практически не находили поддержки со стороны правящих кругов Российской империи. Царское правительство, выражая недоверие к авиации вообще, и развитию отечественной авиации, в частности, предпочитало заказывать летательные аппараты за рубежом. Шеф военно-инженерного управления русской армии «августейший» великий князь Петр Николаевич публично заявлял: «В аэропланы я не верю, будущее им не принадлежит» [2, с. 8].

Между тем обострение международных отношений накануне Первой мировой войны вынудило царское правительство обратить внимание на развитие отечественной

авиации. 13 мая 1913 г. явилось днем рождения гигантского по тем временам самолета, получившего название «Русский витязь». Сконструировал самолет начальник Воздухоплавательного департамента Русского Балтийского вагоностроительного завода в Санкт-Петербурге Игорь Сикорский. В 1914 г. авиаконструктор создал первый в мировой истории четырехмоторный самолет-бомбардировщик «Илья Муромец». Всего было построено 73 самолета. Во время Первой мировой войны бомбардировщики «Илья Муромец» совершили 400 боевых вылетов, первый из которых состоялся 15 февраля 1915 г. [1, с. 154]. На одном из самолетов в годы Первой мировой войны выполнял боевые задания знаменитый летчик-белорус Авенир Маркович Костенчик.

Авенир Маркович Костенчик родился в городе Гродно в 1889 г. В 1913 г. его, как лучшего курсанта военного училища, направили в Гатчинскую военно-авиационную школу, по окончании которой он стал командиром корабля «Илья Муромец». В годы войны А.М. Костенчик принимал участие в боевых действиях авиации на различных участках Риги-Двинского фронта. В задачи авиаэскадрильи, в которой летал Костенчик, входило нанесение бомбовых и торпедных ударов по вражеским силам. При появлении самолетов в небе немцы открывали по ним адский ураганный огонь не только зенитных, но и обычных полевых батарей. Что касается немецких летчиков, то по сообщению газеты «Русское слово» за 18 апреля 1916 г. «они избегали встречи с нашими «гигантами». Дальше газета сообщала о подвиге, совершенном А.М. Костенчиком во время выполнения последнего боевого задания. Это было весной 1916 г. Авиаэскадрилья самолетов «Илья Муромец» бомбила железнодорожную станцию Даудзевас на Риги-Двинском фронте. Вначале объект бомбила группа самолетов, а затем появился одиночный бомбардировщик, пилотируемый А.М. Костенчиком. В отличие от своих коллег, Авенир Маркович подвел самолет к цели на бреющем полете для того, чтобы более точно поразить намеченную цель.

Самолет был встречен ураганным огнем зениток и обычных полевых батарей. Невзирая на огневой заслон, Костенчик, умело маневрируя, подошел к цели и сбросил тринадцать пудовых бомб. Как показала затем фотосъемка, попадания были точными. Во время второго захода на цель один из вражеских снарядов разорвался под самым самолетом, второй – впереди него. Контуженный и тяжелораненый Костенчик собрал последние силы, дошел до цели и сбросил последние семь бомб.

Очередные снаряды причинили самолету новые повреждения, из строя вышли три из четырех моторов. Но трагедия была впереди: командир потерял сознание, самолет накренился, терял высоту. Только благодаря мужеству и хладнокровию второго пилота, взявшего штурвал в свои руки, самолет на одном моторе со снижением дотянул до аэродрома. На корпусе самолета было насчитано 64 пробоины, но он из строя не вышел.

Подвиг авиаторов, совершенный на глазах русских воинов, активизировал их действия против неприятеля на этом участке фронта.

В то же время Авенир Маркович за выдающиеся заслуги перед Отечеством был награжден боевой наградой – орденом Святого Георгия [2, с. 10]. Таким орденом награждался только тот, кто совершал исключительно бесстрашный подвиг.

После Октябрьской революции развитие отечественной авиации получило определенный импульс. Советское правительство рассматривало воздушный флот как необходимое средство обороны первого в мире рабоче-крестьянского государства и, в дальнейшем, как эффективный рычаг экономического и социального развития страны. Поэтому, с первых же дней установления советской власти управление воздушным флотом и все авиационные формирования были взяты под революционный контроль. Уже 28 октября 1917 г., на третий день революции, распоряжением В.И. Ленина было создано Бюро комиссаров авиации и воздухоплавания. Основной его задачей было формирование авиационных частей. Вскоре они были созданы в Москве, Саратове, Калуге, Пензе и других городах. Существовала такая авиачасть и в Минске.

В декабре 1917 г. была создана Всероссийская коллегия по управлению воздушным флотом республики. В январе 1918 г. состоялась встреча председателя коллегии К.В. Акашева и ее членов – А.П. Онуфриева и М.П. Строева с В.И. Лениным. Во время этой встречи Ленин высказал мысль, что «Россия социалистическая должна иметь свой воздушный флот» [2, с. 10].

В 1918 г. был открыт Московский авиационный техникум, преобразованный вскоре в институт инженеров Красного воздушного флота имени Н.Е. Жуковского. В том же году была организована правительственная комиссия по тяжелой авиации (КОМТА). Она руководила постройкой пассажирского самолета-триплана с двумя двигателями, в испытании которого принимали участие известные летчики В.Е. Ремезюк, А.И. Томашевский и Б.Н. Кудрин. Проводились также испытания самолетов, сконструированных А.А. Пороховщиковым, И.И. Поповым и В.Н. Хиони.

Однако в условиях гражданской войны авиационные части, авиационная техника использовалась исключительно в военных целях.

Некоторые авиационные части базировались также на территории Беларуси – под Витебском, Минском и Бобруйском. В своих воспоминаниях известный летчик И.Т. Спирин рассказывал, что в 1919 г. их отряд самолетов «Илья Муромец» прибыл под Бобруйск. Там ему не однократно приходилось наблюдать воздушные бои летчиков соседних авиаподразделений с самолетами противника. Например, он отмечал боевую работу прославленного летчика-истребителя А.Д. Чиринкина, сбившего в воздушных поединках несколько вражеских самолетов. О высокой оценке боевого мастерства летчика свидетельствовали документы Реввоенсовета, в которых, в частности, отмечалось: «А.Д. Чиринкин награжден вторым орденом Красного Знамени за то, что 14 мая 1920 г., когда со станции Борисов появились три польских самолета товарищ Чиринкин, имея ввиду угрожающую опасность нашему аэростату, взлетел на самолете и, вступив в воздушный бой с польским самолетом, сбил его: самолет упал в лес около деревни Лошнице» [3, с. 23]. Вместе с Чиринкиным на Западном фронте боевые полеты выполняли такие прославленные летчики как И.У. Павлов, Ф.П. Шишковский, Г.С. Сапожников, И.Т. Спирин, братья Александр и Николай Петровы и многие другие.

Имеются сведения, что в годы гражданской войны самолеты широко использовались против вражеской конницы. Например, в начале октября 1920 г. авиаразведка установила, что дивизия Красной Армии, прикрывавшая подступы к Минску, вынуждена была отступить на юг от железной дороги Барановичи – Минск. В образовавшуюся брешь ринулась конница врага, заняла г. Столбцы и беспрепятственно двинулась в направлении Минска. На помощь частям Красной Армии вылетела авиаэскадрилья, которая нанесла удар вражеской кавалерии в районе станции Койданово, тем самым задержав дальнейшее продвижение противника и обеспечив своевременный подход резервных частей Красной Армии к месту прорыва.

Таким образом, Беларусь уже в дореволюционное время познакомилась с полетами первых самолетов, дирижаблей и воздушных шаров. Также широко применялась авиация в небе Беларуси в военное время, сыграв значительную роль в разгроме иностранных интервентов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тэйлор, М. Книга Гиннеса об авиации / М. Тэйлор, Д. Мандэй. – Минск : Беларусь, 1997. – 288 с.
2. Щавлинский, Н. Б. Белорусская гражданская авиация в годы становления и в период Великой Отечественной войны (1923–1945 гг.) / Н. Б. Щавлинский. – Минск : РИВШ, 2005. – 56 с.
3. Дегтев, В. Крылья Белоруссии / В. Дегтев. – Минск : Беларусь, 1973. – 176 с.



**5 СЕКЦИЯ.
СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ
ЭКОНОМИКИ НА АВИАТРАНСПОРТЕ**



УДК 658.78: 725.39

О.Г. Варейко

Белорусская государственная академия авиации

ОБЗОР ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА РУП «НАЦИОНАЛЬНЫЙ АЭРОПОРТ МИНСК»

Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь представил отчет об эффективности работы логистических центров за 2020 год. В качестве критерия оценки был взят объем используемых складских площадей к объему реализуемых логистических операций на этих площадках.

Первые три позиции в рейтинге занимают «Минск-Белтаможсервис-2», «Минск-Белтаможсервис», «Брест-Белтаможсервис-2» соответственно. Это крупнейшие мультимодальные логистические центры.

Международный мультимодальный транспортно-логистический центр (ТЛЦ) РУП «Национальный аэропорт Минск» в данном рейтинге занимает 14 место и имеет статус уполномоченного экономического оператора. Принцип работы мультимодального комплекса основан на возможности работать с большими объемами материальных потоков, доставляемых различными видами транспорта (водным, железнодорожным, воздушным, автомобильным). Поэтому такие логистические объекты преимущественно локализуются в морских или речных портах, при аэропортах, на основных автомобильных и железнодорожных магистралях.

Присвоение статуса уполномоченного экономического оператора устанавливается ст. 39 Таможенного кодекса Таможенного союза и п. 3 Положения о порядке выдачи свидетельства о включении в реестр уполномоченных экономических операторов и его отзыве, утвержденное Указом Президента Республики Беларусь от 18.07.2011 № 319. Статус уполномоченного экономического лица присваивается юридическому лицу Государственным таможенным комитетом Республики Беларусь путем выдачи свидетельства о включении в реестр уполномоченных экономических операторов в порядке, определенном Положением.

Авиадоставка грузов в Республике Беларусь берет свое начало с момента открытия аэропорта «Минск 2» в 1982 году. С того памятного года и по настоящее время были перевезены тысячи пассажиров и тонны грузопотоков и почты. Грузовой терминал, функционирующий как структурное подразделение РУП «Национальный аэропорт Минск», взял на себя функционал по приемке, временному хранению, таможенной очистке и выдаче грузов. Развитие воздушной логистики в глобальном аспекте дало толчок для расширения логистических услуг, предлагаемых грузовым комплексом. Так, в 2014 году происходит реорганизация комплекса в транспортно-логистический центр РУП «Национальный аэропорт Минск».

В настоящее время транспортно-логистический центр предлагает следующие логистические услуги:

– размещение на складе временного хранения транспортных средств (оформление электронных уведомлений о размещении товаров и транспортных средств на территории склада временного хранения, оформление документов, регистрация и учет транспортного средства и товаров по СМР, предоставление места стоянки транспортному средству в зоне СВХ, обеспечение сохранности груза в транспортном средстве в зоне СВХ);

– складские услуги по хранению (хранение опасных, ценных, крупногабаритных грузов, хранение груза на открытых площадках, хранение балласта, воздушного судна на территории СВХ, услуги по доставке, оформлению, размещению и хранению коммерческой партии багажа (ручной клади) физического лица);

– погрузочно-разгрузочные и прочие услуги (перемещение груза при изменении режима и условий хранения, оформление и регистрация транспортных документов при

размещении и выдаче грузов на СВХ (AWB), взвешивание одного места груза весом до и свыше 80 кг, расконсолидация груза, отбор образцов, оповещение клиента любым доступным способом (телеграмма, факс, интернет, устно) о прибытии груза и др.).

– tracking – информационная поддержка по отслеживанию грузов, доставке товаров к месту хранения;

– проведение таможенного контроля, таможенное декларирование прибывших грузов и т. д.

Следует отметить, что в ТЛЦ РУП «Национальный аэропорт Минск» погрузочно-разгрузочные операции осуществляются только европейским оборудованием ведущих производителей. Например, используется самый компактный контейнерный погрузчик Trepel Chamh 35U. Кроме того, различные модификации Trepel Chamh 70U; 350 также нашли широкое применение в системе складирования.

Таким образом, на сегодняшний день транспортно-логистический центр РУП «Национальный аэропорт Минск» можно отнести к логистическому оператору ЗРЛ-уровня. В ближайших перспективах – переход работы логистического центра к формированию модели сквозной цепочки поставок и синхронизация работы всех предприятий, участвующих в логистической цепи, а также внедрение цифровизации и работы с интернет-площадками.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. РУП «Национальный аэропорт Минск» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://airport.by/>. – Дата доступа: 08.11.2021.

УДК 656

Н.В. Гаврильчик, О.Г. Петровская, У.В. Гриневич

Белорусская государственная академия авиации

СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

Транспортный комплекс – одна из ключевых систем, которая *является связующим звеном всех процессов экономики* Республики Беларусь, обеспечивает значительные поступления в бюджет, способствует развитию внутренней и внешней торговли, *обеспечивает бесперебойность производства*, повышает транзитный потенциал страны.

На данный момент существуют автомобильные, железнодорожные, авиационные и водные пути, которые обеспечивают передвижение населения и связь между городами, государствами, служат основой промышленного развития Республики Беларуси [3]. Транспортные пути представляют собой объединение всех видов транспорта в единую систему.

В Республике Беларусь утверждена Стратегия инновационного развития транспортного комплекса Республики Беларусь до 2030 года (далее – Стратегия развития), которая определяет долгосрочные цели, задачи и направления инновационного развития различных видов транспорта [1]. Основной целью Стратегии является формирование приоритетных направлений инновационного развития транспортного комплекса республики, обеспечивающих конкурентоспособность и безопасность транспортных услуг, повышение эффективности использования транспортной инфраструктуры для полного удовлетворения потребностей экономики государства и населения [1].

В Республике Беларусь в рамках реализации Стратегии развития в сфере авиации за последние годы были проведены масштабные проекты. К ним можно отнести:

строительство второй взлетно-посадочной полосы в РУП «Национальный аэропорт Минск»;

реконструкция аэродрома в г. Орше;
реконструкция первой искусственной взлетно-посадочной полосы РУП «Национальный аэропорт Минск»;
реализация проекта по строительству нового авиаремонтного завода на территории, прилегающей к РУП «Национальный аэропорт Минск»;
создание новой современной базы для освоения технического обслуживания и ремонта воздушных судов западного производства;
положено начало опытной эксплуатации нового Центра управления воздушным движением [2].

Однако в 2020–2021 годы развитие воздушного транспорта начало уступать позиции автомобильному и железнодорожному транспорту. Значительно повлияла эпидемиологическая обстановка в мире, вынужденное уменьшение транспортных потоков на территории Республики Беларусь, что отрицательно сказалось на дальнейших перспективах авиационной отрасли в целом.

На данный момент основными задачами для развития гражданской авиации Республики Беларусь являются:

снижение конкуренции со стороны железнодорожного и автомобильного транспорта;
обеспечение транспортной безопасности [1];
увеличение экспорта услуг;
создание интеллектуальной транспортной системы Республики Беларусь, интегрированной с транспортными системами ЕС и ЕАЭС, объединяющей автомобильный, железнодорожный, воздушный и водный транспорт на основе формирования единого информационного транспортного пространства [1].

Для решения задач в ближайшей перспективе рассматривается обновление парка грузовых самолетов основным грузоперевозчиком ОАО «Авиакомпания Трансавиаэкспорт», которое предусмотрено в Стратегии развития авиакомпании на 2021–2025 годы [1].

В целом гражданская авиация Республики Беларусь движется в направлении обновления базы для освоения воздушных судов западного производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Стратегия инновационного развития транспортного комплекса Республики Беларусь до 2030 года [Электронный ресурс] : утв. Приказом М-ва транспорта и коммуникаций Респ. Беларусь, 25 февр. 2015 г. № 57-Ц // Нац. правовой интернет-портал Респ. Беларусь – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21701024>. – Дата доступа: 26.10.2021.

2. Департамент по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://caa.gov.by/ru/news-ru/view/podvedeny-itogi-raboty-aviatsionnoj-otrasli-186>. – Дата доступа: 26.10.2021.

3. Республиканский центр экологии и краеведения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rcek.by/transportnyj-kompleks-respubliki-belarus-sostoyanie-i-perspektivy-ego-gazvitiya>. – Дата доступа: 26.10.2021.

УДК 620.92

И.П. Гончаров, С.В. Ермоленко, С.В. Ляхов

Белорусский научно-исследовательский институт транспорта

(БелНИИТ «Транстехника»)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ОАО «МИНСКИЙ ЗАВОД ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ № 407»

Согласно принятой государственной программе «Транспортный комплекс» на 2021–2025 годы эффективное и рациональное использование топливно-энергетических ресурсов (далее – ТЭР) является приоритетной задачей повышения энергетической безопасности транспортной отрасли.

С целью выполнения задачи по энергосбережению необходимо постоянно проводить мониторинг и анализ хода выполнения задания по экономии ТЭР по четырем направлениям:

- организационно-технические мероприятия по экономии ТЭР;
- мероприятия по экономии светлых нефтепродуктов;
- мероприятия по увеличению использования местных ТЭР (далее – МТЭР) и возобновляемых источников энергии (далее – ВИЭ);
- мероприятия по увеличению использования электроэнергии в связи с вводом в эксплуатацию Белорусской АЭС.

Специалистами БелНИИТ «Транстехника» проводится постоянный мониторинг потребления ТЭР и энергетический анализ работы предприятий, входящих в систему Минтранса, на основе которого разрабатываются планы мероприятий, реализация которых обеспечивает выполнение Минтрансом установленных показателей и заданий по энергосбережению.

В подведомственных Департаменту по авиации организациях эксплуатируются десять собственных котельных. На МТЭР работают только четыре котельные ГП «Белаэронавигация» (остальные котельные в организациях на природном газе). Все используемые котельные на МТЭР относятся к ВИЭ. Использование МТЭР и ВИЭ в котельных авиационных организаций, расположенных в пределах аэропортов, не представляется возможным с точки зрения обеспечения безопасности полетов. Согласно специфическим требованиям по обеспечению пожарной безопасности для объектов гражданской и государственной авиации, утвержденным Постановлением Совета Министров Республики Беларусь от 20 ноября 2019 г. № 781, на территории аэродромов запрещается складировать и сжигать дрова, порубочные остатки и другие горючие материалы.

В качестве положительного примера применения энергоэффективных технологий можно привести ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407».

Открытым акционерным обществом «Минский завод гражданской авиации № 407» ведется реализация инвестиционного проекта «Строительство авиаремонтного завода на территории Национального аэропорта «Минск» [1].

В настоящее время на заводе ремонтируется бывшая советская авиационная техника. Основными заказчиками являются структуры государственной авиации России и стран СНГ. В частности, на заводе ремонтируют самолеты, на которых обучают курсантов российских летных училищ. Минский авиаремонтный завод является единственным заводом на постсоветском пространстве, ремонтирующим Ту-134, Як-40 и Як-42 [2]. В ближайшие годы потребность в ремонте такой техники сохранится.

Перед строительством нового завода на предприятии была проведена работа по изучению передового мирового опыта. Необходимо было определить концепцию проекта, каким будет новое предприятие и какую технику оно будет ремонтировать. В Республике Беларусь в авиационной сфере до этого не строились промышленные объекты такого масштаба.

Проектом планировалось возведение длинного ангара, где самолеты стоят в ряд. Производственные цеха предполагалось расположить позади ангара в отдельном здании.

При окончательном выборе концепции проекта компанией консультантом Lufthansa Consulting были внесены существенные изменения в проект.

Одним из основных требований к эксплуатации объекта являлось обеспечение универсальности, чтобы изначально завод мог продолжить обслуживание бывшей советской авиационной техники, а затем перейти на обслуживание авиационной техники иностранного производства. Техническое обслуживание и ремонт бывшей советской авиационной техники и авиационной техники иностранного производства – это два разных системных подхода к выполнению работ. При этом, учитывая очень большой объем помещения, необходимо было обеспечить максимальную экономию энергетических ресурсов.

Новый завод начал эксплуатироваться со второй половины 2018 года по разработанному проекту, решения которого реализуют эффективное использование ТЭР:

- применение передовых архитектурных решений в авиапромышленности: завод состоит из ангара размером 100 м на 86 м и высотой 25 м, позволяющий принимать пассажирские самолеты практически всех типов и двух примыкающих производственных цехов;

- применение систем естественного освещения, современного отопительного и вентиляционного оборудования с установкой приборов учета и регулирования, обеспечивающих энергоэффективное (экономное) использование ТЭР;

- освещенность увеличена за счет светопрозрачных, теплосберегающих ворот. Ворота состоят из секций, которые открываются в зависимости от габаритов самолета (рисунок 1, а);

- ангар построен с возможностью максимального естественного освещения за счет большого количества светопрозрачных панелей (рисунок 1 б);

- основной обогревающей установкой ангара является теплый пол с системой водяного отопления. Вода подогревается от котельной с высоким КПД – 95 %, использующей в качестве топлива природный газ. Под полом расположен технический этаж с коммуникациями;

- в ангаре установлены кондиционеры, выполняющие двойную функцию: в летний период – для кондиционирования и охлаждения воздуха, а в зимний период – работающие как тепловые насосы (для дополнительного отопления);

- в технологической части проекта применено современное энергосберегающее оборудование класса А и А+;

- технологический процесс организован таким образом, что исключается необоснованный простой оборудования.

В результате проведенных работ в технические условия на теплоснабжение объектов ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» были внесены требования, позволяющие значительно снизить среднегодовой расход природного газа с 1500 тонн условного топлива (далее – т у.т.) старой котельной до 460 т у.т. новой котельной.

В 2017 году потребление ТЭР на старом заводе составило 1606 т у.т. После переезда на новые производственные площади, на которых используются современные энергоэффективные технологии и оборудование, потребление ТЭР за 2019 год составило 623 т у.т., за 2020 год – 589 т у.т. Экономический эффект от снижения потребления ТЭР составил 218 655 долларов США.



Рисунок 1 – Ангар ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407»:
а) – светопрозрачные, теплосберегающие ворота [3]; б) – светопрозрачные панели [1]

На ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» внедрен комплекс мер по созданию целостной системы по экономии всех видов ресурсов, эффективности использования топлива, энергии, сырья, материалов и оборудования. ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» удалось достичь существенного снижения потребления топливно-энергетических ресурсов в результате эксплуатации установленного энергоэффективного оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новые крылья 407-го [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.fezminsk.by/location/news/novye-krylya-407-go/>. – Дата доступа: 04.11.2021.
2. Михальков, Д. А. Посчитана экономия ТЭР от уникального проекта в авиационной сфере / Д. А. Михальков, И. П. Гончаров, С. В. Ермоленко // Энергоэффективность. – 2021. – № 3 (281). – С. 21.
3. Entries by tag: AP3-407 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://safaniuk.livejournal.com/tag/AP3-407/>. – Дата доступа: 04.11.2021.

УДК 656

И.А. Дронь, З.В. Машарский

Белорусская государственная академия авиации

ПРОБЛЕМА РЕЦЕССИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ НА МИРОВОМ РЫНКЕ

Рынок транспортно-логистических услуг человеческой цивилизации на сегодня является самым важным и динамично развивающимся сектором мировой экономики. Он создает необходимые условия фактора непрерывности международной торговли как в сегменте товаров, так и в сфере услуг.

Ежегодное перемещение грузов в рамках мировой экономики составляет не менее 100 миллиардов тонн, а пассажиропоток превышает 1 триллион пассажиров или порядка 3 миллиардов пассажиров в день.

По данным всемирно признанного ключевого информационного ресурса для исследований и консалтинга рынка сторонней логистики Armsrtong&Associates, мировой интегрированный рынок логистических услуг имеет предварительную оценку в размере 9,6 триллиона долларов, что составляет порядка 12 % мирового показателя валового внутреннего продукта (далее – ВВП). В то же самое время трафик мировых транспортных услуг составляет 6,2 триллиона долларов или в эквиваленте около 8 % мирового ВВП [1].

Таким образом на транспортно-логистическую отрасль мира приходится оборот в 15,8 триллиона долларов или 20 % ВВП мира. Ключевая роль транспортно-логистической отрасли мира приходится на ВВП стран Евразийского экономического союза (далее – ЕАЭС), доля которых в мировом ВВП составляет 12 %. Транспортно-логистическая отрасль мировой экономики создает 8 % рабочих мест.

Среднее значение логистических издержек типа затрат по транспортировке и хранению груза составляет не менее 10–12 % конечной стоимости продукта, причем для стран ЕАЭС эти издержки доходят до 25 %, а в странах Европейского союза (далее – ЕС) до 15 % [1].

Сектор транспортных услуг является одной из системообразующих составляющих социально-экономической инфраструктуры большинства государств. Именно уровень развития транспортно-логистической отрасли определяет конкурентоспособность конкретной страны на мировом рынке.

Темпы роста такой составляющей мировой экономики, как торговля в 2019 году снизился незначительно и составил порядка 2,9 %. В качестве основной глобальной причины спада объемов оборотов товарооборота послужила торгово-экономическая война между двумя игроками человеческой цивилизации – США и Китаем. Существенную роль также внес непрекращающийся кризис торговых отношений России и стран ЕС по причине санкций и контрсанкций. Таким образом, затянувшийся кризис в сфере мировой торговли вызвал соответствующий спад темпов роста на мировом рынке транспортно-логистических операций и услуг.

В 2020 – 2021 годах рынок транспортно-логистической сферы остается в режиме рецессии, обусловленном как вышеупомянутыми причинами, так и пандемией, вызванной тяжелой острой респираторной инфекцией, передающейся коронавирусом SARS-CoV-2 (2019-nCoV) [2]. Рынок транспортно-логистической сферы услуг является наиболее пострадавшей отраслью экономики от всех вышеперечисленных факторов по причине введения санкционных и санитарно-эпидемиологических мероприятий.

Международная консалтинговая компания McKinsey & Company, специализирующаяся на решении вопросов, связанных со стратегическим менеджментом сделала вывод, что объем мировой торговли за 2020 год снизился на 22 %, а это в свою очередь отразится на мировом рынке спроса и предложения транспортно-логистических услуг. Больше всего пострадают международные воздушные и морские грузоперевозки [3].

Прибыль грузоперевозчиков и экспедиторов снизится как минимум на 10–15 % по сравнению с «доковидным» 2019 годом. Такой вид грузоперевозок, как контейнерный, по итогам 2020 года снизился более чем на 6 %.

Для пассажирских перевозок национальной авиакомпании ОАО «Авиакомпания «Белавиа» интенсивность полетов из Национального аэропорта «Минск» представлена на рисунке 1.

Анализ интенсивности самолетовылетов ОАО «Авиакомпания «Белавиа» из Национального аэропорта «Минск», выполнявшийся с 19.04.2020 года по настоящее время с дискретом выборки за рабочую неделю, позволяет сделать следующие выводы:

1. Рост интенсивности самолетовылетов с 8 недели по 18 неделю обусловлен спросом на авиаперевозчика в лице ОАО «Авиакомпания «Белавиа» в связи с санитарно-эпидемиологическими мероприятиями и закрытием сухопутных границ.

2. Спад интенсивности самолетовылетов с 18 недели по 31 неделю обусловлен окончанием туристического сезона и минимизацией чартерных рейсов.

3. Рост интенсивности самолетовылетов с 31 недели по 56 неделю обусловлен снижением карантинных и санитарно-эпидемиологических мероприятий и началом туристического сезона.

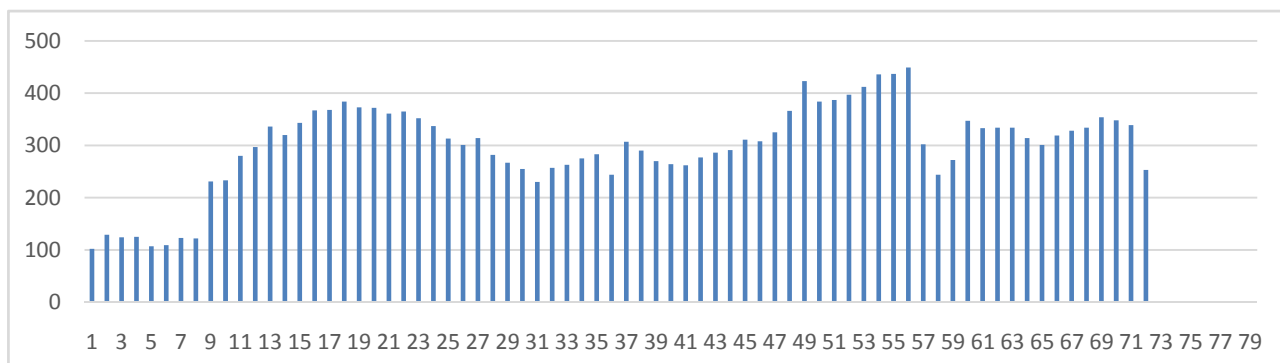


Рисунок 1 – Интенсивность самолетовылетов ОАО «Авиакомпания «Белавиа» из Национального аэропорта «Минск»

4. Резкий спад интенсивности самолетовылетов с 57 недели по 59 неделю обусловлен прекращением полетов в/через страны ЕС и Украину после посадки самолета Boeing 737 авиакомпании «RyanAir» в Национальном аэропорту «Минск».

5. Стабилизация интенсивности с положительной динамикой роста самолетовылетов с 59 недели по 71 неделю обусловлен адаптацией ОАО «Авиакомпания «Белавиа» на рынке авиаперевозчиков и занятием ниши в авиасообщениях между следующими государствами:

1. Россия (г. Москва, Санкт-Петербург, Сочи, Казань, Самара, Краснодар, Екатеринбург, Ростов-на-Дону, Уфа, Череповец, Калининград, Череповец, Калуга).
2. Турция (г. Анталия, Даламан, Измир, Бодрум, Стамбул).
3. Грузия (г. Тбилиси, Батуми, Кутаиси).
4. Египет (г. Хургада).
5. Армения (г. Ереван).
6. Азербайджан (г. Баку).
7. ОАЭ (г. Шарм-Эль-Шейх, Дубай).
8. Ливан (г. Бейрут).
9. Узбекистан (г. Ташкент).
10. Казахстан (г. Нур-Султан, Алматы).
11. Израиль (г. Тель-Авив).
12. Иордания (г. Акаба).

В заключении необходимо отметить, что в ближайшее время в условиях рецессии падение спроса в транспортно-логистической отрасли ожидается более чем на 50%.

Полное восстановление мирового транспортно-логистического рынка прогнозируется не ранее, чем ко второй половине 2023 года.

В Республике Беларусь выходом национального перевозчика ОАО «Авиакомпания «Белавиа» из состояния рецессии до уровня 2019 года наиболее ожидаемо при увеличении интенсивности полетов в дружественные страны, а также путем расширения географии полетов по новым направлениям (Крым, Китай, Таджикистан, Албания, страны Северной Африки).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Armstrong World Industries [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.3plogistics.com/3pl-market-info-resources>. – Date of access: 10.09.2021.
2. BMJ Best Practices [Electronic resource]. – Mode of access: <https://bestpractice.bmj.com>. – Date of access: 15.09.2021.
3. Financial Times [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.ft.com>. – Date of access: 17.09.2021.

УДК 519.87

А.А. Забудько, И.В. Рубанов

Белорусская государственная академия авиации

МОДЕЛЬ СОВМЕЩЕНИЯ СЕКТОРОВ ВЕРХНЕГО ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Целью исследования является проверка производительности модели совмещения секторов верхнего воздушного пространства Республики Беларусь.

Задачей исследования является совмещение моделей объединения секторов из источников [1] и [2] и последующее проведение вычислительного эксперимента по проверке производительности части результирующей модели.

Задача совмещения секторов в [2] сформулирована в варианте модели целочисленного линейного программирования (ЦЛП) для задачи упаковки в контейнеры:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n y_j \rightarrow \min; \\ \sum_{i=1}^n w_i x_{ij} \leq k y_j, \forall j \in \{1, \dots, n\}; \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \forall i \in \{1, \dots, n\}; \\ x_{ij}, y_j \in \{0, 1\}, \end{cases} \quad (1)$$

где n – количество элементарных секторов, $i \in \{1, \dots, n\}$ – их индексы, $j \in \{1, \dots, n\}$ – индексы возможных объединений, k – пропускная способность, общая для всех элементарных секторов, w_i – нагрузка в i -м секторе, переменные x_{ij} обозначают размещение i -го сектора в j -е объединение, переменные y_j – наличие хотя бы одного элемента в объединении j . В таком варианте не учитывается условие связности результирующего объединения.

Модель показывает хорошую производительность при использовании специализированных решателей. Например, единичный тест решения задач без условия связности при $n \in \{10, 20, 30, 40\}$, $k = 15$, $w_i = R(\{0, \dots, k\})$, где $w_i = R(A)$ – функция случайного выбора элемента из множества A , с применением надстройки для MS Excel решателя IBM ILOG CPLEX показывает следующие значения времени работы решателя до получения оптимального решения при начальном решении $x_{ij}, y_j = 0$: 3 с для $n = 10$; 10 с для $n = 20$; 20 с для $n = 30$; 30 с для $n = 40$. Количество переменных модели (1) составляет $n^2 + n$.

Далее, в [2] приводится вариант учета условия связности результирующего объединения, предлагается пробовать решать задачу (1) повторно с добавлением исключаящих ограничений для недопустимых объединений. Например, пусть в результате решения получено несколько таких объединений. Обозначим множество индексов элементов в каком-либо недопустимом объединении J'' и множество индексов таких объединений \underline{J}'' . Тогда к задаче (1) могут быть добавлены ограничения:

$$\sum_{i \in J''} x_{ij} \leq |J''| - 1, \forall J'' \in \underline{J}'' \quad (2)$$

затем произведена попытка повторного решения и т. д.

Одним из направлений продолжения исследования может являться сравнение производительности модели (1)–(2) с моделью, предлагаемой в источнике [1], сформулированной также в виде задачи ЦЛП с учетом связности результирующих объединений. Количество целочисленных переменных в ней превышает величину n^3 , из-за чего можно ожидать невысокую производительность при решении прикладных задач. Модель в [1] построена также с учетом возможных различных значений пропускной способности k_i элементарных секторов, пропускные способности итоговых объединений задаются как переменные, значения которых должны быть равны максимумам среди k_i секторов, вошедших в объединения. Учитывается также часто задаваемая в прикладных задачах минимально допустимая разность между, как правило, предварительно усредняемыми значениями нагрузок и пропускными способностями, называемая в [1] параметром запаса. Моделью также производится выбор максимальной нагрузки какого-либо возможного объединения из нескольких, заданных в соответствии с условными последовательными временными периодами, в течение которых рассматривается обрабатываемая ситуация.

Для более корректного сравнения производительности моделей из [1] и [2], в (1) могут быть добавлены условия для учета различных значений пропускной способности k_i и параметра запаса:

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^n y_j \rightarrow \min; \\ \sum_{i=1}^n w_i x_{ij} \leq c_j - gap y_j, \forall j \in \{1, \dots, n\}; \\ \sum_{i=1}^n \frac{x_{ij}}{M} \leq y_j, \forall j \in \{1, \dots, n\}; \\ \sum_{j=1}^n x_{ij} = 1, \forall i \in \{1, \dots, n\}; \\ c_j \geq x_{ij} k_i, \forall i, j \in \{1, \dots, n\}; \\ \frac{c_j - x_{ij} k_i}{M} \leq 1 - z_{ij}, \forall i, j \in \{1, \dots, n\}; \\ \sum_{i=1}^n z_{ij} = 1, \forall j \in \{1, \dots, n\}; \\ x_{ij}, y_j, z_{ij} \in \{0, 1\}, \end{cases} \quad (3)$$

где c_j – переменная пропускной способности j -го объединения, gap – параметр запаса, z_{ij} – вспомогательная переменная для линеаризации ограничений для определения максимума, M – достаточно большое число.

Также могут быть добавлены условия из [1] для учета изменения нагрузок по временными периодам.

Результирующее время запуска единичного теста модели (3) с параметром $n=9$ и значениями нагрузок $w_i \square k_i$ для большинства элементарных секторов составляет величину порядка 5 с, что позволяет сделать вывод о возможной целесообразности сравнения производительности модели (3)–(2) и модели из [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Drew, M. C. A method of optimally combining sectors / M. C. Drew // 9th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference (ATIO), Hilton Head, South Carolina, 21–23 September 2009 / University Affiliated Research Center. – South Carolina, 2009. – 10 p.
2. Рубанов, И. В. Вычислительные методы решения задачи комбинирования секторов воздушного пространства / И. В. Рубанов, М. Я. Ковалев // Информатика. – 2020. – Т. 17, № 4. – С. 7–21.

УДК 519.87

А.И. Кравчук, И.В. Рубанов

Белорусская государственная академия авиации

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ПРОВЕРКЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОДНОЙ ИЗ МОДЕЛЕЙ СОВМЕЩЕНИЯ СЕКТОРОВ ВЕРХНЕГО ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Целью нашего исследования является определение состоятельности модели объединения секторов, предлагаемой в источнике [1] для применения при решении возможных комплексных задач рациональной конфигурации секторов верхнего воздушного пространства Республики Беларусь.

Задачей нашего исследования является проведение вычислительного эксперимента по выяснению производительности модели, представленной в упомянутом источнике.

На сегодняшний день в РБ существует три сектора и девять подсекторов верхнего ВП, которые обеспечивают постоянное управление воздушным движением, соответственно, требуется как минимум девять активных рабочих мест. Исходя из того факта, что каждый диспетчерский пункт обладает определенной пропускной способностью, а количество ВС, находящихся под управлением диспетчера УВД, зачастую гораздо меньше, для верхнего ВП можно предложить использование концепции совмещения секторов.

Совмещение происходит, если суммарное количество ВС в объединяемых секторах не превышает пропускную способность итогового объединения.

Например, рассмотрим воздушную обстановку в 23:18 UTC 08.11.2021 (рисунок 1).

На изображении ясно видно, что в верхнем ВП РБ осуществляют свою деятельность лишь два ВС, следовательно, использование девяти секторов не целесообразно. Исходя из рассматриваемой концепции, в течение некоторого времени должно быть произведено объединение всех секторов верхнего ВП РБ, так как количество ВС, находящихся в Минском РПИ, гораздо меньше, чем ожидаемая пропускная способность итогового объединения. Реконфигурация может происходить через заданный период времени либо исходя из текущей ситуации.

В настоящее время известно множество исследований по данной тематике, см., например, обзор [2]. Предметом исследований стало множество факторов, которые требуется учитывать при решении комплексной задачи конфигурации ВП, например, рассматриваются вопросы определения параметров усреднения трафика по временным периодам, методики определения метрик нагрузки и пропускной способности секторов, экономическая и организационная эффективность и другие важные факторы.

Авторами доклада произведена попытка компьютерной реализации упрощенной версии одной из математических моделей, см. [1], решения задачи непосредственного комбинирования секторов ВП при достаточно простых допущениях, которая может рассматриваться как подзадача в более комплексных моделях.

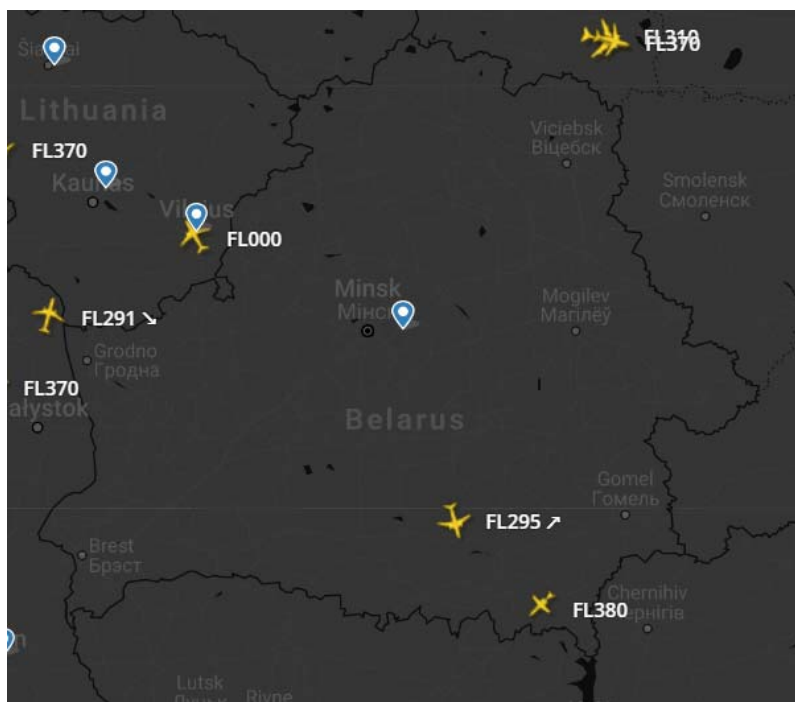


Рисунок 1 – Воздушное пространство Республики Беларусь в выбранный момент времени

Испытываемая модель сформулирована в виде задачи целочисленного линейного программирования большой размерности, в производимой итоговой комбинации объединений секторов учитывается их пространственная смежность, что реализуется при помощи введения более чем n^3 целочисленных переменных, где n – количество исходных секторов. Метрика нагрузки результирующего объединения определяется как простая сумма нагрузок входящих в него элементарных секторов, пропускной способностью объединения считается максимальная пропускная способность элементов, целевая функция минимизирует простую сумму объединений. Вызывает интерес вопрос о приемлемости времени вычисления с $n=9$ и заданной пространственной смежностью.

В результате проведенного вычислительного эксперимента на платформе решателя IBM ILOG Cplex было выяснено, что время решения задачи с девятью элементарными секторами и возможностью их объединения по горизонтальным и вертикальным направлениям составляет не более 10–15 секунд.

Полученное время вычисления является приемлемым для оперативной реорганизации рабочих мест через периоды времени, значительно меньшие, чем предположительное время самой реорганизации.

Выводы. Модель пригодна для применения при решении практических задач по конфигурированию секторов воздушного пространства в условиях Республики Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Drew, M. C. A method of optimally combining sectors / M. C. Drew // 9th AIAA Aviation Technology, Integration, and Operations Conference (ATIO), Hilton Head, South Carolina, 21–23 September 2009 / University Affiliated Research Center. – South Carolina, 2009. – 10 p.
2. Flener, P. Automatic Airspace Sectorization / P. Flener, J. Pearson // Uppsala, Sweden: Uppsala University, 2012 (rev. 2018). – Sweden, 2012. – 19 p.

УДК 355.01

В.А. Ксенофонтов

Военная академия Республики Беларусь

ИНФОРМАЦИОННАЯ ВОЙНА КАК ВАЖНЕЙШИЙ ЭЛЕМЕНТ СОВРЕМЕННОГО ПРОТИВОБОРСТВА

Несмотря на стремление многих социальных субъектов к мирному развитию, *война продолжает быть формой бытия человечества*. Мир устроен так, что существующие и возникающие экономические, политические, социальные, духовные, территориальные, национальные, религиозные и иные противоречия разрешаются посредством войн и конфликтов. Военное насилие постоянно трансформируется, обретая новые формы и грани своего проявления. Анализ войн и конфликтов показывает, что длительное время главным средством подавления людей служили в основном физические способы и методы подавления и уничтожения противника. В Концепции информационной безопасности Республики Беларусь отмечается: «Формируемое в глобальном масштабе информационное общество представляет собой новый этап развития цивилизации с преобладанием знаний и информации, воздействием информационных технологий на все сферы человеческой деятельности» [1, ст. 1]. Информация становится основным стратегическим ресурсом. Следовательно, вступление человечества в эпоху нового технологического уклада – информационного, который стремительно развивается, активно меняет содержание войны и технологии ее ведения.

Активное проведение неклассических войн в настоящее время имеет в своем содержании информационную компоненту, которую часто именуют информационной войной (далее – ИВ). Следовательно, *информация является своеобразным оружием и активно используется в насильственных действиях*. Профессор И. Н. Панарин выделяет основные сферы ведения информационного противоборства: политическая; дипломатическая, финансово-экономическая; военная; космическая [2, с. 88].

По мнению ученого В. К. Новикова, ИВ – это «продолжение политики государства, заключающейся в целенаправленном, комплексном, организованном информационном воздействии на информационные объекты иностранного государства информационным оружием для достижения политических, экономических, территориальных, национальных, религиозных и иных целей с нанесением минимальных потерь живой силе, населению и объектам инфраструктуры противника, без непосредственной оккупации территории и защитой своих информационных объектов» [3, с. 78].

Основной целью ИВ является установление власти (контроля) над индивидуальным и общественным сознанием человека и общества (населения) государства-жертвы и обеспечения выполнения им воли победителя для достижения целей войны и одновременной защитой собственного населения и особенно военнослужащих.

Основные задачи, которые решаются в ходе ИВ: подрыв внутренней и внешней политики государства; подрыв национальной культуры на основе дискредитации национальных ценностей и разрушения социокультурной идентичности; подрыв международного авторитета государства, его сотрудничества с другими странами; привод к власти нужных президента, правительства, политиков; установление над страной внешнего управления и контроля; исключение всякой возможности к сопротивлению государства-жертвы; создание в стране постоянного управляемого хаоса (революционной ситуации) при необходимости; подбор новых членов блока НАТО, которые могли бы понести значительные потери, в том числе в живой силе, ради уважения со стороны новых хозяев.

Сутью современной ИВ является следующее: достижение социально-политических, экономических, идеологических, территориальных, национальных, этнических, религиозных и других целей осуществляется без массового применения

вооруженных сил, непосредственного многочисленного поражения живой силы противника и населения, а с помощью информационного оружия (средств и технологий); побежденная сторона («жертва») должна благодарить победителя за то, что у нее отобрали независимость, территорию, полезные ископаемые и т. д.; государство-жертва будет делать все то, что потребует новый хозяин. Основной лозунг, используемый против государства-жертвы в ходе ИВ – «Разделяй и властвуй!» [3, с. 79].

Тенденции современного противоборства таковы, что ни одна военная компания не проводится без информационной компоненты. Причем, военная сила становится страховочным элементом, может даже не применяться при условии достижения цели конфликта. Информационное насилие не имеет четко обозначенного фронта, нет границ, группировок войск, характерных для классической войны. Политики и военные деятели поняли, что можно выигрывать (подчинять) противоборствующую сторону без применения обычных средств поражения и практически без человеческих жертв и массовых разрушений инфраструктуры государства-жертвы. В ходе ИВ трудно выделять фазы войны и мира. Более того, по взглядам американских стратегов, она ведется постоянно.

ИВ ведутся по определенным сценариям (формам ведения). Российский специалист в области информационного противоборства В. К. Новиков, проанализировав военные конфликты более чем за четверть века, выделил следующие сценарии ИВ: «мягкий» (бархатный, цветной, майданный), «силовой», «содружества» (партнерства), «нашествия» (саранчи), «образование», «замена», «обезглавливающий», «смешанный» и сформулировал сущность каждого из названных сценариев и последовательность их реализации.

Западные стратеги отдают предпочтение «мягкому» сценарию. Основные условия его реализации: государство становится экономически слабым, в обществе накапливается отрицательная энергия, теряется нравственность. В этом случае остается лишь создать революционную ситуацию в государстве, а возможность такая имеется практически всегда у подготовленных технологов ИВ, то можно достигать поставленных целей ИВ [3, с. 97].

«Мягкий» сценарий ИВ – возможность «экспорта ненасильственных революций» и создания в стране революционной ситуации, приводящих к смене власти на нужную, без непосредственного внешнего вооруженного вмешательства, оккупации территории и больших человеческих жертв или их исключения. Стратегическая цель ИВ, проводимой на основе «мягкого» сценария – деморализация населения в нужном направлении и убеждение руководства государства-жертвы, что оно должно выполнить все указания государства-помощника или уйти в отставку с назначением нужных новых президента и правительства, без непосредственного применения военной силы и оккупации территории войсками.

В подготовке и реализации «мягкого» сценария ИВ выделяется три этапа: подготовительный – создание (подготовка) революционной ситуации в стране; непосредственный – практическая реализация революционной ситуации (создание управляемого хаоса) в государстве; развязка, или финальный этап – практическое закрепление результатов революционной ситуации [3, с. 98].

В целях ускорения «мягкого» (бархатного, цветного, майданного) сценария ИВ и достижения поставленных целей могут в рамках его реализации применяться сценарии ИВ «курьер» (посланник) и «санкции». Так сценарий ИВ «курьер» (посланник) предусматривает направление в государство-жертву лица (лиц, людей) для ускорения создания субъективных условий революционной ситуации, то есть превращением революционной ситуации в революцию по смене власти в государстве-жертве на нужную для государства-помощника [3, с. 110]. Сценарий ИВ «санкции» – краткое и последовательное определение и описание состава принудительных мер-санкций и их применения против государства-жертвы во времени, пространстве и на определенной

территории при подготовке к ИВ и в ходе ее проведения в соответствии со складывающейся информационной обстановкой [3, с. 112].

Отметим, что названные сценарии ИВ применимы к любым странам, независимо от уровня их развития – экономического, финансового, научного, военного и т.п. ИВ становятся более разнообразными, корректируются принципы их подготовки и ведения, расширяется перечень средств (технологий) информационно-психологического и информационно-технического воздействия, способов и различных акций, применяемых для достижения целей ИВ. В условиях активного внедрения в международную практику западными стратегами технологий *гибридной войны* и *цветной революции*, стоит помнить, что информационная компонента в этих видах насилия составляет существенную часть своеобразного «гибрида». По мнению А. А. Бартоша, «война смыслов составляет сердцевину стратегии гибридной войны, главная цель которой состоит в обеспечении последовательного планомерного установления контроля над всеми сторонами жизни государства – объекта гибридной агрессии и прежде всего *над менталитетом его населения* (выделено мной. – В. К.)» [4, с. 61]. Закономерно, что уже введено в научный оборот понятие «ментальная война» [5].

Таким образом, разворачивается новая эпоха информационного противоборства, базирующаяся на новом технологическом укладе – информационном. Тот, кто будет владеть информацией, сценариями и необходимым инструментарием ИВ, тот и будет определять мировую повестку. Отметим, что в информационном обществе при сохранении опасностей, связанных с применением военной силы, основным средством воздействия на государство-жертву все чаще становятся технологии управления мировоззрением и картиной мира населяющего его народа в интересах установления полного контроля и перевода страны под внешнее управление [4, с. 137]. Безусловно, защитой от ИВ является знание их технологий и построение информационного «щита», заключающегося в адекватном понимании сценариев, инструментария и технологий борьбы в целях своевременного вскрытия этапа подготовки ИВ. Это должна быть системная работа с разработкой комплекса мер (научно-образовательных, правовых, организационных, технических и др.) по предотвращению и исключению возможности проведения любого сценария ИВ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Концепция информационной безопасности Республики Беларусь : постановление Совета безопасности Республики Беларусь, 18.03.2019, № 1. – Минск, 2019. – 25 с.
2. Панарин, И. Н. Информационная война за будущее России / И. Н. Панарин. – М. : Горячая линия. – Телеком, 2008. – 256 с.
3. Новиков, В. К. «Дранг нах Остен» – сценарии информационных войн в действии / В. К. Новиков. – М. : Горячая линия. – Телеком, 2021. – 344 с.
4. Бартош, А. А. Гибридная война : учеб. пособие / А. А. Бартош. – М. : КНОРУС, 2021. – 306 с.
5. Ильницкий, А. М. Ментальная война России / А. М. Ильницкий // Военная мысль. – 2021. – № 8. – С. 19–33.

УДК 37.012

А.И. Науменко

Белорусская государственная академия авиации

О ПРИМЕНЕНИИ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ КУРСАНТОВ

Одной из важнейших задач современного мирового экономического развития является инновационный путь развития государств. Такая стратегическая цель ставится Государственными программами развития Республики Беларусь.

Для достижения этой цели необходимо обеспечить подготовку кадров, способных реализовать намеченную цель, то есть обеспечить развитие инновационного образования, которое предполагает в первую очередь более качественный уровень образования с использованием современных методов обучения.

Одной из первостепенных задач повышения качества знаний курсантов является необходимость их регулярной самостоятельной работы, постоянного контроля знаний в процессе изучения учебной дисциплины. Образовательными стандартами по социально-гуманитарным дисциплинам из общего количества часов, отведенных на изучение учебной дисциплины, значительная доля отводится самостоятельной работе курсантов по их изучению. Например, на изучение дисциплины «Экономическая теория» отведено 80 часов, из них количество аудиторных занятий 42 часа (22 лекционных и 20 семинарских) и 38 часов самостоятельной работы курсантов, т. е. около 48 процентов. Увеличение количества часов самостоятельной работы курсантов требует уделять больше внимания ее организации и повысить требовательность в отношении контроля и оценки самостоятельной работы курсантов в течение семестра, учесть ее при итоговой аттестации по дисциплине (экзамене, дифференциальном зачете).

Рейтинговая система оценки знаний, умений и навыков курсантов представляет собой совокупность методических инструментов для определения итоговой отметки по дисциплине, накопленной студентом по результатам текущей успеваемости в семестре и сдачи экзамена (зачета) [1].

Традиционно оценка усвоения материала курсантами осуществляется через семинарские и практические занятия. Однако они не являются стимулом для систематической работы курсанта по изучению учебного материала в течение семестра. Оценки по практическим и семинарским занятиям, если они выставляются преподавателем, напрямую не оказывают влияния на экзаменационную оценку по дисциплине. По действующей системе оценка знаний курсанта определяется экзаменационной оценкой и в некоторой степени включает элемент случайности. Отсутствие систематической работы курсантов в течение учебного года и ограниченное время для подготовки курсанта к экзамену не позволяет обеспечить качественное усвоение учебного материала по дисциплине. Отсутствие периодической систематизации и закрепления знаний в течение семестра приводит к быстрой их утрате [2].

Цель рейтинговой оценки:

– стимулировать учебно-познавательную деятельность курсантов за счет поэтапного оценивания различных видов работ для повышения качества изучения и усвоения материала по изучаемой дисциплине;

– мотивировать курсантов к системной работе в процессе получения знаний и усвоения учебного материала на протяжении всего семестра;

– повысить объективность итоговой отметки, усилив ее зависимость от результатов регулярной самостоятельной работы курсантов в течение семестра.

С целью стимулирования и активизации работы курсантов в течение семестра, учета качества работы курсанта, обеспечения оперативного контроля за ходом изучения дисциплины, повышения объективности оценки знаний, умений и навыков и, главное, их учета при выставлении итоговой оценки на экзамене (зачете) мною в течение длительного

периода применяется рейтинговая оценка знаний, умений и навыков курсантов по дисциплинам «Экономическая теория» и «Экономика отрасли».

Система включает подсчет и учет баллов, полученных курсантами в течение семестра на семинарских (практических) занятиях, оценку по письменным (контрольной) работам по разделам учебной дисциплины и экзаменационную (зачетную) оценку. Оценка знаний по текущей работе и экзаменационная оценка осуществляется по десятибалльной системе с учетом весовых коэффициентов, отражающих сложность указанных видов учебной работы курсанта.

Предлагаемый метод заключается в переходе к комплексной (итоговой) оценке знаний по дисциплине, которая включает три компонента:

1. Итоговая оценка за работу на семинарских, практических и других видах практического закрепления изученного теоретического материала.

2. Итоговая оценка по письменным (контрольным) работам по разделам. Это позволяет осуществлять рубежное закрепление учебной дисциплины по изучаемым разделам (темам).

3. Экзаменационная оценка (дифференциального зачета).

При наличии задолженностей или неудовлетворительной оценки по видам текущей учебной работы курсант к итоговой аттестации допускается решением кафедры только после ее ликвидации. Курсант может повысить оценку путем пересдачи на более высокий балл определенного количества работ. За участие в научной работе итоговая оценка может быть повышена в пределах одного балла.

Информация о содержании рейтинговой системы доводится до сведения курсантов на первом занятии по дисциплине.

Итоговая оценка по дисциплине, проставляемая в зачетную книжку, является интегрированной оценкой, основанной на указанных компонентах.

Итоговая интегральная оценка определяется как сумма указанных трех видов оценок по видам учебной работы курсанта с учетом их весовых коэффициентов и определяется по формуле:

$$O_u = a \times Q_{\text{пр}} + b \times Q_{\text{кр.}} + c \times Q_{\text{экз.}} \quad (1)$$

где O_u – итоговая оценка по дисциплине, выставляемая в экзаменационную ведомость и зачетную книжку; $Q_{\text{кр.}}$, $Q_{\text{экз.}}$ – итоговые оценки (средний балл) за семинарские, практические, контрольные работы и экзамен (зачет); a , b , c – весовые коэффициенты каждого вида учебной работы в сумме равные единице: $a + b + c = 1$.

Весовые коэффициенты устанавливаются по предложению преподавателя решением кафедры.

Предлагаемая методика не вносит принципиальных изменений в организацию учебного процесса. Однако для учета успеваемости курсантов преподавателю необходимо разрабатывать контролирующие задания, тесты на семинарские и практические занятия, варианты контрольных заданий (работ) по разделам дисциплины. Это создает дополнительную неоплачиваемую нагрузку преподавателю [3].

При определении оценки по интегрированному модулю, например, «Экономика» в который входит две учебных дисциплины «Экономическая теория» и «Социология» и выставляется общая оценка, применяется методика рекомендованная Министерством образования РБ:

– по каждой учебной дисциплине входящих в интегрированный модуль оцениваются знания курсанта и выставляется оценка;

– итоговая оценка по интегрированному модулю определяется на основании рейтингово коэффициента дисциплины исходя из количества аудиторных часов, отведенных на изучение дисциплины. Например, на модуль «Экономика» учебным

планом по специальности отводится 60 аудиторных часов, из них на «Экономическую теорию» 42 часа, на «Социологию» – 18.

– рейтинговый коэффициент дисциплины определяется процентным соотношением. В приведенном примере «Экономической теории» установлено 70% времени от общего количества аудиторных часов, «Социологии» – 30%. Соответственно рейтинговые коэффициенты составят 0,7 и 0,3 соответственно;

– итоговая оценка, выставляемая в экзаменационную ведомость и зачетную книжку курсанта, определяется суммированием оценок с учетом рейтинговых коэффициентов по дисциплинам:

$$O_{\text{итог}} = 0,7Q_{\text{эт}} + 0,3Q_{\text{соц.}}$$

Предлагаемая методика позволяет активизировать учебную деятельность курсантов, повысить роль самостоятельной работы в течение всего периода изучения дисциплины, осуществлять более объективно оценку их знаний, обеспечить контроль и анализ усвоения учебного материала преподавателем по итогам изучения учебной дисциплины.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Балльно-рейтинговая система оценки знаний студентов в вузе: проблемы и перспективы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib/bsou.by/bitstream/doc/47492/1/9/балльно-рейтинговая%20система>. – Дата доступа: 10.11.2021.

2. Рейтинговая система оценки знаний студентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://elib/bsu.by/bitstream/doc/malkova_moreva_romanovich.BMV/pdf. – Дата доступа: 11.11.2021.

3. Рейтинговая оценка знаний студентов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studref.com/551145/bungaltersky_uchet_i_analiz/rejtingovaya_otsenka_znaniy_studentov. – Дата доступа: 11.11.2021.

УДК 355.23

С.А. Савік, М.І. Капковіч, С.А. Пазняк

Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт

ФАРМИРАВАННЕ ПРАФЕСІЙНА-ДЗЕЛАВЫХ ЯКАСЦЕЙ МАЛАДОГА АФІЦЭРА: ПРАБЛЕМЫ І ШЛЯХІ ІХ ВЫРАШЭННЯ

Уводзіны. Вывучэнне і аналіз водгукаў аб службе выпускнікоў ваенных навучальных устаноў паказвае, што маладыя афіцэры ў перыяд свайго прафесійнага станаўлення сутыкаюцца з сур'ёзнымі цяжкасцямі. Часта выпускнік, нават валодаючы добрым запасам тэарэтычных ведаў, няўпэўнена адчувае сябе ў сітуацыі выбару, калі неабходна вырашыць, што трэба рабіць, ці як трэба рэалізоўваць ужо прынятае рашэнне. Адсюль шаблон у дзеяннях, адсутнасць ініцыятывы, боязь разумнай рызыкі, адказнасці і іншыя недахопы.

Асноўная частка. Тэзіс аб высокім інтэлекце афіцэра як неад'емнай рысе ваеннага прафесіянала сёння рэдка аспрэчваецца адкрыта. Аднак у вайсковым асяроддзі ўсё яшчэ папулярная ідэя аб перавазе ў ваеннай справе «валявога пачатку». Нават асобы, якія займаюць дастаткова высокія пасады, на ўзроўні падсвядомасці часта перакананыя ў непатрэбнасці лішняга «мудрошчы», здольнага толькі нашкодзіць ваеннаму чалавеку і да той справы, якой ён служыць [1, с. 227].

Дадзеная сітуацыя ўзнікла з-за памылковых псіхалагічных устаноў у свядомасці і тых, «каго вучаць», і тых, «хто вучыць». У першую чаргу гаворка ідзе пра некалькі памылак.

Першая памылка заключаецца ў тым, што вучоба разглядаецца як непрыемны момант у жыцці, які трэба проста «перажыць як кашмарны сон». Сапраўды, калісьці выпускніку ВНУ атрыманага запасу ведаў хапала на ўвесь перыяд актыўнай працоўнай дзейнасці. Аднак сёння ў любой сферы колькасць прафесійна значнай інфармацыі нарастае лавінападобна. Менавіта гэта акалічнасць і выклікае ідэю бесперапыннай адукацыі. Мы павінны ўсведамляць, што працэс авалодання ведамі, навыкамі, умениямі – нармальны стан чалавека [2, с. 81]. Перафразуючы знакамітае выказванне французскага філосафа Р. Дэкарта: «...думаю, такім чынам існую», мы можам сказаць: «...вучуся, значыць існую», і гэта, мабыць, не будзе вялікім перабольшаннем, асабліва ў адносінах да ваеннага чалавека. Бо вайна для кадравага афіцэра – гэта экзамен, які невядома калі адбудзецца, але да якога трэба рыхтавацца ўсё жыццё. Вядома, прафесіяналізм высока цэнніцца ў любой дзейнасці. Але ў ваеннай сферы дрэннае веданне і няўменне рабіць сваю справу мяжуе са злачыствам. Занадта вялікая цана памылак афіцэра!

Нямецкім філосафам Э. Гусерлем было ўведзена паняцце «жыццёвы свет», якое разумее тую сферу быцця, якую суб'ект лічыць «сваёй». За межамі жыццёвага свету застаецца многае з таго, што чалавеку ў прынцыпе вядома, але захоўвае элемент чужасці. Гэтая сітуацыя тыповая для курсанта і маладога афіцэра. Чалавек не паспявае засвойваць патокі супярэчлівай інфармацыі, якая абвальваецца на яго, ператвараць яе ў нешта «сваё». Для вырашэння гэтай супярэчнасці і патрабуецца павышэнне ўвагі да метадалагічных аспектаў дысцыплін, якія вывучаюцца.

У святле сказанага вышэй неабходна ўказаць на другі недахоп: многія навучэнцы цалкам шчыра мяркуюць, што вучэбная дзейнасць – гэта, перш за ўсё, працэс запамінання пэўнага матэрыялу. У гэтай памылцы іх умацоўваюць, на жаль, і некаторыя выкладчыкі, якія робяць стаўку на бяздумнае завучванне навучальнага матэрыялу і нацягвання курсантаў на рашэнне стандартных прыкладных задач.

Але вучоба – гэта не проста фіксаванне назапашанай інфармацыі, але і авалоданне спосабамі атрымання і выкарыстання гэтай інфармацыі. Яшчэ старажытныя грэкі справядліва лічылі, што «завучванне розуму не дадае».

Сучасная педагогіка вылучае на першы план наступную звышзадачу: навучэнец павінен «навучыцца “авалодваць” тэхналогіямі атрымання ведаў» і пастаянна гэтыя тэхналогіі ўдасканальваць. Нельга сказаць, што гэта адкрыццё належыць выключна нашым дням. Успомнім старажытную прытчу: «Добра паступіць той, хто накорміць галоднага чалавека рыбай, але яшчэ лепш зробіць той, хто навучыць яго лавіць рыбу». Ідэя аб тым, што «вучань – гэта не сасуд, які трэба напоўніць ведамі, а факел, які трэба запаліць», заўсёды мела нямала прыхільнікаў сярод педагогаў, у тым ліку і ваенных. Але абставіны, пра якія ўжо ішла размова вышэй, гранічна актуалізавалі праблему творчасці і прафесіяналізму ў дзейнасці не толькі выкладчыкаў, але і курсантаў ваенных навучальных устаноў [2, с. 84].

Трэці недахоп, які сфарміраваўся ў многіх яшчэ са школьных часоў, звязаны са стэрэатыпам: «Я вучуся не для сябе, а для кагосьці іншага (бацькоў, камандзіраў, грамадства)». У выніку індывід аказваецца адчужаны ад рэальнага працэсу авалодання ведамі і ад вынікаў гэтага працэсу. У лепшым выпадку ён удала імітуе пазнавальную дзейнасць, «падпарадкоўваючыся» знешнім абставінам. Пры гэтым, як правіла, на першы план вылучаецца фармальны бок справы (дыпломы, атэстаты, званні – свайго роду аксэсуары навучальнага працэсу) і зусім ігнаруецца духоўны свет асобы. Падобная ўнутраная ўстаноўка павінна быць пераадолена як неадэкватная. На змену ёй павінна прыйсці разуменне таго, што сітуацыя, на самой справе, зусім зваротная – чалавек вучыцца ў першую чаргу для самога сябе. Вядома, нельга скідаць з рахункаў фактары сацыяльнага парадку: патрэбы грамадства, абавязак перад іншымі людзьмі, абавязкі грамадзяніна. Але ўсё ж вучэбная дзейнасць – гэта працэс глыбока асобасны, звязаны з рэалізацыяй глыбінных, сутнасных патэнцый індывіда. Невыпадкова патрэба пазнання

адносіцца да ліку родавых, базавых патрэб чалавека [2, с. 87].

Вучоба ў ваеннай навучальнай установе – гэта свядомы выбар індывіда, свайго роду інвясціраванне ва ўласную будучыню. Аднак патрабуюцца значныя намаганні камандзіраў і выкладчыкаў, каб гэты выбар падтрымліваць. Неабходна пастаянная ўвага да каштоўнасна-матывацыйнай сферы асобы навучэнца. Устаноўкі тыпу «мы вас сюды не клікалі», «гэта вашы праблемы», «не падабаецца – сыходзьце, характэрныя для асобных «гора-выхавальнікаў» у пагонах, відавочна стымулююць імкненне пэўнай часткі курсантаў адлічыцца з ВНУ.

Чацвёрты недахоп, які патрабуе пераадолення, быў у свой час ахарактарызаваны К. Марксам як «прафесійны крэтынізм». Некаторыя людзі цалкам шчыра мяркуюць, што поспех у нейкай канкрэтнай галіне дзейнасці прадугледжвае поўную канцэнтрацыю ўсіх сіл менавіта ў гэтай сферы і свядомую адмову ад іншых інтарэсаў, якія «замінаюць» галоўнай справе. Ідэя не пазбаўлена знешняй прывабнасці, але абсалютна абсурдная па сваёй сутнасці. «Вузкая спецыялізацыя ў шырокім сэнсе слова вядзе да шырокай ідыятызацыі ў вузкім сэнсе слова» – іранізаваў з гэтай нагоды Бернард Шоу. Складваецца парадаксальная, на першы погляд, сітуацыя: для таго, каб дасягнуць высокіх вынікаў у пэўнай сферы дзейнасці, неабходны выхад чалавека за вузкія рамкі гэтай дзейнасці. Атрыманне нетрывіяльных вынікаў недасягальна на базе механічнага «нацягвання» [2, с. 271].

Толькі прасоўванне ў напрамку рэалізацыі ідэалу ўсебаковага гарманічнага развіцця асобы забяспечвае фарміраванне высакласнага спецыяліста. У ваеннай справе вельмі многае залежыць ад «асобнага вымярэння», таму што ваенны прафесіянал аб'ектыўна пастаўлены ў сітуацыю, якая патрабуе прыняцця нестандартных рашэнняў, згодна з дынамікай развіцця баявой абстаноўкі. Праўдзівы прафесіяналізм афіцэра заключаецца не ў тым, каб «адгарадзіцца» ад усяго «неваеннага», а ў тым, каб умець вылучаць важныя для ваеннай тэорыі і практыкі метадалагічныя аспекты ва ўсім масіве тэарэтычных і эмпірычных ведаў [3, с. 123].

Заклучэнне. Мадэрнізацыя Узброеных Сіл Рэспублікі Беларусь патрабуе пастаяннага ўдасканалення прафесійных ведаў і майстэрства афіцэрскага корпуса, а з такімі маштабнымі задачамі могуць справіцца толькі адукаваныя, толькі сучасныя думачыя і ўспрымальныя да новага людзі.

СПІС ВЫКАРЫСТАНЫХ КРЫНІЦ

1. Бобков, О. Б. Профессиональное становление военного специалиста в период обучения в вузе в условиях модернизации военного образования / О. Б. Бобков, Т. С. Бобкова // Сибирский педагогический журнал. – 2011. – № 9. – С. 217–231.
2. Бархаев, Б. П. Психология и педагогика профессиональной деятельности офицера / Б. П. Бархаев. – М. : Воениздат, 2006. – 488 с.
3. Барабанщиков, А. В. Психология и педагогика высшей военной школы / А. В. Барабанщиков. – М. : Воениздат, 1989. – 368 с.

УДК 351.814.2

Н.В. Самуль, Ю.Е. Локшина

Белорусская государственная академия авиации

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БАЗОВОЙ МОДЕЛИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЛЕТНОГО СОСТАВА

Общие правила, касающиеся авиационного персонала гражданской авиации, уровень компетентности которого подлежит профессиональной оценке и сертификации, определяют требования к авиационному персоналу гражданской авиации Республики

Беларусь, осуществляющему функции, установленные для обладателей свидетельств членов экипажей воздушных судов.

Оценка эффективности любой модели профессиональной оценки летного состава выполняется с использованием математического аппарата вероятностных значений правильных или неправильных оценок знаний летного состава с принятием правильных или ошибочных решений по итогам оценки [1].

Вероятностный критерий оценки эффективности модели профессиональной оценки летного состава представлен на рисунке 1.

При неправильной оценке подготовленного летного состава, подготовленный пилот не допускается к летной работе, учебная организация терпит убытки, так как средства, вложенные в подготовку летного состава, не окупаются (риск изготовителя или риск учебной организации по подготовке летного состава – за подготовленного пилота, но которого отрицательно оценили, никто организации не заплатит).

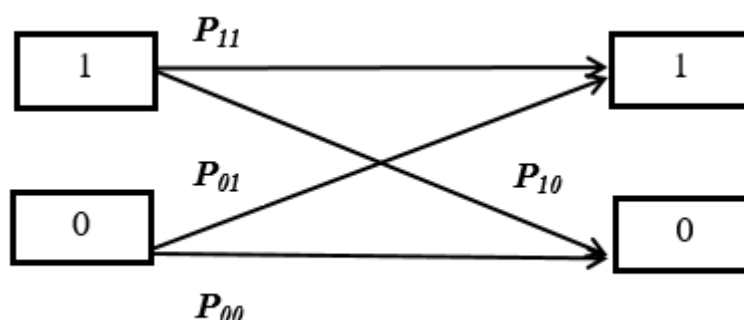


Рисунок 1 – Вероятностный критерий оценки эффективности модели профессиональной оценки летного состава:

1 – подготовленный летный состав; 0 – неподготовленный летный состав;

P_{11} – вероятность правильной оценки подготовленного летного состава; P_{10} – вероятность неправильной оценки подготовленного летного состава; P_{00} – вероятность правильной оценки неподготовленного летного состава; P_{01} – вероятность неправильной оценки неподготовленного летного состава

При неправильной оценке неподготовленного летного состава неподготовленный пилот оценивается положительно и допускается к летной работе. В этом случае терпит убытки эксплуатант, так как наличие неподготовленных пилотов в штате авиакомпании резко влияет на аварийность и безопасность полетов. Число аварий и катастроф возрастает, затраты эксплуатанта на поддержание безаварийной летной работы увеличиваются, страховые выплаты при катастрофах растут. Риск заказчика или риск эксплуатанта существенно увеличивается. За неподготовленного пилота в штате авиакомпании рано или поздно приходится платить эксплуатанту.

Из вышесказанного можно сделать следующие выводы:

1. Анализ вероятностного критерия оценки эффективности модели профессиональной оценки летного состава позволяет сделать вывод о необходимости максимизации вероятностей оценки знаний летного состава P_{11} и P_{00} .

2. С точки зрения минимизации риска изготовителя (учебной организации) целесообразно минимизировать вероятностную оценку знаний летного состава P_{10} .

3. С точки зрения минимизации риска заказчика (эксплуатанта) целесообразно минимизировать вероятностную оценку знаний летного состава P_{01} .

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гаврилова, О. Г. Обзор систем, методов и методик оценки персонала / О. Г. Гаврилова // Кадровая служба и управление персоналом предприятия. – 2009. – № 6. – 13 с.

УДК 629.7 (476)

В.Н. Сивицкий

Белорусская государственная академия авиации

АКТУАЛЬНОСТЬ СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АВИАЦИИ БЕЛАРУСИ

Социально-гуманитарные исследования в авиации Беларуси начались с историко-панорамных хроникальных обзоров развития отечественной авиации как составной части авиационного комплекса СССР. Среди подобных историко-панорамных хроникальных обзоров обращают на себя внимание работы И. Г. Дроговоза, Г. Ф. Безбородова, А. Ф. Аксёнова, В. С. Дёгтева и др. В СССР, составной частью которого являлась БССР, изучению исторического развития авиации придавалось первостепенное значение. Советская авиация занимала передовые позиции в мире, чем, главным образом, и мотивировался в то время научный интерес к проблемам познания истории отрасли и перспектив ее развития.

В последние десятилетия, когда наша страна стала суверенным, независимым государством, историко-панорамные хроникальные исследования развития авиационной отрасли, функционирования отдельных предприятий Беларуси были продолжены такими исследователями, как В. А. Теляков, Г. М. Русак, Н. Б. Щавлинский, Н. А. Сидорович, А. И. Науменко, А. А. Гурецкий, Д. А. Дьяков и др. [2, 5, 6, 7, 8].

Вместе с тем надо отметить, что в контексте современных интегративных междисциплинарных исследований знание только исторической последовательности смены технологических укладов в развитии авиации Беларуси, установление точной хроникальной фактуры и периодизации развития всей отрасли или отдельных авиапредприятий становится явно недостаточным. За годы своего существования авиация широко вошла в различные сферы жизнедеятельности человека, стала феноменом общественной жизни, определяющим развитие не только собственно транспортной отрасли или военного потенциала государства, но и практически всех кластеров экономики. Значительно сегодня влияние авиации в сферах политической жизни и социальных коммуникациях, в туризме, деятельности подразделений по ликвидации чрезвычайных ситуаций. Это первый аргумент, определяющий актуальность социально-гуманитарных исследований в авиации.

Кроме того, анализ технико-технологической парадигмы развития авиации был бы неполным без определения тех социокультурных, то есть исторических, социально-политических, экономических, экологических, культурологических и иных гуманитарных контекстов, в русле которых развитие авиационной техники и происходило, которыми в значительной степени и обуславливалось.

Еще один аргумент, определяющий актуальность социально-гуманитарных исследований в авиации – образовательный, то есть обучающе-воспитательный. Без знания социокультурных аспектов развития авиационной техники невозможно профессиональное и личностное становление современного авиационного специалиста. Лица, задействованные в гражданской и военной авиации, должны знать свои профессиональные традиции, иметь представление обо всех значимых событиях, явлениях и процессах истории авиации, этапах ее становления и развития, конструкторах и летчиках, внесших весомый вклад в развитие отрасли. Авиаспециалисту необходимо

уметь теоретически осмысливать и анализировать имевшее место и современное состояние отрасли.

Следует заметить, что в целом разработка социокультурных основ развития авиации как таковой и авиационной отрасли Беларуси в частности, сегодня находится практически в начальной стадии, проблема социокультурной обусловленности развития авиации по-прежнему вне фокуса системных научных исследований. В российской гуманитаристике последних лет социокультурная рефлексия феномена авиации заявлена, пожалуй, только в исследовании В. В. Кочурина, который в качестве предмета познания определил социально-философские аспекты создания и совершенствования авиации, как одного из важнейших условий развития российского общества, его сознания и культуры [4].

Если говорить о работах белорусских авторов, то в контексте заявленной проблематики обращают на себя внимание в первую очередь исследования Н. Б. Щавлинского. Во многих своих трудах, посвященных истории авиаотрасли Беларуси, автор акцентирует внимание на включенности авиации в жизнь общества, рассматривая феномен авиации как элемент белорусской национальной культуры.

Развитию гражданской авиации Беларуси с середины 1980-х гг. до 2015-го г. – периоду, наименее изученному в современной белорусской исторической науке, посвящена монография Н. Б. Щавлинского «На переломе эпох: развитие гражданской авиации Беларуси в конце XX – начале XXI вв.», изданная в 2017 г. В книге автор обратился к материалам Национального архива Республики Беларусь, Государственного архива Минской области, Национальной компании «Белавиа», Национальной книжной палаты Республики Беларусь, использовал публикации в периодической печати, материалы различных авиационных организаций и органов власти, – все это позволило в итоге достаточно глубоко проанализировать общественно-политические и социально-экономические контексты развития белорусской гражданской авиации в условиях перестроечных процессов, развала СССР и обретения республикой независимости. Исследователь подробно описывает те трудности, с которыми столкнулась белорусская гражданская авиация на пути обретения самостоятельного пути развития. Основное содержание монографии отводится анализу основных направлений развития гражданской авиации республики на современном этапе: деятельности авиакомпаний «Белавиа» и «Трансавиаэкспорт», главным воздушным воротам республики – Национальному аэропорту «Минск», авиаремонтной отрасли, Белорусской государственной академии авиации и отличающейся наиболее динамичным развитием «Белаэронавигации».

В монографии, посвященной истории создания и развития «Национального аэропорта «Минск», используя документальные источники Национального архива, Н. Б. Щавлинский остановился на самых значительных событиях в истории крупнейшего аэропорта республики. Вышедшая в 2006 г. книга «Национальная компания «Белавиа» – результат проделанной автором работы по анализу зарождения и развития авиапредприятия, исследованию основных сфер его жизнедеятельности.

Анализу экономических аспектов развития авиаотрасли Беларуси, отраслевой системы управления в гражданской авиации в Республике Беларусь в условиях рыночных отношений посвящена монография Ф.Ф. Иванова [3]. Автором приведен системный анализ состояния развития воздушного транспорта Республики Беларусь и дано обоснование основных направлений его развития. Исследуя функционирование авиации Беларуси в условиях старения имеющегося парка самолетов, ограничений со стороны стран Евросоюза на полеты в Западную Европу, а также высокой конкуренции на рынках авиаперевозок, произведя анализ производственно-финансовых результатов работы авиапредприятий и отрасли в целом, Ф. Ф. Иванов обосновывает перечень показателей, которые характеризуют эффективность развития гражданской авиации, и выводит основные направления развития гражданской авиации в условиях рыночных отношений.

Систематизация социокультурных аспектов развития авиационной отрасли Беларуси, – в первую очередь, исторических, экономических, образовательных и культурологических, – находит отражение в докладах участников международных научных конференций и семинаров, проводимых в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации».

В контексте социокультурного осмысления проблем развития авиаотрасли Беларуси обращают на себя внимание некоторые литературно-художественные публикации. Речь идет о двух текстах: книге Елены Петровны Нестерович «Небо: история любви», изданной в 2008 г., и воспоминаниях одной из первых белорусских бортпроводниц Александры Владимировны Сеньковой «Мгновения из жизни стюардесс...» (2015). Адресованные широкому кругу читателей, эти работы с необычных ракурсов и точек зрения раскрывают историю зарождения и становления, каждодневного функционирования белорусской авиации.

Качественно новой страницей в социально-гуманитарных исследованиях отечественной авиации стала созданная коллективом авторов под общей редакцией А.А. Шегидевича и О.М. Борздовой монография «Белорусская государственная академия авиации: история и перспективы развития (к 45-летию со дня основания)» (2019 г.). Написанная на основе архивных данных, монография стала не столько историко-хроникальным юбилейным изданием, сосредоточенным на достижениях коллектива Академии авиации Беларуси, сколько основательным научно-аналитическим трудом, посвященным истории создания, становления, развития и совершенствования национальной школы подготовки авиационных специалистов от Минского авиационного технического училища гражданской авиации до учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации». Достоинством работы является также то, что в ней отражены актуальные проблемы современного состояния образовательной, научной, международной деятельности учреждения высшего образования [1]. Монография стала преемственным продолжением ранее опубликованной «Краткой летописи Минского государственного высшего авиационного колледжа», автором-составителем которой стал Г.М. Русак.

Таким образом, актуальность социально-гуманитарных исследований в авиации обусловлена в первую очередь недостаточностью научного материала, необходимого для системного решения проблем совершенствования транспортно-технической базы авиационной отрасли страны. Имеющиеся работы по авиационной гуманитаристике носят преимущественно панорамно-обзорный характер. Следует также признать фактическую нереализованность в полной мере в исследованиях авиации комплексного подхода. Последний позволяет не только восполнить или уточнить имеющиеся пробелы в истории авиационной техники, но и выявить системную парадигму развития инфраструктуры и средств воздушных перевозок в Республике Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белорусская государственная академия авиации: история и перспективы развития (к 45-летию со дня основания) / А. А. Шегидевич [и др.] ; под общ. ред. А. А. Шегидевича и О. М. Борздовой. – Минск : Колорград, 2019. – 180 с.

2. Доротько, Г. Состав и базирование авиации Вооруженных Сил СССР на территории Белорусского военного округа. 1945–1992 гг. / Г. Доротько. – Минск, 2020. – 78 с.

3. Иванов, Ф. Ф. Исследование проблем развития гражданской авиации в условиях рыночных отношений / Ф. Ф. Иванов. – Минск, «ИВЦ Минфина», 2006. – 72 с.

4. Кочурин, В. В. Социокультурный феномен российской авиации: социально-философское осмысление [Электронный ресурс] / В. В. Кочурин. – Режим доступа: <http://www.dissercat.com/content/sotsiokulturnyi-fenomen-rossiiskoi-aviatsii-sotsialno-filosofskoe-osmyslenie#ixzz5UEuJvZi6>. – Дата доступа: 14.10.2018.

5. Набирая высоту... (85 лет гражданской авиации Республики Беларусь) / сост. О. М. Борздова, К. А. Шумский, И. В. Сикорский [и др.]. – Минск : Изд. дом «Проф-Пресс», 2018. – 224 с.

6. Щавлинский, Н. Б. Белорусская гражданская авиация в годы становления и в период Великой Отечественной войны (1923–1945 гг.) / Н. Б. Щавлинский. – Минск : РИВШ, 2005. – 54 с.

7. Щавлинский, Н. Б. История создания и развития гражданской авиации Беларуси (1933 – середина 1980-х гг.) / Н. Б. Щавлинский. – Минск : БГАТУ, 2011. – 188 с.

8. Щавлинский, Н. Б. На переломе эпох: развитие гражданской авиации Беларуси в конце XX – начале XXI в. / Н. Б. Щавлинский. – Минск : БГАТУ, 2017. – 162 с.

УДК 629.7.01

Р.Г. Смогоржевская, Д.О. Шпилевский, Н.Д. Дмитриев

Белорусская государственная академия авиации

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ КРИЗИСА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ ИКАО «CORSA»

Техногенный тип цивилизации, как справедливо считает академик В.С. Степин, в настоящее время, в конце XX – начале XXI века, претерпевает переломный момент своего развития, – постиндустриальную стадию. Она связана с доминированием инноваций, новых технологий, ценностей науки и образования. Технические и технологические инновации, изобретения и творческая деятельность, включая инженерную, становятся самоценностью. Наука в техногенных культурах обретает мировоззренческий статус. Как считает В.С. Степин, кардинальные мировоззренческие сдвиги связаны с изменениями ценностей потребительского общества и переходом от вещно-энергетического к информационному потреблению. «Сегодня становится очевидным, – подчеркивает философ, – что ограниченность воспроизводимых ресурсов накладывает ограничения и на безудержный рост вещно-энергетического потребления» [1]. Успешный путь техногенного прогресса мыслитель связывает с решительным отказом от технократизма, насильственного отношения к природе, а также от идеалов потребительского общества. В любом другом случае человечество ждет необратимые катастрофы и глобальные кризисы. В.С. Степин предупредил о двух возможных сценариях будущего развития. Согласно первому сценарию, в котором доминирует технократизм, ценности техногенной культуры продвигаются в обществе и не подвергаются сомнению. Второй сценарий в большей степени учитывает угрозы и вызовы современности и предполагает радикальную смену ценностных ориентиров, обновление стратегий технологического развития [1].

В результате кризиса окружающей среды (ОС) природные ресурсы превращаются из бесплатного блага в дефицитное и становятся, в силу этого, объектом экономического анализа. В неоклассической экономике ОС рассматривается как формирующийся и несовершенный экономический объект, тогда как в экологической экономике ОС – объект экологический, постоянно меняющийся и имеющий тенденцию к деградации. В экологической экономике в большей степени уделяется внимание ущербу, наносимому ОС ростом экономики. Наибольшую актуальность в решении проблемы сохранения ОС, на наш взгляд, приобретает вопрос о новой климатической повестке, направленной на снижение выбросов газов, имеющих парниковый эффект [2].

Для реализации оптимистического сценария применяются международные экологические стандарты, в том числе для авиационного транспорта и коммуникаций. Как известно, на авиационную отрасль приходится около 5 % от общего числа выбросов, провоцирующих парниковый эффект. Поэтому авиационным предприятиям крайне важно пересмотреть свою экологическую и экономическую политику по снижению негативного воздействия на ОС.

Озабоченность влиянием авиации на ОС была вызвана уже в 1960-х годах, во времена зарождения Международной организации гражданской авиации (ИКАО). Она была вызвана, в первую очередь, таким фактором, как авиационный шум, вырабатываемый силовыми и вспомогательными силовыми установками реактивных и турбовинтовых самолетов.

Первым важным шагом ИКАО стала разработка требований по уровню авиационного шума и подготовка нормативной базы по этому вопросу в 1968 году. Позиция Международной организации гражданской авиации относительно проблем ОС достаточно четко была высказана во рамках Стокгольмской Конференции ООН по проблемам ОС. Представители ИКАО заявили, что они [организация] осознают всю пагубность воздействия авиационного транспорта на мировую экологическую обстановку и обязаны всеми возможными способами минимизировать это влияние, однако без урона для развития отрасли и авиационной безопасности.

Стоит отметить, что практически вся нормативная база ИКАО, касающаяся вопросов ОС объединены в двухтомный свод: Приложение 16 «Охрана окружающей среды» к Конвенции о Международной Гражданской Авиации (Чикаго, 1944 год). Оно было принято в 1971 году и включает в себя два тома: «Авиационный шум» и «Эмиссия авиационных двигателей».

Главная идея тома I заключается в сертификации воздушных судов по уровню вырабатываемого шума. В основу положена следующая классификация: дозвуковые реактивные самолеты; винтовые самолеты массой более 5700 кг; винтовые самолеты массой до 5700 кг; сверхзвуковые самолеты [3]. Так, для каждого представителя вышеназванной классификации определены нормы шумового выброса. Сертификация по шуму удостоверяется государством регистрации воздушного судна на основании убедительных данных о том, что это воздушное судно отвечает требованиям, которые по крайней мере равноценны применимым Стандартам, содержащимся в рассматриваемом Приложении.

В томе II содержатся стандарты, запрещающие преднамеренный выброс топлива в атмосферу для некоторых типов газотурбинных силовых установок, стандарты, ограничивающие эмиссию дыма и нормы сертификации силовых установок по признаку их эмиссий [3].

В 1983 году под патронажем ИКАО создается Комитет по охране окружающей среды в авиации – CAEP (Committee on Aviation Environmental Protection) путем слияния ранее созданных в 1969 году – Комитета по авиационному шуму (CAN) и в 1971 году – Комитета по авиационной эмиссии (CAEE). Основная задача CAEP – выработка руководящих документов и стандартов, которые связаны с выбросами, шумами воздушного транспорта и влиянием авиации на экологическую обстановку, в целом. Помимо этого, Комитет вырабатывает вектор развития политики ИКАО в отношении «экологического императива».

Несомненно, ИКАО ведет активную работу по изменениям этого Приложения и адаптируется под рамки нашего времени. В 2001 году с подачи CAEP Ассамблея принимает новые стандарты по сертификации и концепцию «Сбалансированный подход к управлению шумом». По вопросам авиационной эмиссии организация кардинально изменила свой подход. Если в начале своей деятельности относительно этого момента основное внимание уделялось зонам, прилегающим к аэропортам, то в 1990-х годах было решено, рассматривать вопрос более глобально. Так были начаты мероприятия по уменьшению авиационных эмиссий и на этапах крейсерского полета, потому что именно он, в большинстве, влияет на изменения климата и разрушение озонового слоя.

Рассмотрим конкретный пример деятельности ИКАО по минимизации пагубного воздействия на ОС: меру рыночного воздействия CORSIA (Carbon Offsetting and Reduction Scheme for International Aviation). CORSIA – это глобальная рыночная мера, предназначенная для компенсации эмиссии CO₂ от международной авиации, с тем чтобы

стабилизировать уровни такой эмиссии с 2020 года. Компенсация эмиссии CO₂ будет достигнута за счет приобретения и погашения единиц эмиссии, полученных на глобальном углеродном рынке эксплантатами воздушных судов [4].

Она подразделяется на три этапа внедрения: экспериментальный этап (2021–2023 гг.), первый этап (2024–2026 гг.) и второй этап (2027–2035 гг.). Основной целью всех этапов является сбор данных об эмиссии и верификации CO₂ за предыдущие годы, после чего следует вычисление средней эмиссии углекислого газа и распределение компенсационных обязательств. Участники программы (эксплуатанты каждого самолета) в рамках проведения мероприятий по сбору данных должны будут отслеживать и регистрировать расход топлива в международных полетах в соответствии с одним из пяти методов мониторинга, одобренными государствами, к которым эти эксплуатанты относятся. Какой метод применять – это собственный выбор авиационного персонала. Все методы эквивалентны и никакой иерархии в ходе выбора не предусмотрено.

Благодаря оперативному присоединению большего числа государств к программе CORSIA можно будет получить развернутую статистику об эмиссии CO₂, что, несомненно, повысит экологическую целостность системы. Большой охват объема эмиссии откроет дополнительные возможности для финансирования проектов по сокращению выбросов углекислого газа, в частности в развивающихся странах. Странам, добровольно вступившим в программу CORSIA, будет уделяться первоочередное внимание, а также помощь в наращивании потенциала. Хотя эту идею поддерживают не все члены ИКАО, необходимость внедрения новых технологий в авиационной отрасли, способствующих снижению экологической нагрузки воздушного транспорта на ОС, очевидна.

Таким образом, в XXI веке проблема охраны ОС как нельзя остро стоит перед мировым сообществом в планетарном масштабе. Генеральный секретарь ООН Антониу Гутерриш призвал все страны ставить перед собой более амбициозные задачи в вопросе глобального потепления [5]. ИКАО не остается в стороне и адаптирует свое законодательство под нынешнюю климатическую, экономическую ситуацию, новые технологии и прочие факторы. В этом же направлении идет развитие и совершенствование законодательной базы в Республике Беларусь и Союзного государства.

В целом специалисты пришли к выводу о необходимости борьбы с последствиями климатических изменений. Решение этой проблемы зависит от учета многих экономических, технических, технологических, когнитивных, мировоззренческих и моральных факторов. Природа сегодня выступает объектом нравственных обязанностей. Однако, как это не парадоксально звучит, именно в человеческом капитале, культурном и интеллектуальном развитии, а также в гармонизации международного и национального законодательства, можно найти выход из создавшегося системного экологического кризиса, вызванного глобальным потеплением.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Степин, В. С. Марксистская концепция общества и проблемы построения современной социальной картины социальной реальности / В. С. Степин // *Философия и история философии. Актуальные проблемы. К 90-летию академика Т. И. Ойзермана*. – М. : Канон+, 2004. – С. 3–22.
2. Лебедев, А. В. Авиация в контексте культурных различий / А. В. Лебедев, К. Н. Панферов // *Научный вестник МГТУ ГА*. – 2014. – № 203. – С. 106–110.
3. Конвенция о Международной Гражданской Авиации (Чикаго, 1944 год) Приложения 1–19, Комментарии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.bpl.ru/asmap/convMGApril.htm>. – Дата доступа: 25.10.2021.
4. CORSIA. Система компенсации и сокращения выбросов углерода для международной авиации. План внедрения [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

https://www.icao.int/environmental-protection/Documents/CorsiaBrochure_8Panels-RUS-Web.pdf. – Дата доступа: 05.11.2021.

5. Гутерриш назвал шесть «великих разделителей», препятствующих мировому развитию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://tass.ru/mezhdunarodnaya-panorama/12468603?utm_referrer=https%3A%2F%2Fzen.yandex.com. – Дата доступа: 15.11.2021.

УДК 101.1:316

О.Л. Сташкевич

Институт философии НАН Беларуси

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ВОСПИТАНИЯ

В настоящее время годами применявшиеся формы обучения и воспитания устарели и перестали быть действенными. Это произошло из-за того, что современный мир стремительно изменяется, подростки и молодежь ежедневно сталкиваются с новыми вызовами, как в офлайн среде, так и онлайн, в виртуальном мире, в котором они проводят значительную часть своего времени. Жизнь в современном обществе требует сформированного критического мышления, принятия различных точек зрения, толерантного отношения к инаковости.

Как показали результаты мониторинга и оценки среднего образования, проведенного в 2020 году среди учеников и учителей общеобразовательных школ, лицеев и гимназий Республики Беларусь [1], в учреждениях образования не хватает свободы самовыражения и действий (62,5 %) [1, с. 14], более открытого общения между всеми участниками учебного процесса (64,7 %) [1, с. 15], мероприятий и тренингов по развитию soft skills (87,6 %) [1, с. 15], также школа не играет практически никакой роли в формировании активной гражданской позиции (в исследовании только 12,7 % учащихся отметили, что в учебных заведениях формируется гражданская позиция личности. Для сравнения, в подобном опросе, который проводился на территории Российской Федерации 33 % респондентов отметили, что школа формирует данный навык) [1, с. 17].

На наш взгляд, в белорусской образовательной среде мало используются современные обучающие технологии, предпочтение отдается годами отработанным методам. Как нам кажется, в воспитательном процессе как раз и возможно внедрить, и апробировать новые идеи и тенденции. К примеру, такие технологии как перевернутый класс, геймификация, тьютерство и т. д.

Перевернутый класс – это разновидность метода смешенного обучения с применением новых информационных технологий, при котором учитель предоставляет материал для самостоятельного изучения учащимися, а на учебном занятии происходит практическое закрепление материала. Учебные материалы, как правило, находятся в онлайн-доступе, ученики могут с ними знакомиться в приемлемом для них темпе и в любое время, им предлагаются для прочтения учебные тексты, рассмотрение поясняющих рисунков, прохождение тестов на начальное усвоение темы. Учитель в классе имеет возможность разобрать сложную теоретическую часть и ответить на вопросы, возникшие у учащихся в процессе самостоятельного разбора темы, что должно занять 25–30 % времени. Остальное время урока учащиеся решают практические и исследовательские задания. В качестве домашней работы завершаются начатые практические задачи, а также выполняются тесты на понимание и закрепление пройденной темы [2]. Если кратко, это внедрение элементов онлайн-обучения в традиционную школу.

Сущность геймификации заключается в применении игровых технологий в неигровых ситуациях. В целом, она положительно влияет на увлеченность процессом получения новых знаний, повышает мотивацию обучающихся. Игра позволяет развить те умения и навыки, которые вызвали сопротивление и игнорировались ранее в процессе

воспитания. Она позволяет приобрести практический опыт, проработать различные реальные сценарии в «лабораторных» условиях.

Сегодня необходимость применения игровых технологий в процессе образования и воспитания актуализировалась в большей степени. В настоящее время в процессе своего становления как личности, взросления и получения образования находятся дети, подростки и молодые люди, которых относят к поколению Z. Поколение Z – это люди, рожденные после 2000–2004 гг. К особенностям, которые их отличают, от предыдущих поколений, исследователи относят наличие глобальной сети Интернет, способность к выполнению многозадачности, клиповость мышления и онлайн-общение. В поколении Z некоторые исследователи выделяют поколение А (рожденные после 2011 г.). Об особенностях данного поколения еще преждевременно рассуждать, но некоторые ученые делают футуристические прогнозы, что большое влияние на их жизнь будет оказывать искусственный интеллект. Это те два поколения, которые родились и растут в эпоху мобильных компьютеров, новых типов медиа, стертых границ между реальной и виртуальной жизнью, «умных» вещей. Для них характерна быстрая обучаемость и освоение новых навыков, лучшее взаимодействие с новейшими технологиями.

Современные подростки и молодежь выросли на компьютерных играх, которые заняли ключевые позиции в их жизни. «Их мотивация с раннего детства строилась не на долге и правильности, а на увлеченности и вознаграждении. ... Они уже инстинктивно прокачивают свой уровень, развивают навыки, выполняют задания и ставят рекорды» [3]. Поэтому, на наш взгляд, важно в процессе воспитания учитывать поколенческие особенности. К тому же, на сегодняшний день уже накоплен немалый опыт по использованию игровых технологий в образовательной-воспитательном процессе.

Некоторые американские университеты с 2010-х гг. используют компьютерные игры в процессе обучения, на их основе разработаны специальные обучающие курсы, которые применимы в рамках изучения социологии, психологии, естественных наук. К примеру, игру «Portal» рекомендуют при изучении экспериментальной физики, «Starcraft II: Wings of Liberty» как стратегическую игру для обучения студентов управлению и распределению ресурсов [4, 5].

В процессе формирования гражданской позиции личности можно было бы использовать разнообразные стратегические игры типа «SimCity 3000» или «Cities Skylines», целью которых является строительство города. Данные игры позволяют приобрести практический опыт взаимодействия с различными слоями общества: соседями, городскими советниками, протестующими; проработать в игровой форме торговые и дипломатические отношения, планирование городской инфраструктуры, познакомиться с налогообложением, управлением ресурсами и т.п.

Тьютерство (наставничество), по мнению Г.В. Рогалевой, «это одна из современных воспитательных практик, ориентированная на личность студента и помощь ему в самоопределении и самореализации» [6]. Следует заметить, что тьютером может выступать не только учитель или классный руководитель, но, к примеру, в общеобразовательной школе, это могут быть ученики старших классов, в вузах – студенты-старшекурсники. То есть, тьютерство как практику можно отдать на откуп ученическому или студенческому самоуправлению. Здесь, следует заметить, что подобная система существовала в советской школе, когда был создан институт вожатых.

В современной школе можно было бы организовать воспитание через новые образовательные технологии, когда учитель, воспитатель не передает знания, а только лишь задает траекторию поиска, как эти знания получить, что задает практическую направленность образовательно-воспитательному процессу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Омелюсик, В. С. Мониторинг и оценка среднего образования Беларуси. Взгляд учеников и учителей / В. С. Омелюсик. – Минск, 2020. – 86 с.
2. Перевернутый класс: технология обучения XXI века [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ispring.ru/elearning-insights/perevernutyi-klass-tehnologiya-obucheniya-21-veka>. – Дата доступа: 20.10.2021.
3. Что такое геймификация? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.gamification-now.ru/wtf>. – Дата доступа: 13.06.2021.
4. Portal 2 and Starcraft 2 Become College Level Educational Tools [Electronic resource]. – Mode of access: <https://gamerant.com/portal-2-starcraft-2-educational-tools/>. – Date of access: 13.06.2021.
5. U. of Florida Adds Starcraft Studies [Electronic resource]. – Mode of access: [https://kotaku.com/u-of-florida-adds-starcraft-studies-5623033?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+kotaku%2Ffull+\(Kotaku\)](https://kotaku.com/u-of-florida-adds-starcraft-studies-5623033?utm_source=feedburner&utm_medium=feed&utm_campaign=Feed%3A+kotaku%2Ffull+(Kotaku)). – Date of access: 13.06.2021.
6. Рогалева, Г. В. Тьюторство как успешная воспитательная практика зарубежных вузов / Г. В. Рогалева // Вестник Бурятского государственного университета. Образование. Личность. Общество. – 2015. – № 2. – С. 14–20.

УДК 369.2

В.Г. Тарасюк

Белорусская государственная академия авиации

СРЕДНЕМАГИСТРАЛЬНЫЙ АВИАЛАЙНЕР ТУ-154.

РАЗРАБОТКА, НАЧАЛО ЭКСПЛУАТАЦИИ В СССР ДО 1983 ГОДА

К началу 60-х годов XX века авиастроение во всем мире получило богатый опыт эксплуатации первых турбореактивных авиалайнеров. В СССР на авиалинии вышли реактивные Ту-104, а также турбовинтовые Ан-10 и Ил-18. У каждого из данных самолетов были свои недостатки и достоинства, так, Ту-104 имел высокую крейсерскую скорость, около 900 км/ч, однако был требователен к качеству и длине ВПП, обладал относительно низкой надежностью, Ан-10 имел высокую пассажироместимость (112 человек), неприхотливость к грунтовым полосам, но имел меньшую по сравнению с Ту-104 скорость полета, Ил-18 обладал высокой экономичностью и дальностью, однако его скорость была аналогична Ан-10. Все перечисленные воздушные суда занимали одну и ту же нишу авиаперевозок (авиалинии протяженностью 1500–3500 км). С учетом новых достижений в науке и технике, а также накопленного опыта, появилась возможность разработать следующее поколение пассажирских самолетов. При создании нового авиалайнера требовалось обеспечить высокую скорость как у Ту-104 и неприхотливость к ВПП как у Ан-10, а также повысить показатели надежности. В то же время за рубежом началась разработка новых пассажирских самолетов аналогичного класса (например, Boeing 727). В сложившейся обстановке требовалось создать новый самолета, который бы пришел на смену первому поколению советских турбореактивных авиалайнеров, а также в перспективе обеспечил конкуренцию разрабатываемым самолетам зарубежного производства на международном рынке авиаперевозок.

В 1963 году ОКБ Туполева начало проработку проекта нового авиалайнера. Первоначально рассматривался вариант разработки модификации Ту-104Б – Ту-104Д. Предполагалось переделать хвостовую часть под 3 двигателя. В 1964 году проект получил название Ту-154. От идеи глубокой переделки Ту-104 со временем отказались. Среди конструкторских бюро был объявлен конкурс на новый авиалайнер, в нем кроме ОКБ Туполева приняло участие и ОКБ Ильюшина с проектом Ил-72/74. Победу в конечном итоге одержал Ту-154. Проект Ту-154 наиболее полно отвечал требованиям в период 70–80-х годов [1].

По результатам конкурса 24 августа 1965 года вышло постановление Совета Министров СССР за номером 647-240. В нем предусматривалось спроектировать и построить среднемагистральный пассажирский самолет с тремя турбовентиляторными двигателями типа НК-8-2. Эскиз воздушного судна был сделан в 1965 году. В 1967 году был заложен первый опытный экземпляр, в 1968 году борт был построен и готов к испытаниям. Самолету присвоили номер СССР-85000. 3 октября 1968 года состоялся первый полет Ту-154. Вначале производство планировалось развернуть в Москве, однако по ряду причин заказ был отдан на завод № 18 в Куйбышеве. В 1969 году было изготовлено 5 опытных бортов. Интересно отметить тот факт, что одному из опытных самолетов был присвоен регистрационный номер СССР-85703 (рисунок 1), а после его изменили на СССР-85003. Спустя 22 года номер 85703 был присвоен первому Ту-154М, который поступил в Беларусь.



Рисунок 1 – Ту-154 СССР-85703 (позже 85003) на заводе в 1969 г.

В 1970 году началось серийное производство Ту-154, построено 4 самолета. 25 декабря 1970 года 3 самолета были переданы во Внуковское производственное объединение (далее ПО) для опытной эксплуатации [2]. В течение 1971 года Ту-154 осуществляли грузовые перевозки в Киев, Тбилиси, Минеральные Воды и Симферополь. На основе полученных в ходе опытной эксплуатации данных было принято решение о начале перевозки пассажиров. В первую очередь Ту-154 передавались в два подразделения Аэрофлота: Внуковскому авиаотряду Московского транспортного управления ГА и Центральному управлению Международных Воздушных Сообщений.

9 февраля 1972 года в 49 годовщину образования Аэрофлота Ту-154 осуществил первый рейс с пассажирами на борту. Начались полеты на внутрисоюзных и международных маршрутах. Также в 1972 году Ту-154 были поставлены на экспорт в болгарскую авиакомпанию «Балкан».

В 1974 году эксплуатацию Ту-154 начали за пределами Москвы. С 1974 по 1982 год Ту-154 прописались в более чем 30 авиапредприятиях Аэрофлота. В указанный период 11 из 15 республик СССР получили Ту-154. Забегая вперед, скажем, что Белорусская ССР стала 12 республикой, получившая в распоряжение Ту-154. Основная причина того, что Ту-154 передали в Белорусское управление гражданской авиации одним из последних,

является состояние аэропортовой инфраструктуры, которая не позволяла эксплуатировать данный тип воздушного судна.

На протяжении всего периода выпуска Ту-154 его неоднократно модернизировали и дорабатывали. В гражданской авиации эксплуатировались следующие модификации: Ту-154, Ту-154А, Ту-154Б, Ту-154Б-1, Ту-154Б-2, Ту-154С, Ту-154М. То есть 7 основных моделей.

Ту-154 (базовый вариант) производился с 1970 по 1974 год.

Первая модификация – Ту-154А появилась в 1974 году, она отличалась более мощными двигателями НК-8-2У, и увеличенным числом пассажирских кресел (с 152 до 158).

Следующей модификацией, созданной в 1975 году, стал Ту-154Б. На воздушном судне был установлен дополнительный топливный бак, добавлен аварийный выход в хвостовой части фюзеляжа, было доработано крыло [2]. Количество мест в салоне возросло до 164.

В 1977 году вышла новая модификация Ту-154. Была изменена система кондиционирования, система электроснабжения, часть топливной системы, шасси. Поскольку изменения не были существенными, новую модификацию назвали Ту-154Б-1.

В 1977 году была начата разработка еще одного варианта Ту-154. Так как в летний период на основных маршрутах существовал дефицит пассажирских кресел, то было предложено сделать конвертируемый пассажирский салон. В случае необходимости демонтировалась легкоъемная передняя перегородка второго салона, что позволяло разместить вместо 164 кресел 180. Такая конвертация могла быть осуществлена за 4 часа силами технического состава авиационно-технической базы. Модификацию предполагали назвать Ту-154К, то есть конвертируемый. Однако кроме салона переделка не коснулась других частей конструкции, поэтому самолету присвоили название Ту-154Б-2 [2]. Данная модификация выпускалась в период с 1978 по 1985 год и стала самой массовой.

В 1978 году начался процесс модернизации ранее выпущенных самолетов Ту-154 и Ту-154А в варианты Ту-154Б и Ту-154Б-1. Переоборудование осуществлялось в период с 1978 по 1986 год, и через нее прошел 41 самолет ранних модификаций. Один из таких самолетов был поставлен в Минск в 1987 году. Также в период с 1983 по 1986 год часть самолетов ранних выпусков модернизировали в грузовой вариант Ту-154С.

Крайней серийной модификацией Ту-154 стал Ту-154М. В 1978 году один из Ту-154 испытывался с новым двигателем – Д-30КУ. Данная силовая установка имела большую тягу чем НК-8-2У на 7 %, кроме того, двигатель являлся более экономичным. В 1985 году Ту-154М был запущен в серийное производство. Кроме двигателей, был модернизирован планер и ряд других систем и оборудования.

Забегая вперед, скажем, что, хоть эксплуатация Ту-154 в БУГА началась в 1983 году, все же первый Ту-154 в Белоруссии «прописался» годом ранее. Им стал Ту-154Б СССР-85122, который был передан в Минское авиационное техническое училище гражданской авиации [3]. Летом 1982 года самолет совершил последнюю посадку в аэропорту Минск-1. Хоть воздушная гавань не была приспособлена для такого авиалайнера, было решено выполнить специальный технический рейс, за штурвалом находились летчики-испытатели. Ту-154 благополучно приземлился и занял свое место на стоянке учебного аэродрома. Самолет списали в пользу училища из-за того, что не была решена проблема течи топливного бака после капитального ремонта. Кстати, Ту-154Б СССР-85122 был первым Ту-154Б переданным Аэрофлоту в 1975 году [2]. В конце 1970 – начале 1980-х гг. некоторые Ту-154 стали передаваться в учебные заведения. Наличие Ту-154Б в МАТУ ГА позволило на территории Белоруссии организовать подготовку технического состава для эксплуатации данного типа ВС (рисунок 2).

К 1982 году была готова взлетно-посадочная полоса нового аэропорта Минск-2, летом были открыты регулярные рейсы на Ту-134А и появилась возможность начать эксплуатацию Ту-154 в Беларуси.

Для успешного освоения Ту-154 в Минском ОАО требовалось обучить персонал. В частности, летный состав. Подготовка экипажей началась еще в 1981 году. К переучиванию допускались только пилоты и штурманы первого класса (первый класс присваивался только через высшую квалификационную комиссию Министерства гражданской авиации, кандидатуры на должность командира корабля утверждались министром гражданской авиации). Освоение Ту-154 после переучивания минские авиаторы проходили в Свердловске и Тбилиси с 1981 г. [4, с. 10–11].



Рисунок 2 – Ту-154Б СССР-85122 на территории аэропорта Минск-1 (учебный аэродром Минского авиационно-технического училища гражданской авиации)

Большое усилие по продвижению Ту-154 в Белоруссии прилагал начальник Белорусского управления ГА – Курило Виктор Михайлович, который задал большие темпы освоения нового типа ВС.

Проделанный минскими авиаторами труд позволил к 1983 году подготовить все необходимое для начала эксплуатации Ту-154 в Белорусском управлении гражданской авиации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Уголок Неба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airwar.ru/enc/craft/tu154m.html>. – Дата доступа: 21.03.2021.
2. Сайт авиационной истории [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://aviahistory.ucoz.ru/index/0-41>. – Дата доступа: 21.03.2021.
3. Белорусский авиадневник [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://aircraft-museum.ucoz.ru/publ/aehrodromy_v_belarusi/uchebnye_aehrodromy_matuga/3-1-0-181. – Дата доступа: 21.03.2021.
4. Самолёты уходят как люди // Транспортный вестник. – 2016. – № 49. – С. 5.

УДК 338.054.23

А.А. Жукова, Д.О. Шпилевский, М.А. Сукач

Белорусская государственная академия авиации

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ КОРОНОВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ (COVID-19) НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АВИАКОМПАНИЙ НА ПРИМЕРЕ SINGAPORE AIRLINES

Пандемия коронавирусной инфекции (COVID-19) оказала разрушительное воздействие на авиационную отрасль во всем мире. Города и целые страны закрывались на карантин, огромные компании уходили на удаленный режим работы и, как результат, сократились пассажирские перевозки любыми видами транспорта. Особенно сильно от закрытия границ, которое получило название «lockdown» пострадала авиационная отрасль. Большое количество авиакомпаний переоснастило свои воздушные суда в грузовые версии, некоторые отправили свой флот на долгосрочное хранение или списывание (как немецкий перевозчик Lufthansa), некоторые и вовсе были признаны банкротами, как старейший перевозчик Италии – Alitalia.

Вопрос убытка авиационной отрасли дал повод для Международной организации гражданской авиации (ИКАО) с 12 по 22 октября 2021 года провести Конференцию высокого уровня по COVID-19 (HLCC-2021). Ее основной задачей стала консолидация мировой авиационной отрасли по вопросу восстановления деятельности авиации после кризиса, вызванного пандемией. Помимо этого, были спрогнозированы сроки восстановления отрасли и ожидаемые результаты от межгосударственного сотрудничества. Итогом Конференции стала Декларация HLCC-2021, которая отражает готовность Мирового сообщества к выработке гибких решений для ускоренного возобновления международных авиаперевозок и восстановления международной гражданской авиации, а также активизации сотрудничества по приоритетным направлениям развития авиации на всех уровнях [1].

Говоря о конкретных случаях многомиллиардных убытков и необратимых последствиях пандемии коронавируса, стоит рассмотреть влияние COVID-19 на примере Национальной авиакомпании Сингапура – Singapore Airlines.

Singapore Airlines образована 1 мая 1947 года с первоначальным названием Malayan Airways. Пройдя впечатляющий путь развития от владельца трех ближнемагистральных Douglas DC-3s до современного парка дальнемагистральных воздушных судов Boeing и Airbus, она успела завоевать большое количество наград [2]. Британская консалтинговая компания Skytrax присвоила Singapore Airlines пять звезд из пяти возможных, что дает все основания утверждать, что это один из лучших авиаперевозчиков в мире на сегодняшний день. Также авиакомпания имеет ряд дочерних предприятий, которые образуют Группу компаний.

За период с начала 2020 года, который Singapore Airlines назвала «самым тяжелым годом в истории», по заявлению генерального директора, чистые убытки авиакомпании составили около 4,27 миллиарда сингапурских долларов, что эквивалентно 3,21 миллиарда долларов США. Прибыль авиаперевозчика за 2020 финансовый год, закончившийся в марте этого года, упала на 12,16 миллиардов сингапурских долларов (9,14 миллиардов долларов США), или на 76,1 % по сравнению с аналогичным периодом прошлого года. На операционном уровне Группа потеряла 2,51 миллиарда сингапурских долларов по сравнению с прибылью в 59 миллионов сингапурских долларов в предыдущем отчетном периоде [3]. Анализ динамики прибыли авиакомпании в соответствии с финансовыми отчетами [4], начиная с 2019/2020 учетного года представлен на рисунке 1.

Руководству Singapore Airlines в начале прошлого года пришлось законсервировать порядка 75 % своего парка воздушных судов, а также списать часть ставших экономически нерентабельными Airbus A380. В условиях отсутствия внутреннего рынка и

сохраняющихся значительных ограничений на международные авиаперевозки пассажиропоток сократился на 98 % по сравнению с предыдущим отчетным периодом.

С целью смягчения последствий резкого сокращения пассажиропотока и последующего падения доходов Singapore Airlines прибегла к переоснащению части своего флота в грузовые модификации и нарастила предложения на рынке подобных услуг. Выручка от грузовых перевозок выросла на 38,8 % до 2,71 миллиардов сингапурских долларов и составила 71 % выручки всей группы в отчетном году [3]. Стоит отметить, что это было сделано также и для сохранения штата наземного персонала, кабинного и летного экипажей, многие из которых были отправлены в долгосрочный оплачиваемый отпуск.

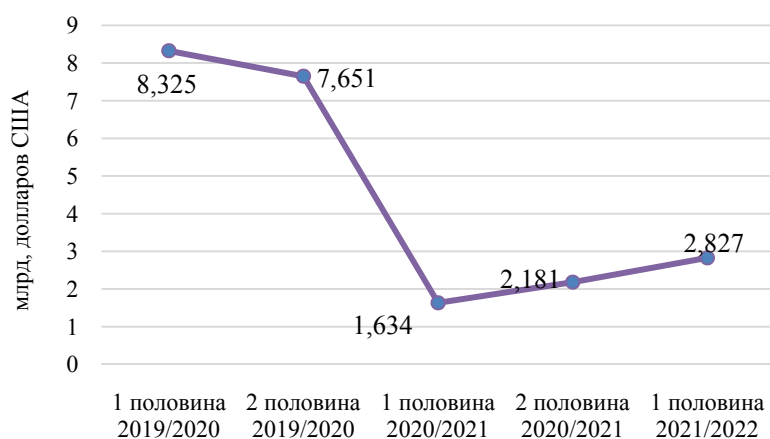


Рисунок 1 – Анализ динамики прибыли Singapore Airlines

Общеизвестно, что при кризисных явлениях собственные расходы предприятий могут значительно сокращаться. Так, расходы Singapore Airlines упали на 9,59 миллиарда сингапурских долларов (на 60,2 %), и составили 6,33 миллиарда сингапурских долларов. Причиной этого резкого падения стало сокращение производственных мощностей, политика экономии, антикризисные меры, связанные с сотрудниками и схемы государственной поддержки. Из-за сокращения количества совершаемых перелетов и снижения цен на авиационное топливо в первой половине прошлого года авиакомпания сэкономила 78,1% от затрат предыдущего отчетного периода, иные расходы сократились на 5,47 миллиарда сингапурских долларов, или на 51,8%.

Операционный убыток Singapore Airlines составил 2,51 миллиардов сингапурских долларов из-за более низких операционных показателей и прочих расходов. Потери были частично компенсированы Правительством Сингапура через инвестиции в размере 623 миллионов долларов США [4]. Авиакомпания также понесла рыночный убыток в размере 497 миллионов сингапурских долларов из-за неэффективного хеджирования топлива.

В течение рассматриваемого периода Singapore Airlines понесла убытки от простоя 45 воздушных судов. Сумма убытка составила 1,73 миллиарда сингапурских долларов в флагманской авиакомпании; 170 миллионов в дочерней авиакомпании; 48 миллионов в инженерном подразделении Singapore Airlines – SIA Engineering [4].

Стоит отметить, что на сегодняшний день авиакомпания продолжает свое восстановление от последствий COVID-19. Спрогнозировано, что к концу 2021 календарного года пассажиропоток начнет восстановление на допандемийный уровень. Singapore Airlines, отталкиваясь от этого, постепенно расширяет свою маршрутную сеть, оптимизирует существующие маршруты, возвращает в эксплуатацию законсервированные ранее воздушные суда и предлагает новые услуги. По состоянию на 31 марта 2021 года пассажирская сеть Группы охватывала 60 направлений, по сравнению с 54 тремя

месяцами ранее. Грузовая сеть включала 72 пункта назначения, увеличившись с 66 по состоянию на 31 декабря 2020 года. Основываясь на опубликованных расписаниях полетов, Singapore Airlines ожидает, что пассажиропоток составит около 50 % от уровня до COVID-19 к декабрю 2021 года.

Несмотря на рекордные убытки, в отличие от большинства других авиакомпаний азиатского региона, Singapore Airlines находится в приемлемом финансовом положении. В 2020/2021 финансовом году авиакомпания привлекла в общей сложности 14,6 миллиардов сингапурских долларов (10,98 миллиардов долларов США) капитала различными способами, включая выпуск конвертируемых облигаций, соглашений о продаже и аренде воздушных судов и др. [4]. Уже в апреле 2021 года компания получила дополнительные 0,8 миллиарда сингапурских долларов за счет завершения сделки по продаже и аренде части своего флота. Помимо этого, Правительством Сингапура с целью поддержания национального перевозчика для Singapore Airlines был выделен кредит в размере 2,1 миллиарда сингапурских долларов.

Во время пресс-конференции по итогам работы за 2020/2021 финансовый год, руководством авиакомпании было оговорено, что Группа продолжит свою активность на рынке ценных бумаг посредством выпуска облигаций. Одной из целей, которые они хотят достигнуть этим методом, является привлечение валовой выручки примерно в 6,2 миллиарда сингапурских долларов. Правительство Сингапура, которому принадлежит 55% акций Singapore Airlines, а также национальные и некоторые мировые фондовые биржи заявили о готовности в оказании поддержки.

Помимо этого, после представления результатов финансовой деятельности авиакомпании для инвесторов и средств массовой информации, было сделано заявление о том, что Singapore Airlines не потерял коммерческий интерес в своих Индийских дочерних подразделениях и продолжит их дальнейшее развитие. Это было подтверждено и финансовыми данными, полученными платформой бизнес-аналитики Tofler. Эти данные показали, что Группа вместе с партнерами по совместному предприятию Tata Sons (индийская транснациональная компания-конгломерат) вложили в дочернюю индийскую авиакомпанию Vistara 64 миллиона долларов США.

Реакция инвестиционного рынка на публикацию финансовых отчетов Группы была неоднозначной. Состоялся пересмотр оценки прибыли в сторону понижения. Финансовая компания CGS-CIMB сделала заявление, призывающее к покупке акций, в то время как инвестиционный банк UOB-KH рекомендовал своим клиентам их продажу.

В целом урон авиационной отрасли от COVID-19 можно охарактеризовать как достаточно сильный. Многие перевозчики навсегда ушли с рынка, а тем, кто смог «продержаться на плаву» предстоит пройти достаточно большой путь для восстановления своих мощностей на допандемийный уровень. Эта активность видна уже сегодня. Восстановление осуществляется путем различных мер, причем как экономических, так и юридических и маркетинговых. По прогнозам Международной организации гражданской авиации (ИКАО) [5], отрасль сможет восстановиться не ранее 2024 года. Этому и будет способствовать Декларация HLCC-2021, которая призвана консолидировать все мировые силы для преодоления настоящего кризиса и выхода авиации из стагнационного периода в период экономического роста.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. International Civil Aviation Organization TV [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.icao.tv>. – Date of access: 20.10.2021.

2. Singapore Airlines Heritage [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.singaporeair.com/en_UK/us/flying-withus/our-story/our-heritage/. – Date of access: 25.10.2021.

3. Covid impact: Singapore Airlines report record full year loss of \$3.21 billion [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.business-standard.com/article/international/covid-impact->

singapore-airlines-report-record-full-year-loss-of-3-21-bn-121052400109_1.html. – Date of access: 28.10.2021.

4. Singapore Airlines Financial Results [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.singaporeair.com/en_UK/sg/about-us/information-for-investors/financial-results/. – Date of access: 02.11.2021.

5. International Civil Aviation Organization [Electronic resource]. – Mode of access: https://www.icao.int/about-icao/Pages/RU/default_RU.aspx. – Date of access: 10.11.2021.

УДК 930:629.7

И.Г. Яцкевич

Белорусская государственная академия авиации

СТАНОВЛЕНИЕ А.Н. ГУСАРОВА КАК АВИАЦИОННОГО СПЕЦИАЛИСТА В 1966-1975 ГГ.

Анатолий Николаевич Гусаров руководил ОАО «Авиакомпания «Белавиа» с 1996 года на протяжении 25 лет, подтверждая высокое качество советского авиационного образования, и неуклонное стремление к личностному росту как руководителя вместе с ростом вверенной ему авиакомпании.

Становление А.Н. Гусарова как будущего руководителя началось в стенах Рижского Краснознаменного института инженеров гражданской авиации имени Ленинского комсомола (далее – РКИИГА), на механический факультет которого он поступил в 1966 году. К началу 60-х годов прошлого века в СССР остро ощущался дефицит инженерных кадров в гражданской авиации, так как к тому времени в стране был только один профильный вуз – Киевский институт инженеров гражданского воздушного флота. Созданный в 1960 году на базе Рижского Краснознаменного высшего инженерно-авиационного военного училища новый гражданский ВУЗ не только помог решить проблему нехватки специалистов, но и быстро превратился в одно из ведущих учебных заведений системы гражданской авиации СССР, благодаря опытному профессорско-преподавательскому составу и высокому качеству подготовки специалистов. По состоянию на 1 сентября 1970 года в РКИИГА обучалось около 4000 студентов, и первое место по численности студентов занимал именно механический факультет – 1192 обучающихся [1, с. 127–128].

В школьные годы Анатолий Николаевич мечтал об авиации, и после окончания школы предпринял попытку поступить в Оренбургское высшее военное авиационное Краснознаменное училище летчиков, но не прошел медицинскую комиссию. Конечно, очень расстроился, но не стал терять время, и выбрал профессию инженера-механика. Погрузившись в учебные будни РКИИГА, жалеть о несостоявшейся мечте перестал, настолько увлекла его учеба. Лекции студентам механического факультета читали известные профессора В.И. Просвирин, Н.Г. Калинин, А.Л. Клячкин, З.С. Паллей, Х.Б. Кордонский, опытные доценты Ю.Г. Логачев, Я.Н. Гаухман, Н.Д. Тихонов, Б.Е. Корсаков, Н.И. Владимиров, В.З. Шестаков. Лаборатории и учебная база были оснащены самым современным оборудованием.

С первых дней обучения Анатолий Гусаров вместе с другими первокурсниками окунулся в атмосферу строгой дисциплины, высокой требовательности преподавателей, которая являлась отличительной чертой РКИИГА – здесь не разрешалось пересдавать экзамены после сессии и, тем более, в следующих семестрах, и до 30–40 % студентов на начальных курсах отчислялись. Студентов учили тому, что в авиации, где от тебя зависят жизни людей, мелочей не бывает, и к работе нужно относиться с максимальной ответственностью, «потому что самолет в воздухе не остановишь и не отремонтируешь». Вместе со специальностью выпускники механического факультета одновременно

приобретали и важнейшее деловое качество руководителя – умение брать ответственность на себя. А еще здесь обучающиеся проходили серьезную военную подготовку, в организации которой очень пригодился предыдущий профиль деятельности вуза.

Обучаясь по специальности «Эксплуатация самолетов и двигателей», дипломную работу Анатолий Гусаров выполнил на кафедре конструкции и прочности авиадвигателей (кафедра 18). Заведовал кафедрой Зиновий Соломонович Паллей – известный советский ученый, доктор технических наук, профессор, наш земляк, уроженец г. Речица. Его научные интересы были связаны с решением проблем прочности и динамики критических частей поршневых авиационных двигателей, а позднее – турбореактивных двигателей. З.С. Паллеем были написаны базовые учебники и учебные пособия по курсам конструкции и прочности авиационных двигателей, создана научная школа, под влиянием которой формировались профессиональные компетенции А.Н. Гусарова.

Государственный экзамен А.Н. Гусаров успешно сдал 23 февраля 1972 г. Государственную экзаменационную комиссию возглавлял авиационный специалист Колесниченко из Украинского управления гражданской авиации, в состав комиссии входили З.С. Палей и другие преподаватели кафедры. Согласно приказу ректора № 18 от 29.02.1972 г. окончили обучение в РКИИГА 224 выпускника механического факультета, но только 10 человек в выпуске 1972 года получили диплом с отличием, и среди них – Анатолий Гусаров.

Методика распределения молодых специалистов РКИИГА включала разработанную систему баллов, которые получали выпускники за успехи в учебе, участии в общественной и спортивной жизни института. Набравшие наибольшее число баллов могли выбирать лучшие авиационные предприятия страны в качестве первого места работы. Анатолий Гусаров как один из наиболее подготовленных выпускников был направлен на работу на Минский авиаремонтный завод № 407.

С 1972 по 1975 год А.Н. Гусаров работал инженером, старшим инженером-технологом отдела главного технолога, секретарем комитета комсомола завода [2, с. 140]. Опыт работы на авиаремонтном заводе позволил А.Н. Гусарову значительно развить и усовершенствовать свои профессиональные компетенции, тем более что масштабы деятельности завода давали для этого прекрасные возможности. В 1970 году здесь было начато освоение ремонта Як-40 и Ту-134, а в 1972 – Ту-134 А. В 1973 году к юбилею 50-летия «Аэрофлота» завод вышел на ведущие позиции в отрасли и считался безусловным лидером. Предприятие работало на полную мощность, здесь ремонтировались по 330 самолетов в год [3, с. 242].

Таким образом, в 1966–1975 годах были заложены не только качественные профессиональные знания, но и отдельные, необходимые для руководителя личностные черты и компетенции А.Н. Гусарова.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кабанов, Н. Н. Инженер АЭРОФЛОТА. Повседневная жизнь РКИИГА – вуза «союзного подчинения» в Латвийской ССР, 1969–1970 гг. / Н. Н. Кабанов // Журнал российских и восточноевропейских исторических исследований. – 2019. – № 1 (16) – С. 123–178.
2. Дорога в небо: Полувековая летопись Минского авиаремонтного завода / Гос. ком. по авиации Беларуси, УП «Мин. авиаремонт. завод». – Минск, 2003. – 222, [1] с.
3. Нестерович, Е. П. Небо: история любви / Е. П. Нестерович/ – Минск : Медиафакт, 2008. – 303 с.



**6 СЕКЦИЯ.
РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ И СВЯЗЬ**



УДК 535-11

В.Ю. Алетунович, А.С. Маликов

*Белорусская государственная академия авиации***ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДИАПАЗОНЫ ДЛИН ВОЛН
ДЛЯ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ**

В настоящее время широко используются навигационные системы, такие как: «Бейдоу», GPS (NAVSTAR), ГЛОНАС, ГАЛИЛЕО, Transit, «Парус», «Цикада», а также наземных радионавигационных системах: OMEGA, РСДН-20, Logan-C, Чайка, Десса, Consol, Марс-75, Барс, РС-10 [1, 3].

Спутниковые системы навигации используют дециметровый диапазон длин волн, которым характерно только прямолинейное распространения. Данная особенность радиоволн требует построение нескольких спутниковых станций расположенных таким образом, чтобы прием их сигналов был возможен в любой точке земного шара. Следовательно, их количество увеличивается. Помимо большого числа спутниковых станций необходимо доставлять их на орбиту земли. Еще один немаловажный момент – это ремонтпригодность. При выполнении ремонта спутниковых систем навигации необходимо либо доставлять космонавтов с оборудованием на орбиту и осуществлять ремонт, непосредственно в открытом космосе, либо менять саму станцию целиком. В данном случае это приведет к увеличению стоимости и так не дешевой системы [2, 3].

Использование наземных навигационных систем требует использование диапазона длин волн обеспечивающий огибание земной поверхности, а это требует использование мириаметровый или километровый диапазон. Эти диапазоны частот позволяют огибать земную поверхность и отражаться от ионосферы. Рабочая зона действия данных систем охватывает десятки тысяч километров. Стоимость на построение станций, ремонт и модернизацию дальней навигации по сравнению со спутниковыми станциями значительно ниже [1, 2].

Прежде чем использовать мириаметровые и километровые диапазоны длин волн необходимо более подробно рассмотреть их свойства.

Сверхдлинные волны – радиоволны, длина волны которых свыше 10 км. Они огибают Землю, слабо поглощаются почвой, проникают вглубь морской воды, отражаются от ионосферы.

Распространяются длинные волны на расстояние до 1–2 тысяч км за счет дифракции. Далее они распространяются за счет направляющего действия сферического волновода, не отражаясь [1].

Длинные волны используются для: радиовещания, радиотелеграфной связи, радионавигации, радиолюбительской связи и т. д.

Использование длинных волн для осуществления навигации приводит к рассмотрению ошибок измерения навигационных параметров. Эти ошибки связаны с условиями распространения радиоволн и влияния среды распространения.

Таким образом при использовании длинных и сверхдлинных волн для осуществления навигации приводит к возникновению погрешности измерения навигационных параметров. Эти погрешности связаны с распространением радиоволн в:

ионосфере. При прохождении сигналов через верхние слои атмосферы приводят к задержкам распространения сигналов, и, следовательно, к ошибкам порядка 20–30 м днем и 3-6 м ночью. Спутниковые системы в передаваемом сигнале содержат параметры модели ионосферы Земли, но компенсация задержек в лучшем случае составляет 50 %. Вызванные ионосферной рефракцией ошибки, можно компенсировать использовав для передачи сигналов две разные частоты [1].

тропосфере. Они озникают при прохождении через нижние слои атмосферы радиоволн. Уменьшение погрешности до 30 м можно использовав соответствующие виды кодирования сигнала [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Радионавигационные системы : учеб. пособие / под ред. А. В. Баженова. – Ставрополь : СВВАИУ (ВИ), 2007. – 202 с.
2. Гололобов, Д. В. Распространение радиоволн и антенно-фидерные устройства : мет. пособие для студ. / Д. В. Гололобов, В. Б. Кирильчук. – Минск : БГУИР, 2003. – Ч. 1 : Распространение радиоволн. – 124 с.
3. Куприянов, А. О. Глобальные навигационные спутниковые системы : учеб. пособие / А. О. Куприянов. – М. : МИИГАиК, 2017. – 76 с.

УДК 621.396

С.Б. Калитин, Е.Я. Балтян

Военная академия Республики Беларусь

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОЛУЧЕВОЙ АНТЕННЫ СТАНЦИИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ ОБЛУЧЕНИИ

В типовой СПО пеленгование ИРИ в горизонтальной плоскости обеспечивается: в передней полусфере – двумя четырехлучевыми антеннами азимута, в задней полусфере – двумя широкоугольными антеннами азимута [1]. В совокупности они образуют в азимутальной плоскости десятилепестковую веерообразную диаграмму направленности (рисунки 1), по каждому лепестку которой осуществляется отдельный прием зондирующих сигналов РЛС. Направление на ИРИ в данной системе выбирается по максимуму амплитуды сигнала в соответствующем приемном канале, а точность пеленгования определяется половиной ширины лепестка диаграммы направленности антенны (ДНА), по которому принят зондирующий сигнал.

Для решения задач воздушной РТР несомненный интерес представляют возможности четырехлучевых антенн азимута по обеспечению реализации классического способа амплитудного моноимпульсного пеленгования – суммарно-разностной обработки сигналов.

Для оценки потенциальной возможности повышения точности пеленгования за счет процедур суммарно-разностной обработки было проведено экспериментальное исследование образца четырехлучевой антенны изделия Л-006ЛМ, конструктивно состоящей из четырехрупорного облучателя и диэлектрической линзы. В ходе исследования оценивалась зависимость коэффициента усиления антенны от направления принимаемого сигнала. Измерения проводились на вертикальной поляризации на частотах, наиболее характерных для частотных диапазонов РЛС ЗРК (3, 5, 7 и 9 ГГц).

Для оценки возможности реализации процедур амплитудного пеленгования ИРИ с помощью четырехлучевой антенны СПО по данным экспериментальных исследований для каждой из рассмотренных частот были построены пеленгационные характеристики в соответствии с выражением, связывающим направленные свойства антенны с потенциальными оценками азимута ИРИ [2]:

$$\vartheta = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{k_i(\theta) - k_j(\theta)}{k_i(\theta) + k_j(\theta)}, \quad (1)$$

где $k_i(\theta), k_j(\theta)$ – векторы линейных значений КУ антенны для i -го и j -го лепестков ДНА антенны на одинаковых угловых направлениях θ ;

ϑ – вектор потенциальных оценок азимута ИРИ.

Под потенциальными оценками ϑ здесь подразумеваются оценки азимута ИРИ, ошибки которых определяются только параметрами антенной системы, при этом остальные необходимые условия (достаточное отношение сигнал/шум в каждом

приемном канале, амплитудная идентичность i -го и j -го приемных каналов, корректное выполнение процедур обработки принятого сигнала) считаются выполненными. В идеальном случае потенциальные оценки углов должны быть равны их истинным значениям, то есть теоретическая пеленгационная характеристика идеальной антенной системы имеет вид $\vartheta = \theta$. Поэтому ошибки потенциальных оценок азимута, полученные в (1), характеризуются вектором

$$\Delta = \theta - \vartheta. \quad (2)$$

Поскольку антенна является пассивным элементом, то значения элементов вектора Δ стационарны и, соответственно, могут быть успешно компенсированы в ходе процесса калибровки, обязательной при настройке любого пеленгатора неследящего типа.

Цель калибровки пеленгатора заключается в максимальном приближении его пеленгационной характеристики к идеальной. Это выполняется путем аппроксимации измеренной ПХ с последующим нахождением соответствующих поправок. В контексте рассматриваемой нами задачи на конечную эффективность калибровки будут оказывать влияние степень линейности зависимости $\vartheta(\theta)$ и величина дисперсии ошибок аппроксимации:

$$\varepsilon = \vartheta^* - \vartheta, \quad (3)$$

где ϑ^* – вектор аппроксимированных оценок.

Графики пеленгационных характеристик (ПХ) четырехлучевой антенны СПО, полученных в соответствии с выражением (1), и их линейные аппроксимации приведены на рисунке 1.

Как следует из представленных графиков на всех исследованных частотах у пеленгационных характеристик наблюдаются:

равномерные участки (различной протяженности на разных частотах), близкие по характеру к линейным функциям;

разрывы на азимутах -10 и 10 град (на частотах 7 и 9 ГГц);

искажения нелинейной формы на краях интервала ± 45 град (на частотах 3, 7, 9 ГГц).

Аппроксимация линейных участков ПХ осуществлялась функциями вида

$$\vartheta^* = \alpha + \mu\theta, \quad (4)$$

в которых стационарные коэффициенты α , μ находились из решения переопределенной системы линейных уравнений:

$$W = [e \ \theta], \quad \vartheta = W \begin{bmatrix} \alpha \\ \mu \end{bmatrix}, \quad (5)$$

$$\begin{bmatrix} \alpha \\ \mu \end{bmatrix} = (W^T W)^{-1} W^T \vartheta, \quad (6)$$

где e – единичный вектор размерностью θ , все элементы которого равны единице.

При линейной аппроксимации ПХ ее предварительная калибровка может быть выполнена путем простого умножения вектора ϑ на поправочный коэффициент $k = 1/\mu$, и лишь при больших значениях ошибок аппроксимации ε требуется детальная калибровка путем введения дополнительных корректирующих поправок.

Выводы

1. На всех рассмотренных частотах пеленгационная характеристика антенны имеет интервалы углов, на которых обладает участками с высокой степенью линейности и одинаковой крутизной. Пеленгационная чувствительность антенны является слабой на частоте 3 ГГц, близкой к теоретической на частотах 5 и 7 ГГц и повышенной на частоте

9 ГГц, при этом различия в крутизне ПХ на разных частотах не являются критическими и компенсируются проведением предварительной калибровки.

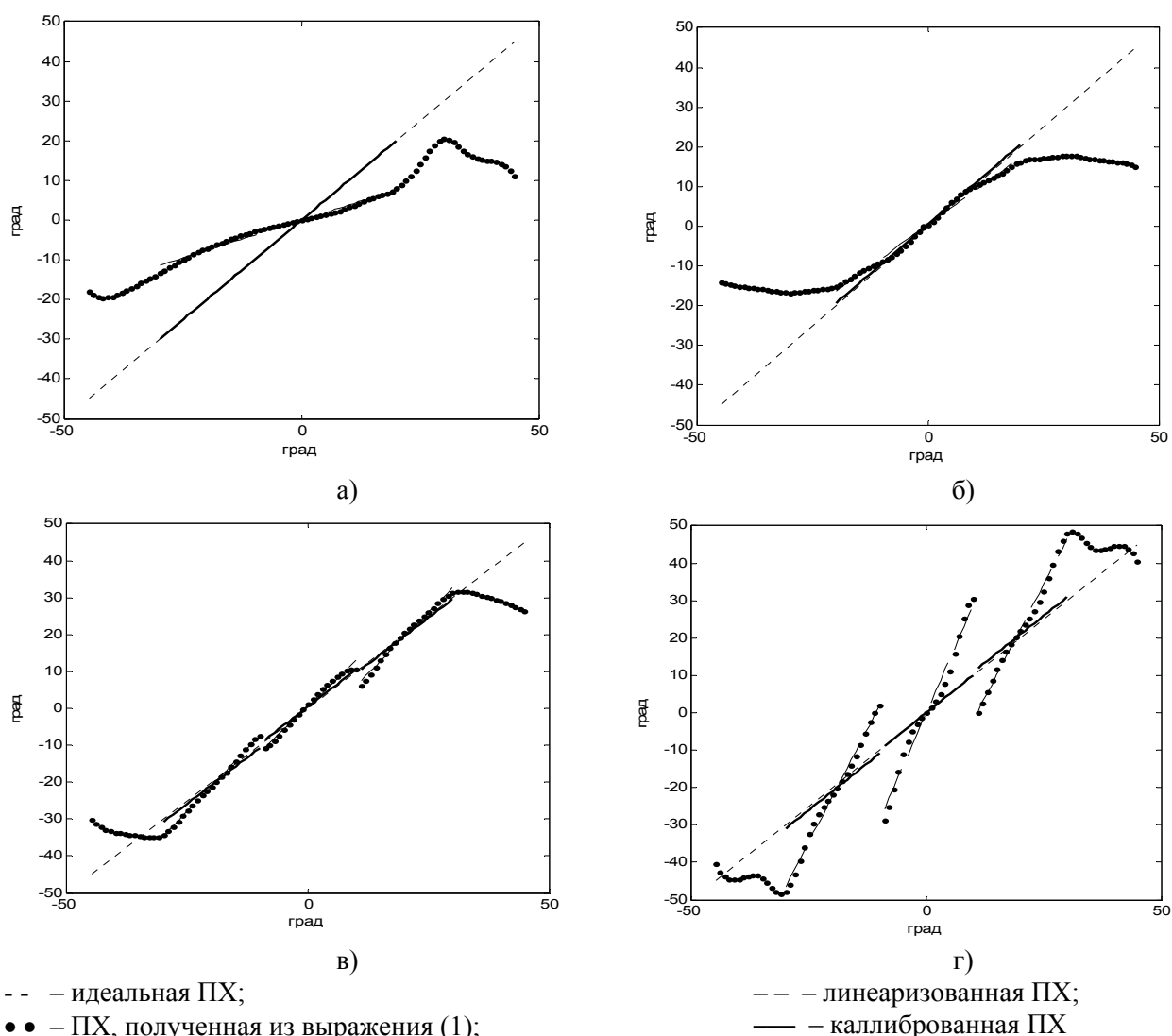


Рисунок 1 – Пеленгационные характеристики четырехлучевой антенны изделия Л-006ЛМ на частотах: а) 3 ГГц, б) 5 ГГц, в) 7 ГГц, г) 9 ГГц

2. На линейных участках ПХ среднеквадратические ошибки потенциальных оценок азимута после процедуры предварительной калибровки не превышают: 1 градус на частотах 7, 9 ГГц, 1,5 град на частоте 5 ГГц и 2 град на частоте 3 ГГц.

3. Направленные свойства четырехлучевой антенны СПО, наличие линейных участков у ее пеленгационных характеристик и малые среднеквадратические ошибки потенциальных оценок азимута позволяют говорить о возможности использования четырехлучевой антенны СПО для реализации процедур амплитудного моноимпульсного пеленгования в интервалах углов: -20...20 град на частотах 3 и 5 ГГц; -30...30 град (с разрывами на азимутах -10 и 10 град) на частотах 7 и 9 ГГц.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Изделие Л-006М. Руководство по технической эксплуатации. – М., 1980. – 560 с.
2. Леонов, А. И. Моноимпульсная радиолокация / А. И. Леонов, К. И. Фомичев. – М. : Радио и связь, 1984. – 312 с.

УДК 621.396.98

А.Г. Боровой, А.П. Кульпанович, Д.В. Морозов

Белорусская государственная академия авиации

ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ НАВИГАЦИИ НАЗЕМНЫХ И ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ

Интенсивное использование роботизированных комплексов для систем различного назначения приводит к их тотальной зависимости от надежности каналов управления и навигации. Поэтому их подавление является рациональным способом противодействия. Проведенный анализ существующих систем воздействия на каналы управления показал наличие серьезных проблем в решении данной задачи ввиду относительно широкого диапазона и высокоскоростной псевдослучайной перестройки рабочих частот [1, 2]. Поэтому наиболее целесообразным является подавление систем навигации с учетом ее тотальной зависимости от спутниковой навигационной системы. В таких условиях имеет большое значение повышение надежности каналов навигации, которое может быть достигнуто за счет увеличения количества и расширения типов используемых навигационных измерителей.

Одним из возможных вариантов является использование радиотехнической системы дальней навигации (РСДН). В настоящее время развернуты и эксплуатируются следующие системы РСДН «Чайка» (рисунок 1): Европейская РСДН-3/10; Дальневосточная РСДН-4; Северная РСДН-5. В состав РСДН-3/10 входят 5 станций дальней радионавигации (н.п. Карачев, н.п. Петрозаводск, н.п. Сызрань, н.п. Слоним, н.п. Симферополь) [4, 6].



Рисунок 1 – Расположение наземных станций системы РСДН «Чайка»
Преимуществами использования РСДН «Чайка» является [4]:

1. Относительная простота приемных устройств.
2. Высокая радиотехническая скрытность.
3. Большая дальность действия.
4. Неограниченная пропускная способность.

Одновременно с неоспоримыми преимуществами такая система имеет и значительные недостатки, основным из которых является невысокая точность определения координат объекта (ошибка определения координат составляет сотни метров). В настоящее время наземные станции РСДН проходят модернизацию, одним из этапов которой связан с улучшением технических характеристик синхронизации процесса функционирования наземных станций (среднеквадратичная погрешность синхронизации уменьшена с 80 нс до 40 нс) [3]. В конечном результате после завершения модернизации РСДН должна значительно возрасти точность определения координат объектов. Вместе с тем не исключается возможность повышения точности определения координат РСДН за счет комплексирования информации поступающей от систем, построенных на других физических принципах, например, инерциальной навигационной системы.

Важной практической задачей является создание антенных систем приемлемых габаритных размеров, при том, что длина волны сигналов РСДН составляет 3 км. Успешное решение данной задачи непосредственно связано с расширением типа роботизированных систем, на которые могут устанавливаться приемные устройства системы РСДН. Это имеет особую актуальность для беспилотных летательных аппаратов, которые критичны к масса-габаритным характеристикам их бортового оборудования. При этом, разработка приемника и реализация алгоритмов обработки принимаемых радиосигналов не несет в себе значительных сложностей, ввиду относительно большой длины волны [5, 6].

В настоящее время проведены предварительные измерения «на земле» энергетических параметров сигналов РСДН. По результатам данных измерений подтверждена возможность их устойчивого приема, что создает предпосылки к созданию не только навигационных систем для воздушных судов (существуют в настоящее время), но и для наземных объектов. Это значительно повышает универсальность таких навигационных измерителей.

Таким образом, использование РСДН в качестве источника навигационной информации является актуальным и позволяет не только повысить надежность каналов навигации, но и для многих систем уйти от тотальной зависимости от спутниковой навигационной системы. Такое решение является универсальным с точки зрения использования как на воздушных судах, так и на наземных объектах. Однако в настоящее время существует ряд сложностей на пути широкого внедрения таких систем: создание приемных устройств приемлемых масса-габаритных характеристик; разработка алгоритмов функционирования приемных устройств с учетом их технической реализуемости в режиме «реального времени»; реализация, подходов, позволяющих повысить точность получаемой навигационной информации. Решение данных проблем напрямую связано с возможностью широкого внедрения навигационных приемников РСДН.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаренко, С. И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения / С. И. Макаренко, А. В. Тимошенко, А. С. Васильченко // Системы упр., связи и безоп. – 2020. – № 1. – С. 109–146.
2. Автономный навигационный комплекс для роботизированных наземных и летательных аппаратов / В. В. Щербинин [и др.] // Известия ЮФУ. Технические науки. Раздел VI. Навигация, наведение и связь. – 2014. – С. 234–243.
3. Система радионавигационная «Чайка». Сигналы передающих станций. Технические требования: ГОСТ Р53168–2008. – М., 2008. – 56 с.
4. Данилин, А. И. Радиосистемы дальней навигации : учеб. пособие / А. И. Данилин, А. Н. Коптаев, Н. А. Кузмичев // Самар. гос. аэрокосм ун-т. – Самара, 1997. – 36 с.

5. Бортовая аппаратура А-711, А-720 и А-713М радиотехнических систем ближней навигации / под ред. Н. А. Сазонова. – Тамбов, 1988. – 243 с.

6. Бакулев, П. А. Радионавигационные системы : учебник для вузов / П.А. Бакулев, А. А. Сосновский. – М. : Радиотехника, 2011. – 272 с.

УДК 621.396.7

Е.В. Бредихина, А.Б. Рассказов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и А.Ю. Гагарина» (г. Воронеж)

ПРИМЕНЕНИЕ ФАР В СИСТЕМАХ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Влияния помех на приемо-передающие каналы спутниковых систем связи (ССС) является серьезной проблемой.

Существующие системы космической связи ориентированы на прочное закрепление ресурса пропускной способности ретранслятора (РТР) за наземными станциями, которые входят в состав сети космической связи. Используемые в системах космической связи наземные станции реализуют, многостационарный доступ с частотным или временным разделением ресурса пропускной способности бортового ретранслятора. В условиях разнотипного пульсирующего трафика в виде обмена данными, организацией телефонных и телеграфных каналов связи, передачей видеоинформации в виде статистических и динамических изображений, включая передачу сигналов телевидения, данный подход характеризуется низкой эффективностью использования пропускной способности ретранслятора.

Основным недостатком существующих систем спутниковой связи является низкая эффективность использования дорогостоящего ресурса пропускной способности бортового ретранслятора.

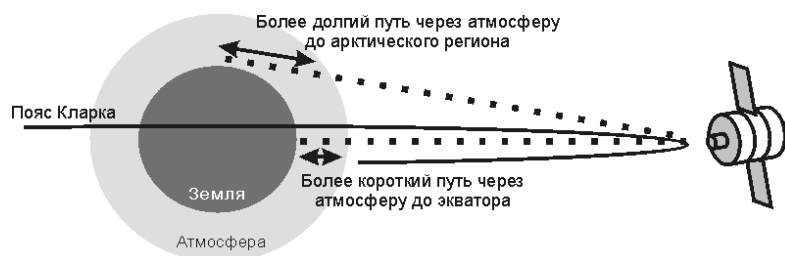


Рисунок 1 – Геостационарная орбита

Прогресс в развитии систем традиционной подвижной спутниковой связи за последние 10 лет впечатляет. Так, масса земных станций изменилась с 300 до 3–5 кг, уменьшались размеры антенн, и, наконец, что самое главное, был полностью пересмотрен подход к профессиональной подготовке операторов.

Качественно новый уровень эффективности использования дорогостоящих систем космической связи, может быть достигнут путем реализации систем пакетной передачи различных видов информации на основе реализации протоколов множественного доступа, характеризующихся высокой эффективностью в условиях быстрого изменения информационной нагрузки, создаваемой различными абонентами систем спутниковой связи. Известным алгоритмам множественного доступа свойственен недостаток, связанный с наличием конфликтов пакетов, который приводит к ограничению информационных нагрузок, обслуживаемых системой спутниковой связи. Анализ существующих многолучевых антенных систем на базе фазированных антенных решеток

позволяет утверждать целесообразность их применения при реализации бортовых ретрансляторов. Применение пространственной селекции сигналов, поступающих по различным лучам приемной многолучевой антенны позволит, исключить взаимное искажение пакетов, передаваемых от наземных станций.

Можно ожидать, что разработка структуры ретранслятора сигналов, обеспечивающего реализацию известных и предлагаемых в работе алгоритмов множественного доступа позволит существенно повысить предельный уровень информационной нагрузки, обслуживаемой системой связи.

При проектировке указанных сетей планируется использовать РТР на геостационарной орбите. Они занимают практически постоянное положение на небосклоне, благодаря чему пользователи могут получить доступ, используя антенны с малой апертурой. При этом не обязательно использовать параболические антенны, и не требуется точно наводить их на спутник, хотя прямая видимость остается необходимым условием. Последнее требование ограничивает применение РТР на высоких широтах по нескольким причинам. Во-первых, это ослабление радиоволны при преодолении большого слоя атмосферы, и в этом случае требуется применение больших параболических антенн. Во-вторых, если спутник расположен низко над горизонтом, в зону прямой видимости могут попасть дома и деревья, что создаст дополнительные помехи.

Основной недостаток использования геостационарной орбиты лежит в ее концепции: высота спутника над Землей достигает 40 000 километров. Большое расстояние означает, что сигналу требуется значительное время, чтобы достичь спутника и вернуться на Землю, оно достигает порядка 270 мс. Из-за задержек, которые неизбежны при реализации случайного доступа, эффект от коллизий более неприятен чем в земных сетях. Конфликты передачи приводят к сбою механизмов квитирования и нарушению работы надежных протоколов.

На самом деле, ожидание успешной передачи в сочетании с большой задержкой снижает скорость передачи информации, поэтому она составляет лишь меньшую часть пропускной способности канала. Более того, работа сети может оказаться заблокированной, если время ожидания квитации меньше задержки распространения. Именно это делает недоступной применение широко распространенных протоколов локальных сетей типа CSMA-CD в космическом сегменте перспективной системы спутниковой связи КВ.

В целях повышения устойчивости функционирования системы в условиях РЭБ представляется целесообразным использовать многолучевые антенные системы в виде ФАР на борту ретранслятора. Применение ФАР обеспечит высокую пространственную селекцию принимаемых сигналов из зоны обслуживания и существенно затруднит постановку эффективных помех противником с сопредельных территорий, а также позволит исключить взаимное искажение пакетов, передаваемых от наземных станций СС.

ФАР и построенные на их основе антенные системы с пространственно-временной обработкой сигнала обладают большими функциональными возможностями и находят широкое применение. В бортовых ФАР применение полосковой техники позволяет снизить стоимость, повысить надежность и уменьшить массу и габариты. Однако одним из существенных недостатков ФАР являются значительные потери.

Существенным недостатком полосковой техники являются значительные потери в сантиметровом диапазоне и, особенно в коротковолновой его части, которые еще более увеличивают общие потери в ФАР. Включение активного элемента (генератора, усилителя, преобразователя частот) в тракт СВЧ-излучателей ФАР позволяет не только устранить потери, но и существенно изменить систему возбуждения, формирования луча и его управления. Активный элемент (или прибор) в тракте возбуждения превращает

антенную решетку из пассивного взаимного устройства в активную фазированную решетку, в которой при приеме и передаче используют различные активные элементы. Последнее объясняется невзаимностью активных элементов.

Наличие активного элемента в передающих АФАР позволяет поднять КПД и достичь очень больших мощностей излучения, упростить требования к фазовращателям, поднять надежность и получить ряд других преимуществ.

Активный элемент в приемных АФАР позволяет не только понизить шумовую температуру антенны (поднять чувствительность), но и провести обработку сигнала или на частотах принимаемого сигнала, или на более низкой промежуточной либо более высокой частоте при голографических методах обработки. При этом можно в приемной АФАР проводить пространственно-временную обработку сигнала, используя аналоговые, цифровые, корреляционные, радиооптические и другие известные методы обработки сигнала. Становится также возможным существенное улучшение некоторых требуемых антенных характеристик. Однако следует особо подчеркнуть, что это будет связано с ухудшением других характеристик.

Анализ существующей системы спутниковой связи КВ вскрыл ее существенные недостатки: низкая помехозащищенность, низкий коэффициент использования пропускной способности ретранслятора, отсутствие полносвязной структуры каналов вторичной сети СС (возможность передачи информации между ЗС только в соответствии с планом распределения частот и расписанием работы ЗС), ограниченный список услуг, предоставляемых абонентам военной связи и т. д.

Указанные недостатки существенным образом влияют на оперативно-технические и экономические характеристики существующей системы СС и не в полной мере удовлетворяют современным требованиям.

На основе анализа протоколов множественного доступа был сделан вывод о том, что данные протоколы имеют ряд общих недостатков. Благодаря разработке структурной схемы предлагаемого ретранслятора пакетов исключаются взаимно искажающие конфликты при передаче пакетов информации, поступающих одновременно в различных приемных лучах ФАР, что существенно повышает коэффициент использования спутникового моноканала нисходящей радиолинии. С учетом специального назначения системы спутниковой связи применение ФАР для приема сигналов в восходящих радиолиниях существенно повышает помехозащищенность системы от действия помех, созданных с сопредельных территорий. Предложенные в работе алгоритмы передачи пакетов являются децентрализованными и не требуют наличия системы синхронизации между передающими станциями, что способствует повышению живучести спутниковой системы связи в целом и упрощает ее реализацию.

Разработанная система СС обеспечит повышение помехозащищенности за счет использования ФАР по сравнению с существующей примерно в 4–5 раз, обеспечит полносвязность сети ЗС при их одновременной работе, что обеспечит высокую оперативность связи между абонентами военной связи.

Разработан облик перспективной системы спутниковой связи, структурная схема ретранслятора пакетов, достоинствами предложенной системы, по сравнению с существующими, являются:

- повышенная помехозащищенность за счет использования фазированной антенной решетки;
- исключение взаимоискажающих конфликтов пакетов, поступающих в различных лучах антенной системы и повышение степени использования ресурса ретранслятора;
- обеспечение совместной передачи пакетов различных видов информации;
- унификация программно-аппаратных средств земных станций;
- обеспечивающих передачу различных видов информации;
- отсутствие требований системной синхронизации при передаче пакетов от различных станций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Камнев, В. Е. Спутниковые сети связи : учеб. пособие / В. Е. камнев, В. В. Черкасов, Г. В. Чечин. – М. : Альпина Паблишер, 2004. – 536 с. : ил.
2. Аванесян, Г. Р. Униполярные интегральные микросхемы : справочное пособие / Г. Р. Аванесян, А. А. Беспалов. – М. : Горячая линия : Телеком, Радио и связь, 2003. – 220 с. : ил. – (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1264).
3. Родионов, А. В. Сети военной связи. Пакетные радиосети / А. В. Родионов.– СПб. : ВИККА, 1996. – 320 с.
4. Шварц, М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ / М. Шварц ; пер. с англ. – М. : Наука. 1992. – 320 с.
5. Передача речи по сетям передачи данных с коммутацией пакетов / А. А. Агаян [и др.]. – М., 1998. – 150 с.

УДК 621.391

Е.В. Бредихина, А.С. Барсуков, Н.М. Мельников

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и А.Ю. Гагарина» (г. Воронеж)

ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ

Мы живем с вами в век информатизации. Каждый день нас с вами окружает информация в той, или иной форме. Мы научились не только передавать информацию друг другу посредством устной речи, но и научились записывать ее, переводить в цифровой сигнал и посылать на большие расстояния, где сигнал снова преобразуется в информацию и доставляется получателю. Звучит это для понимания очень просто, но за этим простым объяснением скрывается целый ряд наук, которые описывают каждый этап становление информации: от появления полезного сигнала, до формирования этого сигнала в информацию. Этап передачи информации от одного корреспондента к другому называется связью. У связи имеется множество видов, которые по-своему хороши для тех, или иных задач, но в данный момент очень остро встает вопрос о спутниковой связи. Идея создания систем спутниковой связи заключается в том, что промежуточный ретранслятор системы связи устанавливается на искусственном спутнике Земли (ИСЗ). При этом спутник в течение длительного периода времени движется на высокой орбите без траты энергии на движение. Питание систем спутника осуществляется от солнечных батарей, установленных на спутнике.

Чаще всего используются геостационарные спутники. Свое название они получили благодаря своему положению относительно орбиты Земли. Они находятся над поверхностью экватора на высоте 35 875 км. Их достоинствами являются: непрерывная круглосуточная связь; земным антеннам не требуется дополнительное оборудование для автоматической наводки на спутник; стабильное затухание сигнала на трассе между земной станцией и спутником; отсутствие эффекта Доплера В геостационарных спутниках используются мощные передатчики для обеспечения необходимых энергетических характеристик радиолиний и подавления эффекта эха, так как расстояние и время распространения сигналов с геостационарной орбиты довольно значительно.

На достаточно высокой орбите спутник способен охватить около одной трети поверхности Земли, поэтому через него могут связываться между собой любые станции, работающие на этой территории. Трех ИСЗ достаточно для создания всемирной системы связи. Тем временем, появилась возможность достичь достаточно узкого луча, для того чтобы сконцентрировать энергию передатчика спутника для обслуживания небольших зон. Качество спутниковой связи жизненно необходимо, так как сейчас возрастают требования об объеме передаваемой информации, требования к скоростям передачи,

разделения частотного ресурса среди других видов связи. Спутниковая связь требует колоссальной мощности и высокой частоты, которая исчисляется в ГГц, а так же нескольких способов доступа к ретранслятору. К антенне так же предъявляются отдельные требования: определенная направленность и усиление. Необходимо помнить, что диапазон спутниковой связи является ограниченным, поэтому широкое применение в ней нашли системы с зональным обслуживанием. Это означает, что в пределах выделенной частоты на каждом луче антенны спутникового ретранслятора определяется такое расположение частотных каналов, которое позволит использовать каждый частотный канал максимальное число раз. Этим обеспечивается эффективное использование частотного ресурса в системе. Возможность возникновения помех определяется наличием ограничений по частоте, а также по области, которую покрывает спутник. В частности, требуется, чтобы назначенные лучам некоторые комбинации частотных каналов были разнесены в пространстве на соответствующее им минимальное расстояние. Решение задачи помехоустойчивости является одной из ключевых для постоянной и устойчивой связи во всех уголках мира. Под помехоустойчивостью понимается способность системы противостоять воздействию мощных помех. На данный момент помехоустойчивость определяется на уровне 25–30 дБ из-за особенностей каналов спутниковой связи. В настоящее время очень широко применяется способ передачи информации с помощью широкополосных сигналов. Позволяет максимизировать использование выделенной полосы частот для передачи речевой информации между пользователями. Увеличение помехоустойчивости при увеличении ширины спектра сигнала наблюдается, например, в системах Global star, и позволяет использовать портативные устройства практически в любой точке земного шара. Системы GPS и ГЛОННАС так же являются широкополосными и позволяют повысить точность оценки псевдодальности спутников в сложной ситуации помех и, соответственно, повысить точность определения координат объектов. Широкополосные технологии имеют более высокую помехоустойчивость по отношению к узкополосному шуму и более экономно используют спектр. Эти примеры раскрывают перспективы развития и потенциал ШПС в будущем.

Помехи являются паразитными параметрами из-за того, что при передаче сигнала с помехами могут возникать ошибки. При большом количестве ошибок обработать и принять информацию не представляется возможным. Эту проблему можно решить с помощью канального кодирования или шумового кодирования. В настоящее время наиболее распространены следующие способы генерации шумопонижающих сигналов.

1. Формирование сложных сигналов с использованием частотновременного кодирования.

2. Псевдослучайное формирование комплексных дискретных частотноуправляемых сигналов.

3. Псевдослучайная перестройка рабочей частоты (ППРЧ). Модуляция несущей частоты двоичными псевдослучайными последовательностями (PSP).

Последний метод использования активно применяется в военной технике связи. На принимающей стороне каждый элемент, представляющий ШПС после этих процедур, умножается на опорный сигнал, поэтапный с опорным сигналом расширения на передающей стороне. Процедура умножения «сворачивает» ШПС в узкополосный сигнал.

При использовании только одной несущей частоты существует три «основных» метода расширения спектра полезного сигнала: метод прямого расширения DS (Direct Spectrum) с использованием псевдослучайной последовательности (ПСП); метод скачкообразной перестройки частоты FH (Frequency Hopping) и метод скачкообразной перемотки времени. Также используются различные комбинации этих методов.

На практике используются методы распространения спектра с использованием ансамбля многих модулированных поднесущих, занимающих весь назначенный частотный диапазон. Каждая поднесущая может быть модулирована с ее битовой

последовательностью. Различие спектра модулированных колебаний на каждой поднесущей в схемах приемника осуществляется с помощью соответствующих канальных фильтров. Для устранения взаимного перекрытия полос частот между спектрами на поднесущих используются защитные интервалы частот при формировании сигнала для передачи. Этот способ расширения называется мультиплексированным с частотным разделением FDM (Multiple Division Multiple). В таком способе недостатком является необходимость иметь защитные интервалы частот, что снижает эффективность использования выделенной полосы частот. Более значительным методом является выделение полезного сигнала с помощью технологии мультиплексирования с ортогональным частотным разделением (OFDM). Поскольку импульсы PSP короче битовых импульсов, их спектр намного шире битового спектра. В результате умножения получается импульсный сигнал с широким спектром. Затем этот сигнал модулируется гармоническим сигналом несущей и получается радиосигнал с расширенным спектром.

Предпосылкой для использования сигналов с ППРЧ является конструктивная спецификация ПСП, которая позволяет принимающей станции спутниковой связи обеспечивать синхронизацию частоты и времени.

В методе распространения спектра по частотным скачкам спектр одного канала является узкополосным, но его положение в пределах выделенного частотного диапазона изменяется в соответствии с псевдослучайным законом скачков частоты несущей. При использовании диапазона многими пользователями каждый передает/принимает узкополосный канал, но в разное время на разных несущих частотах. В методе распространения спектра спектр одного канала также является узкополосным во времени, но его положение в течение времени, выделенного для цикла, изменяется в соответствии с псевдослучайным законом внезапного изменения момента включения радиосигнала.

В методе прямого расширения исходная битовая последовательность передаваемого сигнала умножается на импульсы псевдослучайной последовательности (SSP). Последовательность пропускной способности памяти является как бы цифровой несущей для битовых импульсов. Импульсы PSP имеют форму прямоугольных импульсов с одинаковой амплитудой и длительностью, намного короче длины передаваемого бита сообщения, так что много импульсов PSP генерируется в течение продолжительности бит. Одним из методов улучшения помехоустойчивости является метод прямого расширения спектра. Формирование широкополосных сигналов осуществляется путем умножения сигнала несущей на псевдослучайную последовательность с тактовой частотой, намного превышающей полосу частот информационного сигнала. Результирующий сигнал будет представлять последовательность фрагментов радиоимпульсов, фаза которых меняется по некоторому закону. Его главным свойством является то, что ширина спектра сигнала, модулирующего опорную частоту, определяется в основном параметрами пропускной способности памяти. Расширенные сигналы распространения являются псевдослучайными, то есть имеют свойства, аналогичные свойствам случайного процесса или шума, хотя они формируются полностью детерминированными алгоритмами. Псевдослучайные последовательности обычно формируются с использованием логических цепей, реализующих детерминированные алгоритмы.

Важной характеристикой широкополосного сигнала является его база. Смысл базы заключается в том, что полоса частот увеличивается в радиоканале по сравнению с полосой частот битового сигнала. Она определяется числом элементов, приходящихся на отрезок сигнала, несущего единицу информации. Применение сигналов с большой базой обеспечивает существенное повышение энергетической скрытности радиотехнических средств. При приеме используют понятие выигрыш обработки, который является численно равным величине базы сигнала и означает выигрыш за счет обратного сужения спектра от расширенного к исходному.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акимов, П. С. Сигналы и их обработка в информационных системах: учебное пособие / П. С. Акимов, А. И. Сенин, В. И. Соленов. – М. : Радио и связь, 1994. – 255 с.
2. Андреев, А. М. Принципы формирования сигналов с перестройкой рабочей частоты в зарубежных системах связи и передачи данных / А. М. Андреев, И. Ю. Еремеев, А. И. Замарин. – СПб. : ВКА им. А. Ф. Можайского, 2010. – 241 с.
3. О влиянии доплеровского сдвига частоты на помехоустойчивость спутниковых телекоммуникационных систем со сложными сигналами / С. П. Белов [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Экономика. Информатика. – 2017. – Т. 42, № 9 (258). – С. 179–186.
4. Борисов, В. И. Помехозащищенность систем радиосвязи: основы теории и принципы реализации / В. И. Борисов. – М. : Наука, 2009. – 358 с.
5. Борисов, В. И. Помехозащищенность системы радиосвязи с расширением спектра сигналов методом псевдослучайной перестройки рабочей частоты / под ред. В. И. Борисова. – М. : Радиософт, 2008. – 512 с.

УДК 62.503.5

Е.А. Волк, В.П. Тузлуков

Белорусская государственная академия авиации

**АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ РАДИОСИСТЕМ
В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ**

Расширение областей использования радиотехнологий и огромные возможности для технического развития, которые предоставляют эти технологии, подчеркивают важность процессов управления радиочастотным спектром (РЧС). Технический прогресс постоянно открывает новые возможности использования спектра, которые вызывают повышенный спрос на ограниченные ресурсы РЧС. Увеличение спроса требует рационального использования радиочастотного спектра и применения эффективных процессов управления его использованием. В этих условиях важно применять современные средства обработки информации, с тем чтобы максимально удовлетворить потребности самых разнообразных пользователей РЧС. Однако радиочастотный спектр является ограниченным ресурсом [1, 3, 4, 7]. Внедрение и использование новых сервисов, для работы которых необходимо наличие свободных частотных диапазонов, становится затруднительным. Практически весь частотный диапазон к настоящему времени распределен и лицензирован. Одним из возможных путей решения указанной проблемы является переход к новой технологии, названной «когнитивное радио».

Бюллетень Technology Review, издаваемый Массачусетским технологическим институтом, опубликовал перечень десяти перспективных технологий, которые могут оказать наибольшее влияние на человеческое общество. В этом бюллетене технология «когнитивные радиосистемы» занимает четвертое место после трех технологий, касающихся здоровья человека и медицины.

Проблематика исследования доступа к радиочастотному спектру, рациональность использования и применения систем радиосвязи отражены в следующих источниках [1, 2, 3, 4, 7].

Технология когнитивного радио предназначена для вторичного использования радиочастоты спектра, когда устройства в сети автоматически перенастраиваются на свободные частоты. Тем самым, позволяют получить доступ к радиоканалу как первичным пользователям, так и вторичным пользователям РЧС [4, 5]. Отличительной особенностью систем когнитивного радио является их способность обнаруживать и динамически использовать свободные диапазоны радиочастот для доступа абонентов к сети. Модель использования радиочастотного спектра требует от вторичного

пользователя, в первую очередь, сканировать окружающую радиосреду для поиска свободных каналов и фактов работы первичного или лицензионного пользователя [3, 7].

Свойство когнитивности подразумевает способность радиосистемы решать следующие задачи:

- 1) обнаружение неиспользуемых в данный момент времени спектральных диапазонов;
- 2) анализ параметров радиоканала, оценка информации, предвидение состояния радиоканала;
- 3) контроль параметров и динамическое управление спектром.

В когнитивной системе радиосвязи учитываются сведения об окружающей рабочей и географической средах, об установившихся правилах использования радиочастотного спектра и внутреннем состоянии системы [3, 6]. Однако вопросы разработки алгоритмов, предназначенных для использования в когнитивных радиосистемах, в настоящее время находятся только на стадии исследований.

Разработка методов и алгоритмов для технологии когнитивной радиосистемы являются своевременными, а направление исследования по разработке вероятностной модели активности первичного и вторичного пользователей при передаче данных в когнитивных радиосистемах – перспективным.

На сегодняшний день актуальными являются задачи разработки алгоритмов формирования и обработки сигналов в системах с множественным доступом с целью увеличения пропускной способности системы связи; мониторинга спектра в когнитивных радиосистемах в широком частотном диапазоне; уменьшения времени доступа к каналу для когнитивных сетей; оценки времени доступа к каналу передачи для непрерывности предоставления услуг связи; достижению требуемой безопасности, скрытности информационного обмена в беспроводных системах передачи информации.

Таким образом, когнитивные радиосистемы позволяют осуществить переход на новый уровень развития беспроводных технологий, связанных с необходимостью внедрения интеллектуальных сетей и систем, в связи с ограниченностью радиочастотного ресурса, проблемой обеспечения безопасности и качества обслуживания. За счет использования когнитивных беспроводных сетей повышается эффективность использования спектра. Технологии когнитивных радиосистем потенциально способны уменьшить дефицит пропускной способности радиочастотного спектра.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гребешков, А. Ю. Исследование и разработка моделей и методов анализа гетерогенных когнитивных сетей доступа / А. Ю. Гребешков. – Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2018. – 250 с.

2. Гришин И. В. Обзор методов многочастотной модуляции сигналов в современных сетях беспроводной связи / И. В. Гришин, А. А. Калинкина // Информационные технологии и телекоммуникации. – 2020. – Том 8, № 2. – С. 55–66.

3. Зуев, А. В. Распределение канальных ресурсов в когнитивной радиосети на основе аукционного метода управления доступом к среде передачи / А. В. Зуев // Системы управления, связи и безопасности. – 2019. – № 3. – С. 14–32.

4. Китчер, Э. Методы и алгоритмы принятия решения для технологии «когнитивного радио» / Э. Китчер. – Владимир : Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых, 2013. – 25 с.

5. Когнитивные сверхширокополосные радиосистемы как метод повышения эффективности использования радиочастотного спектра / Т. П. Косичкина [и др.] // Т-Comm: Телекоммуникации и транспорт. – 2015. – Том 9, № 12. – С. 37–43.

6. Митюхин, А. И. Прикладная теория информации : учеб.-метод. пособие / А. И. Митюхин. – Минск : БГУИР, 2018. – 168 с. : ил.

7. Стоянов, Д. Д. Разработка и исследование алгоритмов обнаружения сигналов в когнитивных радиосетях / Д. Д. Стоянов. – Ярославль : Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова, 2014. – 35 с.

УДК 621.396.5.

И.С. Гордей, А.С. Маликов

Белорусская государственная академия авиации

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

Интерес к вопросам теории и практики многопозиционных измерительных систем различного назначения в последние годы неуклонно повышается [3]. Отличительной особенностью этих систем является использование, в той или иной мере, пространственно-временных методов обработки информации, заложенной в волноводных полях и радиосигналах, принимаемых одновременно из пространственно разнесенных точек.

Главной причиной такого интереса к многопозиционным радиосистемам является широта и разнообразие их применения (в радиолокации, радионавигации, радиоастрономии, радиогеодезии и др.) с реализацией точностных характеристик, которые не под силу однопозиционным системам [2].

Под многопозиционными радиотехническими системами (МРС) обычно понимают совокупность разнесенных в пространстве и функционально связанных между собой пунктов излучения, приема и обработки радиосигналов для определения (оценки) местоположения объектов в заданной системе координат.

К основным характеристикам МРС относят: точность местоопределения объекта, рабочую зону, тип измеряемых первичных параметров, вид используемых радиосигналов. Главной характеристикой является характеристика точности измерения координат объекта [1].

Для оценки точности измерения координат объекта радиосистемой может быть выбран байесов критерий оптимальности при простом квадратичном функционале. Это означает, что для оценки точностных параметров МРС необходимо знать статистические характеристики ошибки их оценивания $\square(t)$.

Важными критериями при выборе типа первичных измеряемых параметров является техническая реализуемость в МРС соответствующих измерительных систем. Так, например, использование угломерной МРС предусматривает применение направленных антенн: либо однолепестковой с узкой диаграммой направленности, либо двухлепестковой с минимумом между ними для повышения точности. Для такой системы необходимо обеспечить стабильность и синхронизацию вращения антенн каждой позиции МРС [1].

Помимо этого, реализация вычислений координат воздушного судна на борту потребует постоянного контроля направления на истинный север. В условиях быстротечности изменений положения воздушного судна в пространстве это требует точной системы определения истинного севера. Поскольку с продолжительностью полета будут накапливаться ошибки определения, то возникнет дополнительная необходимость синхронизации «истинного севера», что существенно усложняет бортовое оборудование. Выходом из данной ситуации является определение координат воздушного судна на земле, что приведет к необходимости дополнительного канала передачи информации о координатах.

Дальномерная МРС, работающая по запросно-ответному принципу, не требует направленных антенн и, соответственно, синхронизации их вращения. Дальность действия

такой системы ограничивается прямой видимостью и мощностью запросного бортового передатчика воздушного судна. Дальномерный способ позволяет легко организовать расчеты координат на борту воздушного судна без применения дополнительных систем [1, 2].

В разностно-дальномерной системе для измерения разностей расстояний на поверхности Земли в точках с известными координатами устанавливаются несколько передающих станций, излучающих сигналы строго синхронно. Одна из станций является ведущей, а остальные – ведомыми. Ведущая станция синхронизирует работу ведомых станций, обеспечивая согласованные режимы работы по времени и частоте всех станций данной цепочки. На воздушном судне приемное устройство производит прием этих сигналов и измерение их относительного запаздывания. Таким образом, разностно-дальномерный способ определения координат, как и угломерный, не требует на борту воздушного судна передатчика – запросчика дальности, однако предполагает постоянную работу на излучение наземных передающих устройств [1, 2].

Суммарно-дальномерный способ реализован в многопозиционных системах активной радиолокации. Сигнал, излучаемый передатчиком МРС, отражается от воздушного судна и поступает на несколько приемников разнесенных в пространстве. Координаты воздушного судна определяются по времени и направлению прихода отраженного сигнала в антенну каждой приемной позиции МРС, что требует точной синхронизации их работы [2].

Из рассмотренных способов определения координат наиболее предпочтительным является дальномерный, который использует меньшее количество наземных позиций. При этом использование запросно-ответного принципа измерения дальности не требует постоянной работы наземных передающих систем на излучение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ярлыков, М. С. Авиационные радионавигационные устройства и системы / В. А. Болдин, Ф. С. Богачев ; под ред. М. С. Ярлыкова. – М. : ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1980. – 384 с.
2. Радионавигационные системы : учеб. пособие / под ред. А. В. Баженова. – Ставрополь : СВВАИУ (ВИ), 2007. – 202 с.
3. Кондрашов, Я. В. Структура бортового и наземного оборудования мобильной многопозиционной радиодальномерной системы посадки летательных аппаратов : сб. ст. / Я. В. Кондрашов, Т. С. Фиалкина // Научный вестник МГТУ ГА. – 2010. – № 108. – 113 с.

УДК 621.37

Т.В. Гулевич, В.И. Майчук

Белорусская государственная академия авиации

РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА СВЯЗНОГО АВИАЦИОННОГО РАДИОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

На данном этапе развития авиационной отрасли ведется активное внедрение современных компьютерных технологий для анализа физических процессов, происходящих в исследуемых устройствах авиационной электронной аппаратуры и измерения их параметров и характеристик, а также выявление степени влияния отказов элементов, исследуемого устройства на его параметры.

Разработка электронной модели амплитудного детектора связного авиационного радиоприемного устройства на базе операционных усилителей является достаточно актуальной темой, так как модель разработана на современной элементной базе. Разработка и анализ модели данного амплитудного детектора позволяет наглядно

проиллюстрировать его работу при изменении условий эксплуатации в штатном режиме или внештатных ситуациях (отказах элементов детектора), что позволяет на этапе производства указанного изделия определить наиболее жесткие требования к надежности определенных элементов детектора, которые наиболее влияют на параметры детектора.

Предварительно произведен расчет амплитудного детектора. В качестве исходных данных при расчете приняты параметры входного сигнала амплитудного детектора связного радиоприемного устройства командной радиостанции, применяемой в авиации.

Разработка и исследование данной модели амплитудного детектора произведена в среде программы Multisim 14.0. Данная программа широко используется в научных и образовательных кругах, поскольку она легка в освоении, имеет удобный пользовательский интерфейс, обладает высокой наглядностью и имеет все необходимые средства для проведения моделирования [1].

Разработанная модель амплитудного детектора связного авиационного радиоприемного устройства представлена на рисунке 1.

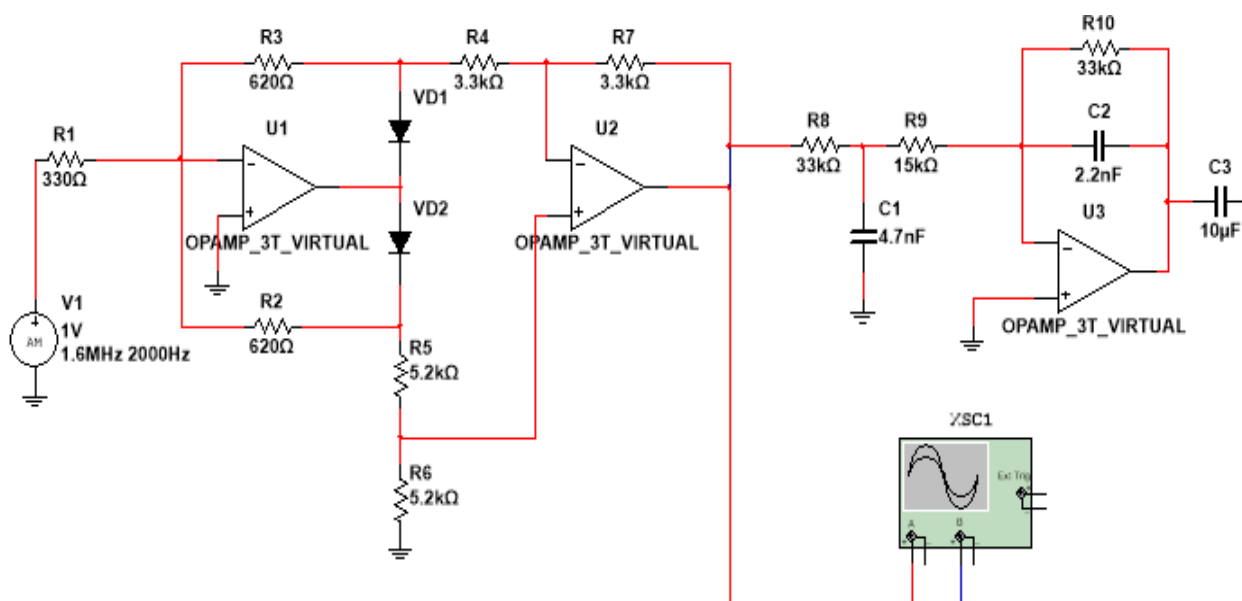


Рисунок 1 – Электронная модель детектора связного авиационного радиоприемного устройства

Произведено измерение основных параметров разработанной модели детектора. К основным параметрам амплитудного детектора можно отнести детекторную характеристику и коэффициент передачи [2].

Детекторная характеристика представляет собой зависимость приращения значения напряжения на нагрузке от амплитуды входного высокочастотного напряжения – рисунок 2. Детекторная характеристика должна быть линейной. Нелинейность детекторной характеристики приводит к появлению нелинейных искажений.

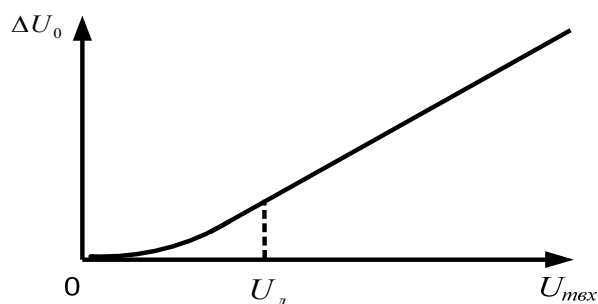


Рисунок 2 – Детекторная характеристика амплитудного детектора

Коэффициент передачи – это отношение амплитуды низкочастотного выходного напряжения U_{Ω} к амплитуде огибающей входного напряжения $U_{нес}$.

$$K_{Д} = \frac{U_{\Omega}}{mU_{нес}}, \quad (1)$$

где U_{Ω} – амплитуда выходного напряжения детектора; m – коэффициент модуляции; $U_{нес}$ – амплитуда несущей.

Как показали измерения – исследуемая модель амплитудного детектора обладает высоким коэффициентом передачи, в данном случае 3.184. Для амплитудных детекторов, выполненных на базе полупроводниковых диодов, коэффициент передачи составляет 0,3–0,4. Такое высокое значение коэффициента передачи объясняется применением отрицательной обратной связи в исследуемом амплитудном детекторе и позволяет детектировать сигналы малой мощности благодаря эффективности применения операционных усилителей.

Произведено измерение и построение детекторной характеристики в номинальном режиме работы, когда значения элементов амплитудного детектора соответствуют рассчитанным значениям – рисунок 3.

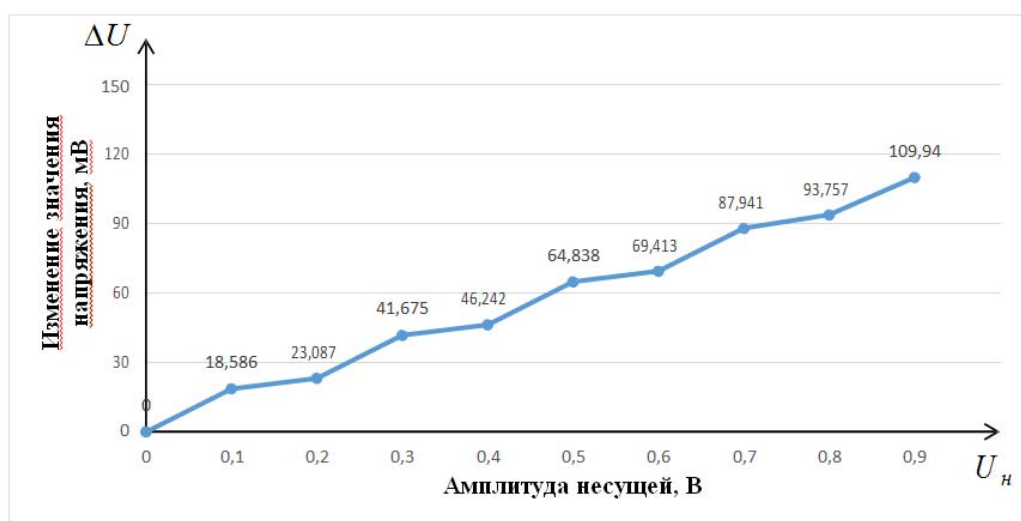


Рисунок 3 – Детекторная характеристика модели амплитудного детектора на базе операционных усилителей в номинальном режиме работы

Проведено исследование работоспособности модели амплитудного детектора при отказах элементов модели и изменении величины их номинальных значений. На рисунке 4 изображено семейство детекторных характеристик при изменении величины входного сопротивления амплитудного детектора (величины номинала резистора $R1$)

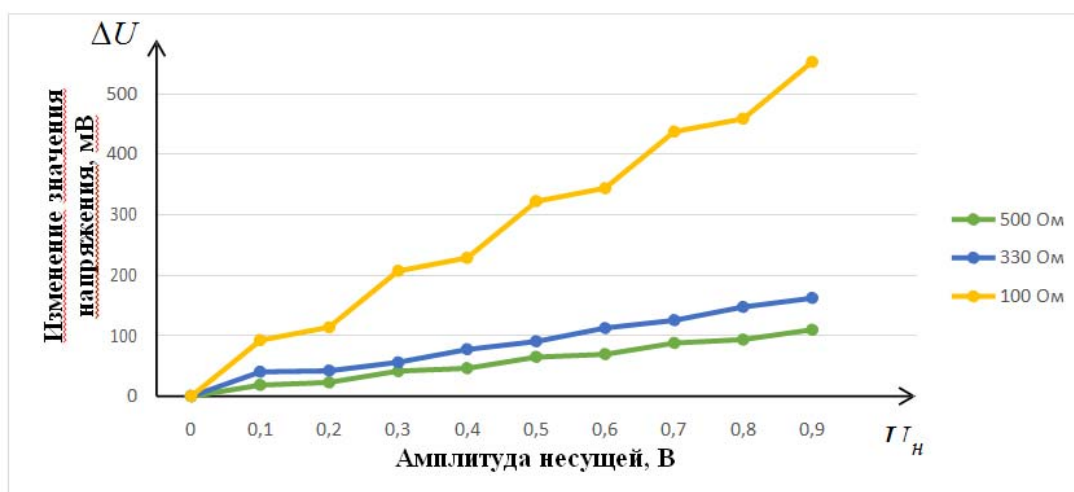


Рисунок 4 – Семейство детекторных характеристик при изменении номинала резистора $R1$

Как видно из рисунка 4, при увеличении входного сопротивления амплитудного детектора крутизна детекторной характеристики уменьшается, что эквивалентно уменьшению коэффициента передачи амплитудного детектора, при уменьшении входного сопротивления амплитудного детектора крутизна детекторной характеристики увеличивается. Это приводит к значительному увеличению нелинейности детекторной характеристики, что эквивалентно увеличению искажений преобразования полезного сигнала в детекторе.

В ходе исследования установлено, что модель амплитудного детектора на базе операционных усилителей достаточно устойчива к внештатным ситуациям при отказе элементов схемы, что обеспечивает работоспособность указанной радиостанции для обеспечения безопасности полетов воздушных судов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Резников, Б. Л. Программный комплекс Multisim 14.0 в учебном процессе / Б. Л. Резников. – М. : МГТУ ГА, 2010. – 84 с.
2. Радиоприемные устройства в системах радиосвязи [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bsaalib.avia.loc/files/original/3ccfe88cbe3b2d669cf25f5263f27dca.pdf>. – Дата доступа: 11.11.2021.

УДК 621.397

И.М. Денисов, Р.А. Гуцев

Военная академия Республики Беларусь

СТАТИСТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО АДАПТИВНОГО УСТРОЙСТВА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ОБ ОБНАРУЖЕНИИ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА СРЕДНЕГО РИСКА ДЛЯ ОПТИКО- ЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ТИПА

Проведенный обзор открытых научных публикаций выявил, что использование в устройстве принятия решения (УПР) правила формирования порога в соответствии с общим байесовским критерием статистической оптимизации критерием минимума среднего риска (МСР) позволяет снизить потери в пороговом сигнале, а значит и увеличить дальность действия оптико-локационных систем (ОЛС), в том числе и тепловизионного типа (ТПВ).

Переход к синтезу оптимального устройства принятия решения об обнаружении на основе критерия минимума среднего риска, как правило, основан на наличие адекватной статистической математической модели принятого сигнала в ОЛС. Кроме этого, для синтеза УПР полагается, что сигналы в различных пространственных элементах разрешения (пикселях) изображения матричного приемника излучения (МПИ) являются статистически независимыми случайными величинами, а вокруг изображения цели фон стационарен.

Анализ литературы [1, 2, 3] показал, что теоретическое обоснование алгоритма формирования адаптивного порога обнаружения Z_* по критерию МСР связано с необходимостью минимизации среднего риска принятия ошибочных решений для каждого элемента разрешения пространства наблюдения. Таким образом, для нахождения оптимального порога по критерию минимума среднего риска необходимо решить уравнение (1) относительно Z_* .

$$l_0 \cdot p_0(Z_*) = p_1(Z_*) \quad (1)$$

Примем, что $p_0(Z)$ – есть плотность вероятности аддитивной смеси сигнала от фона и внутреннего шума МПИ ОЛС ТПВ, а $p_1(Z)$ – плотность вероятности аддитивной смеси сигнала от цели и внутреннего шума МПИ. Предположим, что $p_0(Z)$ и $p_1(Z)$ имеют гауссовский вид распределения и являются предпороговыми статистиками с точно известными параметрами:

$$p_0(Z) = \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(Z - m_0)^2}{2\sigma_0^2}\right), \quad p_1(Z) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(Z - m_1)^2}{2\sigma_1^2}\right), \quad (2)$$

где m_0, m_1 – математическое ожидание (МО) яркости сигнала от фона, цели и внутреннего шума МПИ соответственно;

σ_0, σ_1 – среднеквадратическое отклонение (СКО) средней яркости сигнала от фона, цели и внутреннего шума МПИ соответственно.

Подставим выражение (2) в выражение (1), получим:

$$l_0 \frac{1}{\sigma_0 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(Z_* - m_0)^2}{2\sigma_0^2}\right) = \frac{1}{\sigma_1 \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(Z_* - m_1)^2}{2\sigma_1^2}\right). \quad (3)$$

Приведем подобные в левой и правой части выражения (3), получим:

$$l_0 \frac{\sigma_1}{\sigma_0} = \exp\left(-\frac{(Z_* - m_1)^2}{2\sigma_1^2}\right) / \exp\left(-\frac{(Z_* - m_0)^2}{2\sigma_0^2}\right). \quad (4)$$

Раскроем квадраты в экспонентах и приведем подобные выражения (4):

$$l_0 \frac{\sigma_1}{\sigma_0} = \exp\left(\frac{Z_*^2(\sigma_1^2 - \sigma_0^2) + 2Z_*(m_1\sigma_0^2 - m_0\sigma_1^2) + m_0^2\sigma_1^2 - m_1^2\sigma_0^2}{2\sigma_1^2\sigma_0^2}\right). \quad (5)$$

Прологарифмируем правую и левую часть выражения (5):

$$\ln\left(l_0 \frac{\sigma_1}{\sigma_0}\right) = \frac{Z_*^2(\sigma_1^2 - \sigma_0^2) + 2Z_*(m_1\sigma_0^2 - m_0\sigma_1^2) + m_0^2\sigma_1^2 - m_1^2\sigma_0^2}{2\sigma_1^2\sigma_0^2}. \quad (6)$$

Сведем выражение (6) к квадратному уравнению:

$$Z_*^2(\sigma_1^2 - \sigma_0^2) + 2Z_*(m_1\sigma_0^2 - m_0\sigma_1^2) + m_0^2\sigma_1^2 - m_1^2\sigma_0^2 - 2\sigma_1^2\sigma_0^2 \ln\left(l_0 \frac{\sigma_1}{\sigma_0}\right) = 0. \quad (7)$$

Для упрощения решения уравнения (7) обозначим коэффициенты:

$$a = \sigma_1^2 - \sigma_0^2, \quad b = 2(m_1\sigma_0^2 - m_0\sigma_1^2), \quad c = m_0^2\sigma_1^2 - m_1^2\sigma_0^2 - 2\sigma_1^2\sigma_0^2 \ln\left(l_0 \frac{\sigma_1}{\sigma_0}\right).$$

Найдем дискриминант уравнения (7):

$$D = b^2 - 4ac = 4(m_1\sigma_0^2 - m_0\sigma_1^2)^2 - 4(\sigma_1^2 - \sigma_0^2) \left(m_0^2\sigma_1^2 - m_1^2\sigma_0^2 - 2\sigma_1^2\sigma_0^2 \ln\left(l_0 \frac{\sigma_1}{\sigma_0}\right) \right).$$

В результате решения (7) находим корни уравнения:

$$Z_* = \frac{-b \pm \sqrt{D}}{2a} = \begin{cases} \left(m_0\sigma_1^2 - m_1\sigma_0^2 + \sigma_0\sigma_1 \left(2 \ln\left(l_0 \frac{\sigma_1}{\sigma_0} \right) (\sigma_1^2 - \sigma_0^2) + (m_1 - m_0)^2 \right)^{1/2} \right) (\sigma_1^2 - \sigma_0^2)^{-1}; \\ \left(m_0\sigma_1^2 - m_1\sigma_0^2 - \sigma_0\sigma_1 \left(2 \ln\left(l_0 \frac{\sigma_1}{\sigma_0} \right) (\sigma_1^2 - \sigma_0^2) + (m_1 - m_0)^2 \right)^{1/2} \right) (\sigma_1^2 - \sigma_0^2)^{-1}. \end{cases} \quad (8)$$

Решение уравнения (7) приводит к системе выражений (8), которые характеризуются универсальностью, поскольку позволяют учесть различные варианты контрастной ситуации за счет изменения значений яркости не только фона (m_0, σ_0), но и цели (m_1, σ_1). При этом оценивая параметры предпороговой статистики ($m_0, \sigma_0, m_1, \sigma_1$) можно адаптироваться к положительному и отрицательному контрасту цели.

Для реализации разработанного порога обнаружения (8) было использовано известное правило сравнения отношения правдоподобия $\Lambda(Z)$ с порогом Z_* (9) и структура УПР со «скользящим окном» по элементам разрешения МПИ ОЛС ТПВ [3].

$$\begin{aligned} \text{если } \Lambda(Z) > Z_* &\Rightarrow \text{решение о наличии цели } A_1; \\ \text{если } \Lambda(Z) \leq Z_* &\Rightarrow \text{решение об отсутствии цели } A_0. \end{aligned} \quad (9)$$

Синтезированное УПР представлено на рисунке 1. От известных устройств такого рода оно отличается применением алгоритма (8) с учетом использования блоков для оценок МО и СКО не только фона, но и цели. При этом оценки параметров фона и цели удобно получать методом максимального правдоподобия по классифицированной выборке в «скользящем окне».

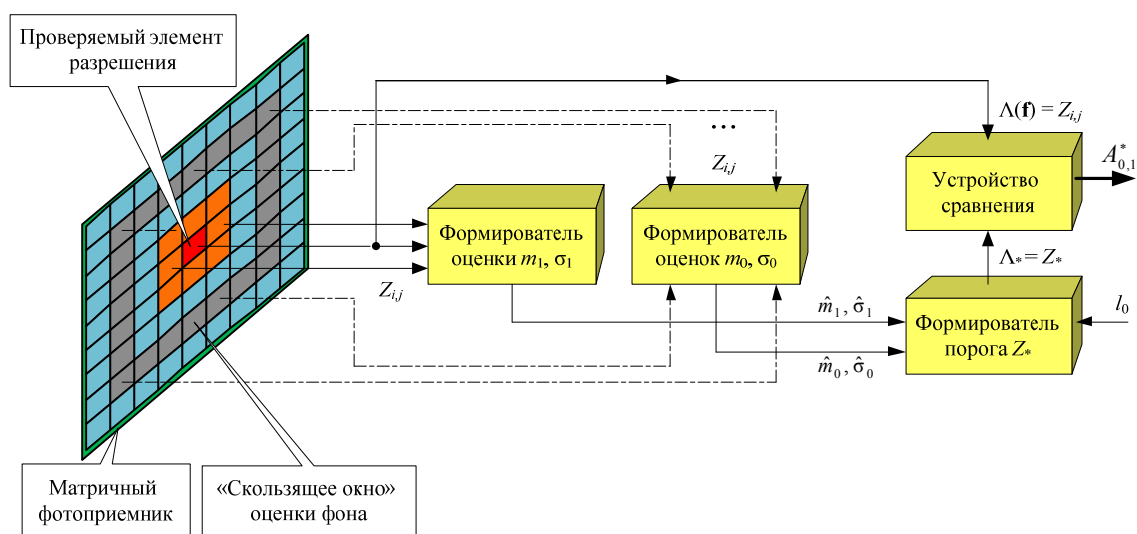


Рисунок 1 – Структура адаптивного устройства принятия решения об обнаружении в ОЛС ТПВ

Таким образом, в работе представлен алгоритм и структура устройства формирования оптимального порога для автоматического устройства принятия решения об обнаружении воздушных целей в оптико-локационных системах тепловизионного типа, являющиеся адаптивными к изменяющейся контрастности цели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Седышев, С. Ю. Оптимизация принятия решения по критерию минимума среднего риска / С. Ю. Седышев // Прикладная радиоэлектроника. – 2005. – Т. 4, № 4. – С. 394–400.
2. Седышев, С. Ю. Оптимизация обработки сигнала по критерию минимума среднего риска / С. Ю. Седышев, А. А. Дечко // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2006. – № 4. – С. 25–35.
3. Габец, С. А. Оптимальное по критерию минимума среднего риска адаптивное устройство принятия решения, учитывающее корреляционные свойства отраженного сигнала / С. А. Габец, С. Ю. Седышев, Р. А. Гуцев // Доклады БГУИР. – 2017. – № 5 (107). – С. 32–39.
4. Гуцев, Р. А. Адаптивный алгоритм принятия решения об обнаружении для оптико-локационных систем / Р. А. Гуцев, С. Ю. Седышев // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2010. – № 4. – С. 84–89.

УДК 621.396

С.А. Дмитриев, А.В. Милохин, Н.С. Дмитриев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ НА КАЧЕСТВО РАДИОСВЯЗИ В ДЕКАМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ

Дальнее распространение радиоволн декаметрового диапазона, коротких волн или электромагнитных волн ДКМВ происходит за счет отражения от ионосферы. Земной волной эти волны способны распространяться на расстояние, не превышающее десятков километров. Тем не менее радиоволны ДКМВ диапазона нашли самое широкое применение при организации дальней радиосвязи между пунктами наземного и воздушного базирования. При этом используются радиостанции малой и большой мощности [1].

Радиоволны декаметрового диапазона распространяются на большие расстояние пространственной радиоволной путем отражения от ионосферы и поверхности Земли. Такой способ распространения называется скачковым. Расстояние по поверхности Земли от передатчика до точки прихода отраженного сигнала при однократном отражении от ионосферы называется расстоянием скачка. Расстояние скачка зависит от высоты отражающего слоя, рабочей частоты и диаграммы направленности в вертикальной плоскости и меняется в зависимости от времени года и активности солнца.

Если передача осуществляется с помощью узконаправленной антенны в вертикальной плоскости, то между передатчиком и точкой прихода отраженного от ионосферы луча наблюдается зона молчания. Зона молчания КВ радиоволн называют кольцевую область, осуществляющую на некотором расстоянии от передающей станции, в пределах которой невозможен прием радиоволн. Появление зоны молчания объясняется тем, что земная волна затухает и не достигает этой области, а для ионосферных волн, падающих под малыми углами на ионосферу, не выполняются условия отражения. Минимальное расстояние скачка для заданной частоты определяет внешний радиус зоны молчания. Внутренний радиус зоны молчания определяется условием распространения и приема поверхностной радиоволны [2].

При рабочей частоте, близкой к критической и угле падения, близком к нормали, зона молчания может отсутствовать. Зона молчания может быть сведена к минимуму при соответствующем выборе диаграммы направленности и рабочей частоты. Чем больше

рабочая частота, тем шире зона молчания. Поэтому, чтобы уменьшить зону молчания, следует применять по возможности более низкую частоту.

В ночное время из-за отсутствия поглощения в нижних слоях атмосферы напряженность поля на приемной стороне радиолинии возрастает. Однако одновременно возрастает и уровень как промышленных, атмосферных помех, так и помех от передатчиков других радиостанций. Воздействие помех существенно затрудняет радиосвязь.

Пространственные радиоволны при нахождении на значительные расстояния в широтном направлении распространяются, как правило, в неоднородной по степени ионизации среде, так как одна часть пути может проходить через освещенную часть земного шара, а другая находится в тени. Радиосвязь особенно неустойчива, когда на данной радиотрассе проходит зона сумерек. В этом случае для обеспечения надежной радиосвязи приходится применять несколько рабочих частот или вести радиосвязь через дополнительные пункты управления, разнесенные территориально [3].

Особенностью решения этой задачи является то, что далеко не везде в приполярных широтах имеются современные линии проводной связи. В этих условиях целесообразным является использование различных видов радиосвязи. Применение спутниковых средств ограничено тем, что для геостационарных ретрансляторов в этих широтах требуемая мощность передатчика чрезмерно высока, отсутствует прямая видимость со спутниками на геостационарной орбите, а ретрансляторы на эллиптических орбитах имеют ограниченный ресурс. Радиорелейные и тропосферные средства требуют применения большого количества ретрансляторов. Декаметровая связь позволяет организовать радиосвязь из неподготовленных в отношении связи районов на практически неограниченное расстояние, но пропускная способность декаметровых радиолиний весьма ограничена. В соответствии с вышеизложенным перспективным направлением развития сети связи в Арктической зоне Российской Федерации является комплексное применение всех видов радиосвязи, в том числе и коротковолновой (декаметровой) радиосвязи. Среди особенностей распространения декаметровых радиоволн в этих широтах можно выделить наличие более выраженного проявления ионосферных возмущений, наличие явления поглощения полярной шапки, наличие поглощения в зоне полярных сияний, наличие ионосферных бурь.

Декаметровая радиосвязь является важной составляющей общей системы связи, обеспечивающей боевые действия авиации. Особую важность использования ДКМВ радиосвязи в Арктической зоне определяет необходимость передачи разнородной информации на значительные расстояния, как правило, более 600–800 км. С учетом жесткого ограничения на возможность применения ретрансляционных пунктов в других диапазонах рабочих частот в условиях Севера и определенную уязвимость спутниковой системы связи, роль ДКМВ радиосвязи с ее высокой мобильностью, небольшим расходом сил и средств при организации радиосетей и радионаправлений значительно повышается. При этом следует отметить и серьезные проблемы в работе систем ДКМВ диапазона в условиях северных широт из-за неустойчивого состояния ионосферы с высоким уровнем возмущений. Это ведет к повышению мощности передающих устройств и, как следствие, к дополнительным проблемам в вопросах электромагнитной совместимости.

Для построения системы ДКМВ радиосвязи Арктической зоны предлагается использовать ВРП, расположенные в умеренных широтах (в пределах 52–56° с.ш.).

Использование ДКМВ диапазона в условиях северных широт из-за неустойчивого состояния ионосферы приводит к серьезным проблемам из-за высокого уровня возмущений. Это приводит к необходимости повышения мощности передающих устройств или использования ретрансляционных пунктов в умеренных широтах и, как следствие, к дополнительным проблемам в вопросах электромагнитной совместимости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Березовский, В. А. Современная декаметровая радиосвязь / В. А. Березовский, И. В. Дулькейт, О. К. Савицкий. – М. : Радиотехника, 2011. – 441 с.
2. Головин, О. В. Системы и устройства коротковолновой радиосвязи / О. В. Головин, С. П. Простов ; под ред. профессора О. В. Головина. – М. : Горячая линия – Телеком, 1996. – 480 с.
3. Забавников, В. Н. Работа на средствах связи. Работа радиостанции Р-161-А2М в различных режимах / В. Н. Забавников, С. Р. Каберов, С. А. Дмитриев. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 144 с.

УДК 621.39

Е.Н. Зувев

*Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт
Вооруженных Сил Республики Беларусь»*

ПОСТАНОВКА И СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СЕТЕЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Задача оптимального размещения базовых станций является разновидностью NP -сложных задач комбинаторной оптимизации. В общем виде цель постановки задачи состоит в размещении определенного количества устройств обслуживания, которые предоставляют услуги определенного качества некоторому множеству клиентов при минимальной стоимости суммарных затрат. На современном этапе развития методов оптимизации не известны алгоритмы, обеспечивающие точное решение таких задач за полиномиальное время, равно как и не доказано, что они в принципе не существуют [1].

Способы, используемые для повышения оперативности при решении задач класса NP , можно разбить на две общие категории. К первой категории относятся подходы, в которых делается попытка максимального сокращения объема перебора, хотя при этом и признается неизбежность экспоненциального времени работы. К наиболее широко используемым приемам сокращения перебора относятся методы отсечения Гомори, ветвей и границ, «неявного» перебора [2], Лагранжа [3]. Ко второй категории относятся подходы, основанные на приеме, который можно назвать «снижение требований». Он заключается в отказе от поиска оптимального (точного) решения и нахождении вместо этого рационального (близкого к точному) решения за приемлемое время. Данный прием является эмпирико-эвристическим, поскольку он не является гарантированно точным. Однако он достаточен для повышения оперативности решения поставленной задачи в тех случаях, когда оно не может быть найдено за приемлемое время. Применение эвристических алгоритмов позволяет найти компромисс между точностью решения и временем, затраченным на его поиск.

Одним из наиболее эффективных алгоритмов, позволяющих быстро найти рациональное решение, является алгоритм роевого интеллекта [4] и его различные модификации [5], обладающие следующими положительными свойствами [6]:

гибкостью, поскольку могут быть применены для похожих разновидностей одной и той же задачи;

пригодны для параллельных вычислений в многопроцессорных системах.

В последние годы для решения задач класса NP применяют такие способы, как табу-поиск, имитация отжига, генетические алгоритмы [7]. Кроме того, благодаря развитию информационных технологий появилась возможность решать задачи большой размерности с использованием вычислительных средств.

В монографии [8] предложено решение задачи размещения базовых станций на основе процедуры Дэвиса – Патнема. Однако результаты вычислительных экспериментов,

подтверждающие возможность и перспективность применения данной процедуры, в [8] не приведены. В [6] автор модифицировал постановку задачи оптимального размещения базовых станций [8] введением дополнительного коэффициента, учитывающего расстояние от базовой станции до клиента, и провел соответствующие вычислительные эксперименты. Таким образом, формулировка, представленная в [8], была расширена с учетом канальной модели распространения для местности трех типов. В [9] рекомендовано для определения потерь при распространении сигнала учитывать как колебания относительно среднего уровня (медленные замирания), так и колебания относительно уровня сигнала, подверженного медленным замираниям (быстрые замирания). Отмечено, что необходим дополнительный запас уровня мощности сигнала на входе приемной антенны абонентского терминала, который определяется стандартными отклонениями сигнала по месту и времени, что напрямую влияет на надежность связи. Однако в [6] и [8] указанные характеристики потерь при распространении, несмотря на их важность, не учитываются, предлагается самостоятельно классифицировать тип местности и учесть в расчетах. Не учтены такие важные параметры, как: потери при распространении (включая затенение), изменение задержки при многолучевости, характеристика затухания, эффект Доплера, внутриканальная и межканальная интерференция. В свою очередь, вышеприведенные параметры модели распространения сигналов зависят от местности, плотности деревьев, высоты антенны, скорости ветра, времени года.

Вследствие этого, учет всех факторов, влияющих на распространение радиоволн, является трудоемкой задачей. Поэтому для планирования СПРС зачастую применяют технологии геоинформационных систем, использующих представление информации в виде цифровых моделей местности (ЦММ). Применение ЦММ призвано улучшить качество прогноза, от которого, в свою очередь, зависит качество предоставляемой связи.

Осуществим постановку задачи оптимального размещения ретрансляторов (базовых станций) при создании сетей подвижной радиосвязи специального назначения, исходные данные которой будут учитывать отдельные параметры распространения сигналов, в частности величину напряженности электромагнитного поля для выбранных мест приема, рассчитанную с помощью ЦММ.

Постановка задачи. На заданной территории необходимо достичь минимизации количества размещаемых ретрансляторов (базовых приемо-передающих станций) при подключении к ним абонентов с обеспечением максимально возможного уровня сигнала. Другими словами, решение задачи должно соответствовать одновременно критериям достижения минимальной стоимости (опосредованно через количество ретрансляторов) и обеспечения максимального уровня напряженности электромагнитного поля.

Формализация задачи.

Пусть имеется M мест-кандидатов на размещение станций с известными координатами, N станций, K клиентов. Для каждой станции известно ограничение на суммарную ширину канала всех подключенных к станции клиентов (производительность) B_n . Задан максимальный потребляемый k -м клиентом трафик b_k . Напряженность электрического поля E_{mk} на месте k -го клиента от базовой станции, размещенной на m -м месте-кандидате, рассчитана на основе ЦММ с помощью одной из известных методик, например [10] или [11]. Если E_{mk} ниже уровня сигнала $E_{тр}$, необходимого для наличия устойчивой связи между клиентом и базовой станцией, то примем $E_{mk}=0$. Требуется минимизировать количество станций из N , размещаемых на местах-кандидатах M для K клиентов, максимизируя при этом суммарную напряженность электромагнитного поля E_{mk} .

Введем булевы переменные:

$$X_{mn} = \begin{cases} 1, & \text{если } n\text{-я станция размещена на } m\text{-м месте;} \\ 0, & \text{в противном случае;} \end{cases}$$

$$Y_{km} = \begin{cases} 1, & \text{если } k\text{-й клиент подключен к станции, размещенной на } m\text{-м месте;} \\ 0, & \text{в противном случае.} \end{cases}$$

Ограничения задачи:

1. Каждый клиент должен быть подключен только к станции на одном месте-кандидате:

$$\sum_{m=1}^M Y_{km} = 1 \quad \forall k = \overline{1, K}. \quad (1)$$

2. На каждом из мест-кандидатов может быть размещено не более одной станции:

$$\sum_{n=1}^N X_{mn} \leq 1 \quad \forall m = \overline{1, M}. \quad (2)$$

3. Суммарный трафик всех клиентов, подключенных к станции, размещенной на m -м месте, не должен превышать производительность станции:

$$\sum_{k=1}^K b_k Y_{km} \leq B \quad \forall m = \overline{1, M}. \quad (3)$$

4. На месте-кандидате, к которому подключен клиент, должна быть размещена станция:

$$\sum_{m=1}^M Y_{km} \left(\sum_{n=1}^N X_{mn} \right) = 1 \quad \forall k = \overline{1, K}. \quad (4)$$

Функция, выражающая суммарную напряженность электромагнитного поля, должна быть максимальна:

$$\Phi(X, Y) = \sum_{k=1}^K \sum_{m=1}^M \sum_{n=1}^N E_{mk} Y_{km} X_{mn} \rightarrow \max. \quad (5)$$

Кроме того, исходя из постановки задачи, количество станций на местах-кандидатах должно быть минимально, то есть $N \rightarrow \min$.

Результаты вычислительных экспериментов [6] подтверждают нецелесообразность использования точных методов для решения задачи размещения в подобной постановке, а использование метода полного перебора приемлемо только при решении задач малой размерности.

Учитывая большую размерность исходных данных, жесткое ограничение временных и вычислительных ресурсов при планировании применения СПРС специального назначения, оперативное решение рассмотренной задачи оптимального размещения ретрансляторов целесообразно получать с применением эвристических методов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Neebe, A. W. An algorithm for the fixed-charge assigning users to sources problem / A. W. Neebe, M. R. Rao / Journal of the Operational Research Society. – 1986. – № 34. – P. 1107–1113.
2. Береснев, В. Л. Алгоритм неявного перебора для задачи типа размещения и стандартизации / В. Л. Береснев // Управляемые системы. Новосибирск, Институт математики Сиб. отд. АН СССР. – 2018. – Вып. 12. – С. 24–34.
3. Barcelo, J. A heuristic Lagrangean algorithm for the capacitated plant location problem / J. Barcelo, J. Casanovas / European Journal of Operational Research. – 1983. – № 15. – P. 212–226.
4. Dorigo, M. Optimization, learning and natural algorithms (in italian) / M. Dorigo / Ph. D. dissertation, Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano. – Italy, 1992. – P. 140.
5. Stutzle, T. MAX-MTN Ant System / T. Stutzle, H. H. Hoos / Future Generation Computer Systems. – Vol. 16, № 8. – 2000. – P. 889–914.

6. Ермолаев, С. Ю. Разработка алгоритмов размещения базовых станций на основе методов оптимизации для сетей беспроводного доступа / С. Ю. Ермолаев. – Самара, 2010. – 164 с.
7. Arostegui, M. A., Jr. An empirical comparison of tabu search, simulated annealing, and genetic algorithms for facilities location problems / M. A., Jr. Arostegui, S. N. Kadipasaoglu, B. M. Khumawala / International Journal of Production Economics. – 2006. – № 103. – P. 742–754.
8. Широкополосные беспроводные сети передачи информации / В. М. Вишневецкий [и др.]. – М. : Техносфера, 2005. – 456 с.
9. Управление радиочастотным спектром и электромагнитная совместимость радиосистем : учеб. пособие / А. Л. Бузов [и др.]. ; под ред. д.т.н., проф. М. А. Быховского. – М. : Эко-Трендз, 2006. – 376 с.
10. ITU-R Recommendation P. 1546–5. Method for point-to-area predictions for terrestrial services in the frequency range 30 MHz to 3 000 MHz.
11. ITU-R Recommendation P.1812–4. A path-specific propagation prediction method for point-to-area terrestrial services in the VHF and UHF bands.

УДК 621.377.512.32

В.О. Исаев, А.А. Сутько, П.В. Бойкачев

Учреждение образования Военная академия Республики Беларусь

ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ВХОДНЫЕ И ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ БЛА

Двадцать первый век характеризуется стремительным развитием и совершенствованием вычислительной техники, аппаратуры различного назначения и функциональных устройств обмена цифровой информации. Это связано с широким развитием таких сфер применения радиоэлектроники, как космическая, беспилотная авиация, спутниковая, персональная и сотовая связь, телекоммуникации, гигабитные системы передачи данных и т. д. С другой стороны, необходимость создания новых радиоэлектронных устройств стимулируется достаточно противоречивыми требованиями к радиоэлектронным системам: с одной стороны миниатюризацией устройств приемо-передающего тракта, а с другой - увеличением скорости, объемов, а также появлением новых стандартов передачи информации.

Влияние технологического прогресса не обошло стороной и авиацию, а обозначенные выше тенденции дают существенный толчок для развития беспилотной авиации с технической точки зрения. Ввиду большого спроса на компактные летательные аппараты появляется потребность создания универсальных беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Разработка многоцелевых БЛА требует внедрения цифровых технологий и стабильной работы приемо-передающего тракта радиоканала управления, подверженных влиянию широкого диапазона условий эксплуатации и значительной изменчивостью характеристик под влиянием воздействующих факторов (температурных режимов).

Современный боевой БЛА представляет собой сложную систему, в состав которой в зависимости от решаемых задач входят подсистемы управления, навигации, разведки и др. Данные подсистемы, являясь потребителями или источниками информации, имеют в своем составе антенные устройства (АУ): обеспечивающие управление БЛА (радиоканал управления – штыревая антенна) и осуществляющие обмен видеоданными с оператором (видеоканал – патч-антенна). В свою очередь, характеристики АУ (входное сопротивление) сильно зависят от внешних температурных факторов [1]. Такое изменение импеданса АУ, при проведении полетов до 3000 м, приводят к потерям мощности передаваемого или принимаемого сигнала из-за чего, нередко, имеют место ситуации, при которых они не способны обеспечить потребителя устойчивой связью с пунктом управления. Таким образом, возникает необходимость в анализе влияния температуры на

характеристики АУ установленных на борту БЛА при отсутствии согласующего устройства (СУ).

В качестве примера рассмотрим штыревую антенну, с рабочей частотой 433 МГц и патч-антенну, работающую на частоте 963 МГц, которые установлены на борту БЛА.

На рисунках 1 и 2 представлены зависимости коэффициентов стоячих волн (КСВ) и коэффициентов передачи по мощности (КПМ) рассматриваемых антенных модулей при различных температурных режимах работы.

Проанализировав полученные зависимости (рис. 1, 2), можно сделать вывод о том, что при изменении температуры происходит смещение не только рабочего диапазона частот, но и уровня КСВ, что, в свою очередь, приводит к уменьшению КПМ на 5...15%.

Такое изменение уровня КПМ приводит к уменьшению дальности радиосвязи на 3...8 %, что составляет 90...240 м устойчивой радиосвязи в зоне прямой видимости при $R_{\max} = 3000$ м.

Анализ представленных результатов позволяет сделать вывод о том, что изменение температурного режима работы приводит к изменению характеристик АУ во всем рабочем диапазоне частот, а на определенных частотах изменения весьма значительны. Отсутствие согласующей цепи в АУ приводит к падению уровня КПМ и, соответственно, уменьшению дальности радиосвязи и большему энергопотреблению.

На текущий момент, для решения данной проблемы предлагается представлять сложные импедансные нагрузки не в виде схемных реализаций, а в аналитической математической форме [2]. Данный метод позволяет не только анализировать любые изменения импеданса нагрузки в зависимости от условий эксплуатации, но и применять различные методы и способы широкополосного согласования, где наиболее предпочтительными являются адаптивные согласующие устройства, позволяющие, за счет перестройки параметров СУ, обеспечить максимальный уровень передачи мощности при изменении условий эксплуатации согласуемого устройства.

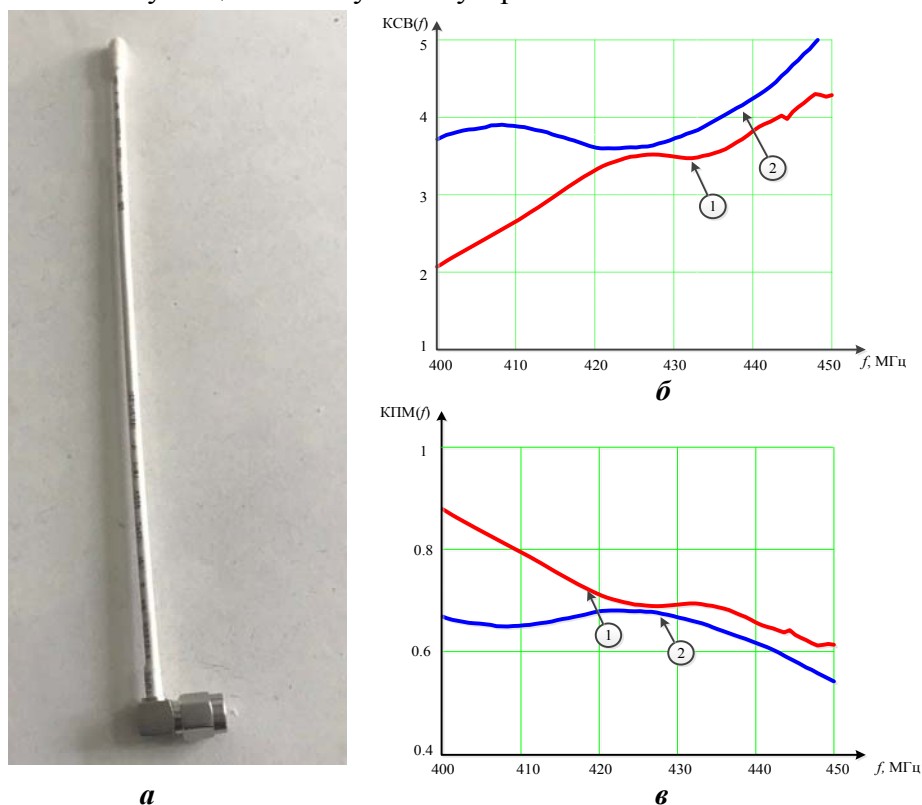


Рисунок 1 – Штыревая антенна канала управления БЛА:

- а) внешний вид АУ; б) КСВ: 1 – без обледенения АУ; 2 – в условиях обледенения АУ;
 в) КПМ: 1 – без обледенения АУ; 2 – в условиях обледенения АУ

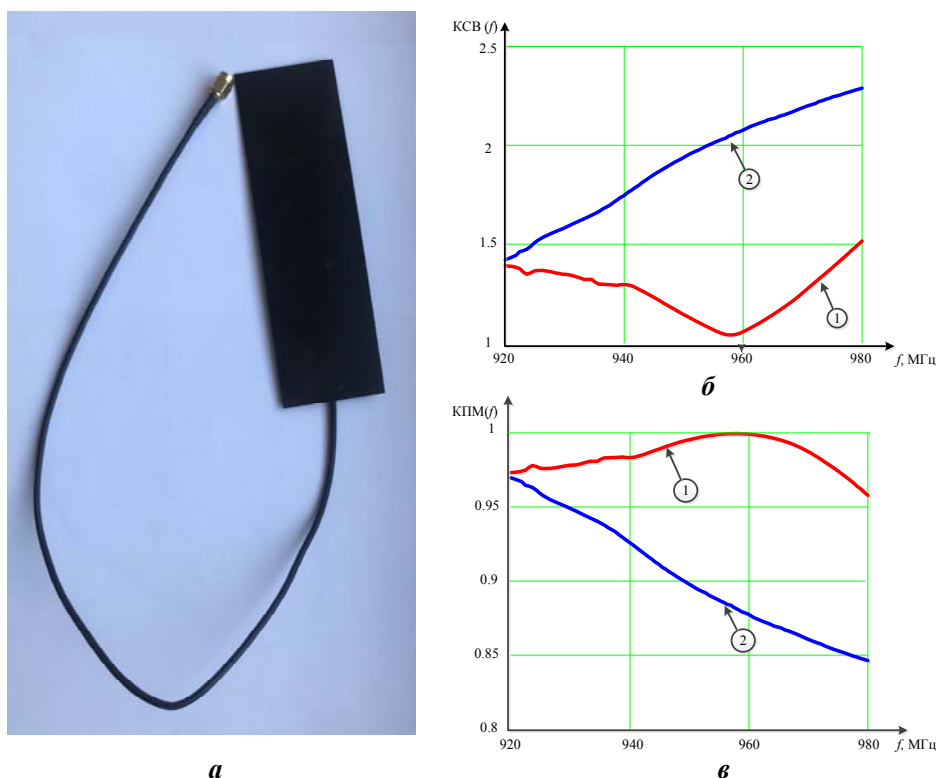


Рисунок 2 – Патч-антенна видеоканала БЛА:

- а) внешний вид АУ; б) КСВ: 1 – без обледенения АУ; 2 – в условиях обледенения АУ; в) КПМ: 1 – без обледенения АУ; 2 – в условиях обледенения АУ

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Исаев, В. О. Влияние температурного режима на характеристики мобильных антенных устройств / В. О. Исаев, И. А. Дубовик // XIV Машеровские чтения : материалы междунар. науч.-практ. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых, Витебск: ВГУ имени П. М. Машерова, 2020. – Казахстан, 2020. – С. 31–33.
- Математическая модель радиотехнических устройств / В. О. Исаев [и др.] // Endless Light in Science : II Международная научно-практическая конференция, г. Нур-Султан, Казахстан, 2020. – Казахстан, 2020. – С. 27–33.

УДК 621.396.96

В.А. Красковский, В.П. Тузлуков

Белорусская государственная академия авиации

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ

В настоящей работе рассматривается возможность создания имитационной модели радиолокационной станции (РЛС) воздушных объектов. От выбора радиолокационного сигнала зависит такой параметр РЛС как разрешающая способность. Актуальность данной работы заключается в том, что при выборе типа зондирующего сигнала можно столкнуться с рядом противоречий, которые обусловлены тем, что на данный момент не существует какого-то определенного зондирующего, который удовлетворил бы всем

требованиям, предъявляемым к системам автоматического сопровождения воздушных объектов.

Так, разрешающая способность РЛС по дальности в общем виде определяется следующим выражением:

$$\Delta_D = \frac{c}{2\Delta f}, \quad (1)$$

где c – скорость распространения радиоволны в вакууме; τ_u – длительность зондирующего импульса; Δf – ширина спектра зондирующего импульса.

Разрешающая способность РЛС по скорости в общем виде определяется следующим выражением:

$$\Delta_{V_r} = \frac{\lambda \Delta f}{2}. \quad (2)$$

где λ – длина волны зондирующего импульса; τ_u – длительность зондирующего импульса; Δf – ширина спектра зондирующего импульса [1].

Таким образом, видим, что разрешающая способность по дальности и скорости зависит от ширины спектра.

В случае использования в качестве зондирующего сигнала простейшего радиоимпульса получим, уменьшение длительности импульса τ_u ведет к увеличению разрешающей способности по дальности, однако при этом снижается разрешающая способность по частоте (радиальной скорости) и наоборот. Таким образом, для рассматриваемого сигнала невозможно одновременное повышение разрешающей способности по обеим координатам.

Для устранения данного противоречия в качестве зондирующих сигналов могут использоваться широкополосные сигналы. К таким сигналам относятся когерентные последовательности радиоимпульсов, импульсы с внутриимпульсной модуляцией (частотной, фазовой).

Так, для когерентной пачки радиоимпульсов разрешающая способность по дальности зависит от длительности одного импульса в пачке, а разрешающая способность по скорости зависит от количества импульсов в пачке и периода их повторения

$$\Delta_{V_r} = \frac{\lambda}{2} \frac{1,2}{M \cdot T} = 0,6 \frac{\lambda}{M \cdot T}. \quad (3)$$

где M – количество импульсов в пачке; T – период повторения импульсов в пачке.

Следовательно, уменьшая длительность импульса можно повысить разрешение по дальности, а увеличивая количество импульсов в пачке можно достичь необходимого разрешения по скорости. Но при этом возникает неоднозначность определения скорости и дальности, так как функция неопределенности приобретает гребенчатый вид с множеством пиков.

Аналогичная проблема с неоднозначностью определения скорости и дальности может возникнуть при использовании в качестве зондирующего сигнала импульса с фазовой манипуляцией. Однако разрешающие способности по скорости и дальности будут высокими, так как главный пик функции неопределенности будет достаточно узким [2].

В итоге можно сделать вывод, что выбор того или иного вида зондирующего сигнала зависит от конкретных задач РЛС и конкретной радиолокационной обстановки в тот или иной момент времени. Поэтому радиопередающее устройство современной радиолокационной станции должно быть способно формировать различные типы зондирующих сигналов с целью обеспечения максимально возможной разрешающей способности радиолокационной станции.

Используя среду моделирования Simulink была разработана имитационная модель радиопередающего устройства перспективной радиолокационной станции (рисунок 1) [3].

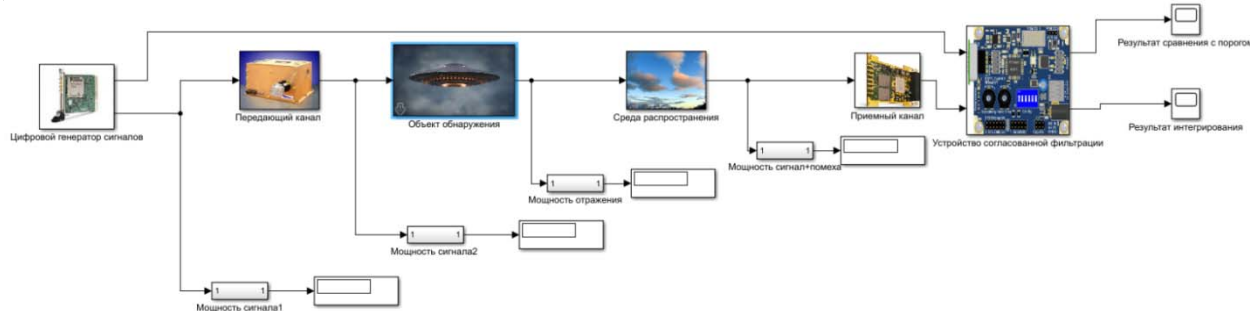


Рисунок 1 – Имитационная модель перспективной радиолокационной станции

Модель радиолокационной станции состоит из модели цифрового генератора сигналов, которая формирует модели зондирующих сигналов в цифровом виде, и передающего тракта, который преобразует цифровой сигнал в аналоговый и переносит его на радиочастоту с последующим усилением и излучением зондирующего сигнала. Также в состав модели РЛС входит модель радиоприемного тракта, которая обеспечивает обработку принятых сигналов. Дополнительно в модели РЛС предусмотрена возможность имитации различных характеристик объекта обнаружения: его скорость, эффективная площадь отражения, дальность.

Использование в составе радиолокационной станции радиопередающего устройства с возможностью выбора различных зондирующих сигналов позволит обеспечить адаптивность РЛС к постоянно изменяющимся условиям функционирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ламанов, А. И. Введение в теорию радиолокации : учебное пособие / А. И. Ламанов, С. И. Нефедов, Г. П. Слукин. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 150 с.
2. Радиолокационные системы : учебник / В. П. Бердышев [и др.] ; под общ. ред. В. П. Бердышева. – Красноярск : Сиб. фед. ун-т. – 2011. – 400 с.
3. Дьяконов, В. П. MATLAB. Полный самоучитель / В. П. Дьяконов. – М. : ДМК Пресс, 2012. – 768 с.
4. Автоматическое сопровождение целей в РЛС интегрированных авиационных комплексов. Теоретические основы. РЛС в составе интегрированного авиационного комплекса : монография : в 3 т. / под ред. В. С. Вербы. – М. : Радиотехника, 2018. – Т. 1. – 360 с.

УДК 681.514.015

С.В. Куцов, А.Д. Агапов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ВЛИЯНИЕ ИНДУКТИВНЫХ ПАРАЗИТНЫХ СВЯЗЕЙ НА РАБОТУ АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ

В последнее время быстрыми темпами растет потребность в высокоточных и эффективных системах телекоммуникационной связи в реальном масштабе времени и применении систем с непрерывным автоматическим технологическим процессом. Главную роль в качественной работе таких систем играют усилительные каскады передающих и приемных радиоустройств. Рост потребности в таком оборудовании и обеспеченность большим количеством разнообразных возможностей выдвигает повышенные требования к обеспечению работы устройств в режиме малых внутренних шумов.

Передача усиленного сигнала с выхода на вход электронного усилителя (ЭУ) может определяться:

1. Физическими свойствами и конструктивными особенностями примененных электронных приборов. Обратная связь, которая присуща транзисторам и электронным лампам (определяемая величинами \dot{h}_{12} или \dot{Y}_{12}), называется внутренней ОС.

2. Специальными цепями, когда путь для передачи сигнала с выхода ЭУ на его вход создается элементами схемы или дополнительным соединением, чтобы придать ЭУ нужное свойство. Такая ОС называется внешней ОС.

3. Неудачным расположением и монтажом элементов принципиальных схем усилительных каскадов, когда паразитные реактивные связи создают пути для передачи сигнала с выхода ЭУ на его вход. Любые ОС, возникающие вопреки желанию разработчика, называются паразитными (вредными) ОС.

Паразитные связи (как правило положительные обратные связи (ПОС)) в реальной конструкции аналоговых электронных усилителей можно выявить и изобразить на принципиальной схеме, только тогда появляется возможность определить нежелательные эффекты и методы их устранения. Паразитные связи подчиняются общим законам схемотехники [1, 2].

В первую очередь для анализа принципиальных схем аналоговых электронных усилителей необходимо знать закон Ома, иметь четкое понятие об электромагнитной индукции, реактивных сопротивлениях, теории цепей и четырехполюсников.

Так же, как все сопротивления делятся на индуктивные, емкостные и активные, так и паразитные связи можно разделить на индуктивные (через общую или взаимную индуктивность проводников), емкостные (через емкостное сопротивление) и кондуктивные (через активное сопротивление). Существует и четвертый вид паразитной связи – через излучение и прием электромагнитных волн. Как правило, конструкции военных радиостанций предусматривают защиту от воздействия внешнего излучения или помех от работы соседних радиостанций. Частоты, на которых они работают, соответствуют гораздо более длинным волнам. В этих условиях излучение неэффективно, и этот вид связи встречается крайне редко.

Проанализируем индуктивные связи, рассмотрев их на конкретных примерах.

Индуктивная связь чаще всего возникает между катушками, имеющими значительные магнитные поля рассеяния. Многие сталкивались с ситуацией, когда при размещении магнитной головки записывающего устройства недалеко от сетевого трансформатора питания, в записи звукового сигнала появляется фон переменного тока. При воспроизведении такого сигнала мы четко слышим появившиеся искажения (шумы).

На промышленной частоте 50 Гц экраны из толстого металла (и даже пермаллоя) ослабляют поле рассеяния в единицы – десятки раз. Помогает также установка вокруг трансформатора короткозамкнутых витков из медной ленты – в них по закону электромагнитной индукции поле рассеяния наводит токи, ослабляющие исходное поле.

Действие алюминиевых экранов высокочастотных катушек основано на похожем принципе.

При возникновении в резонансном усилителе радиочастот малейшей емкостной связи между контурами, как правило, возникает самовозбуждение. Так как резонансное сопротивление контуров велико и в Q раз (Q – добротность) превосходит емкостное и индуктивное сопротивления (X_C и X_L) конденсатора и катушки контура (равные на резонансной частоте). Резонансное сопротивление контуров достигает сотен – тысяч кОм. В этих условиях $C_{\text{п}}=C/Q$ приводит уже к критической связи колебательных LC контуров, при которой сигнал передается из контура в контур с ослаблением всего в два раза. Кроме того, паразитную емкость надо уменьшить еще как минимум в K раз, если между контурами включен усилитель с коэффициентом усиления K . Поэтому колебательные контуры необходимо экранировать [3].

Не менее чем электрическая (емкостная) опасна магнитная (индуктивная) связь между колебательными контурами. К ней также относится все вышесказанное о связанных контурах.

Сплошным экранированием невозможно устранить сильное поле рассеяния, наблюдаемое у магнитных антенн, поскольку нарушится сам принцип работы такой антенны. Используя незамкнутые экраны, можно оградить магнитную антенну только от емкостных и электрических наводок. На расстояниях порядка длины антенны поле магнитной антенны начинает заметно убывать. Если в этой зоне окажется другая неэкранированная катушка, то возникает сильная паразитная связь.

При условии, что витки равномерно распределены по окружности кольца, относительно малые поля рассеяния получаются у тороидальных катушек (рисунок 1 а). В этом случае внешнего экранирования не требуется, так как все магнитное поле тороида оказывается внутри обмотки.

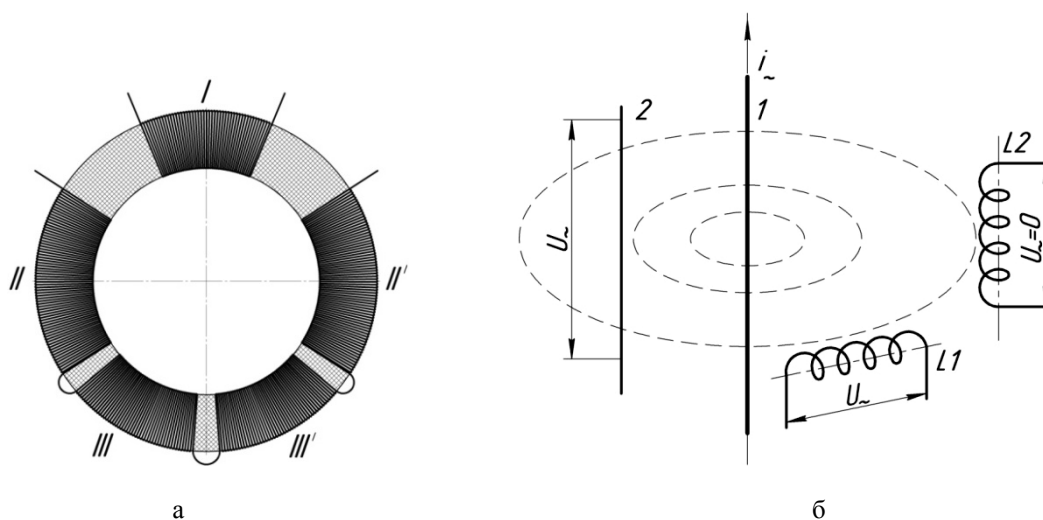


Рисунок 1 – Схемы катушек индуктивности

Наряду с катушками, отдельные проводники с током также создают магнитные поля. На рисунке 1б показан проводник 1 с током i . Вокруг проводника образуется магнитное поле, силовые линии которого (штриховые линии) имеют вид колец, «надетых» на проводник. Если параллельно проходит другой проводник (2), то магнитное поле наведет в нем переменное напряжение и чем длиннее проводник, тем большее напряжение. По этой причине нельзя располагать в одном жгуте выходные и входные проводники усилителя. Для ослабления связи два проводника рекомендуют располагать под прямым углом.

Если в поле проводника попадает катушка, то при расположении оси катушки параллельно магнитным силовым линиям (катушка $L1$ на рисунке 2) наведенная в ней ЭДС максимальна, а в случае расположения оси катушки перпендикулярно силовым линиям (катушка $L2$) – минимальна.

Добиться минимальной связи между двумя катушками можно правильно ориентируя их относительно друг друга. Ось одной катушки должна быть перпендикулярна магнитным силовым линиям другой. К трансформаторам необходим такой же подход: ориентируя блок питания, можно добиться ослабления поля, воздействующего на воспроизводящую головку магнитофона.

На все случаи жизни трудно дать подробные рекомендации. Однако с проблемой «заземления» необходимо разобраться. «Заземление» – способ соединения деталей и частей устройства с общим проводом. Здесь нет ничего сверхсложного, все решается с помощью закона Ома и эквивалентных схем.

Рассмотрим пример, когда две части устройства (A и B) на рисунке 2, надо соединить с общим проводом. Если мы поступим, как показано на рисунке 2а, то сопротивление общего проводника R_{Π} обеспечит паразитную связь между устройствами. Правильное соединение показано на рисунке 2б. «Заземляющие» проводники рекомендуется делать как можно короче, чтобы минимизировать индуктивную связь между ними.

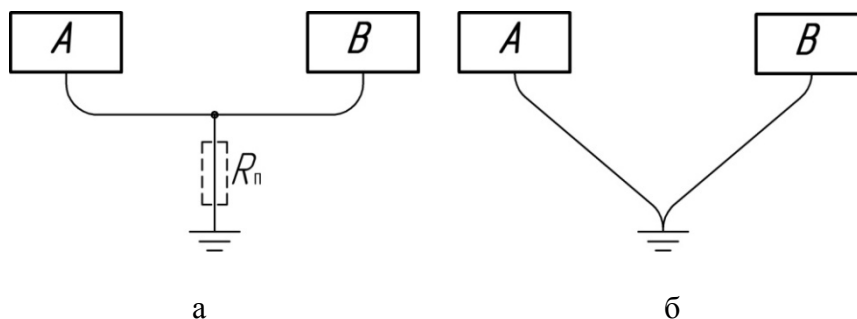


Рисунок 2 – Схемы заземления двух частей устройства

На основе положений закона Ома, теории цепей и четырехполюсников, а также понятия о реактивных сопротивлениях, в работе были описаны часто встречающиеся проблемы аналоговых электронных усилителей, связанные с индуктивными паразитными связями.

В реальных конструкциях аналоговых электронных усилителей были выявлены и проанализированы индуктивные паразитные связи. Они возникают из-за неправильного монтажа, неверного выбора конструкции и взаимного расположения катушек индуктивности или неправильной прокладки проводников к точке «заземления». В статье предложены меры по предотвращению возникновения индуктивных паразитных связей путем изменения метода монтажа с применением экранирования и правильного размещения общего провода, внесения специальных конструкций катушки в стандартную схему.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Павлов, В. Н. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учебник для вузов / В. Н. Павлов, В. Н. Ногин. – М. : Горячая линия-Телеком, 2001. – 320 с.
2. Делик, В. М. Схемотехника аналоговых электронных устройств : учебник / В. М. Делик, А. М. Межуев, Л. В. Каверина. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – 289 с.
3. Куцов, С. В. Влияние емкостных паразитных связей на работу аналоговых электронных усилителей [Текст] / С. В. Куцов, М. А. Экардт, А. А. Юдин // Современное состояние и перспективы развития систем связи и радиотехнического обеспечения в управлении авиацией. VIII научные чтения имени А. С. Попова : сб. науч. ст. по материалам докладов VIII Международной научно-технической конференции, посвященной 100-летию образования войск связи, Воронеж, 23–24 октября 2019 г. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – Ч. 2. – С. 25–31.

УДК 621.396.96

О.Э. Кучинский, Л.И. Лазовский

Белорусская государственная академия авиации

РАДИОВЫСОТОМЕР МАЛЫХ ВЫСОТ С АМПЛИТУДНОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛОВ

В условиях развития и совершенствования авиации на современном этапе все большее значение приобретают вопросы безопасности полетов, актуальность которых особенно остро чувствуется при выполнении захода на посадку и посадке самолета. Примеры событий, произошедших в мире, связанные с авиацией, наглядно могут

подтвердить это. Поэтому требования к точности измерения малых и сверхмалых высот при выполнении взлета и посадки воздушного судна (ВС) непрерывно повышаются [1].

Основным методом точного измерения малых высот в настоящее время является частотный метод [2], основанный на применении в радиовысотомерах непрерывного излучения с частотной модуляцией сигнала по гармоническому или линейному закону (рисунок 1).

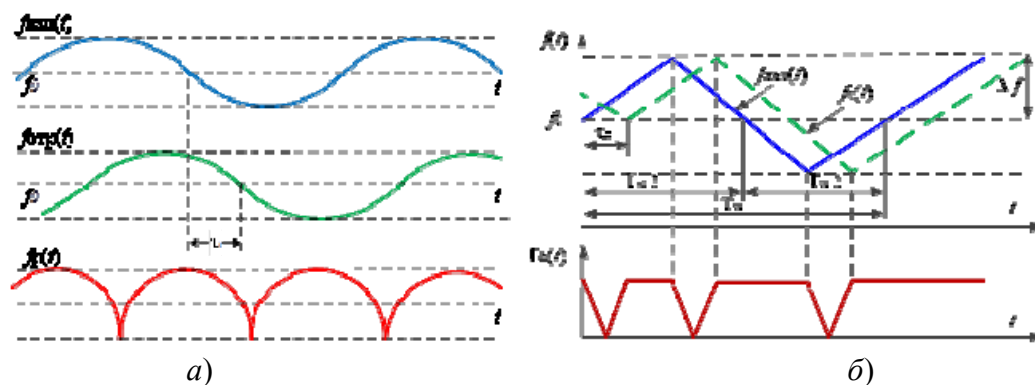


Рисунок 1 – Графики изменения частоты непрерывного сигнала:
а) по гармоническому закону; б) по линейному закону

Проведенные математические расчеты показали, что при таком методе ошибки измерения сверхмалых высот (0–24 м) зависят от измеряемой высоты и лежат в пределах, примерно, 0,65–1,8 м (рисунок 2).

Как видно из полученных результатов, такая точность измерения малых высот не всегда соответствует предъявляемым требованиям, особенно, когда речь идет о посадке на аэродромы категории III с (до касания ВПП).

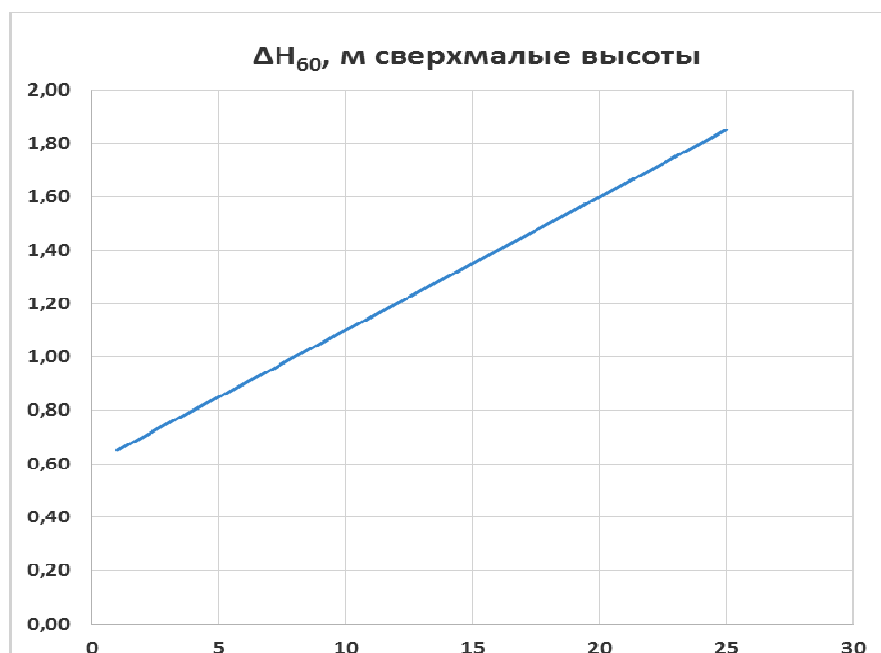


Рисунок 2 – График зависимости погрешностей измерения сверхмалых высот от высоты полета ВС

Повысить точность измерения малых и сверхмалых высот предлагается путем изменения принципа обработки сигнала в частотном высотомере. Как известно, в существующих схемах радиовысотомеров малых высот информация о высоте извлекается

или из величины разности частот излученного и отраженного сигналов (частоты биений), или из длительности периода модулирующего сигнала.

В данной работе предлагается использовать метод измерения, связанный с амплитудой разностного сигнала. Структурная схема такого радиовысотомера изображена на рисунке 3.

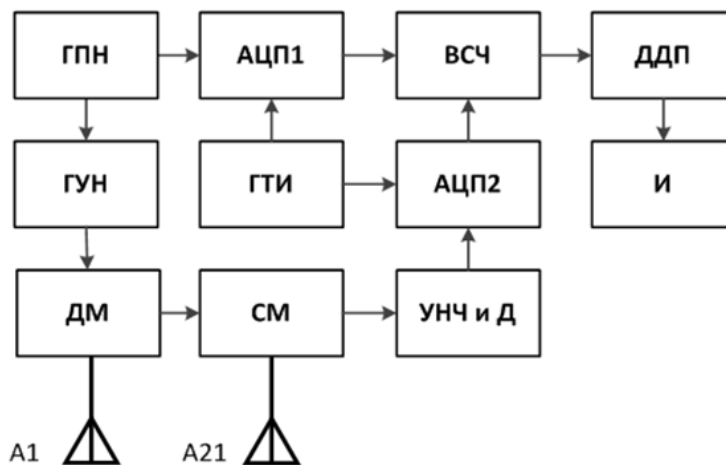


Рисунок 3 – Структурная схема радиовысотомера

Как видно из рисунка 3, данная схема представляет собой устройство, работающее, под управлением генератора тактовых импульсов (ГТИ). Модуляция несущей частоты осуществляется генератором пилообразного напряжения (ГПН), который воздействует на высокочастотный генератор, управляемый напряжением (ГУН). Компьютерная модель такого радиовысотомера, изображена на рисунке 4.

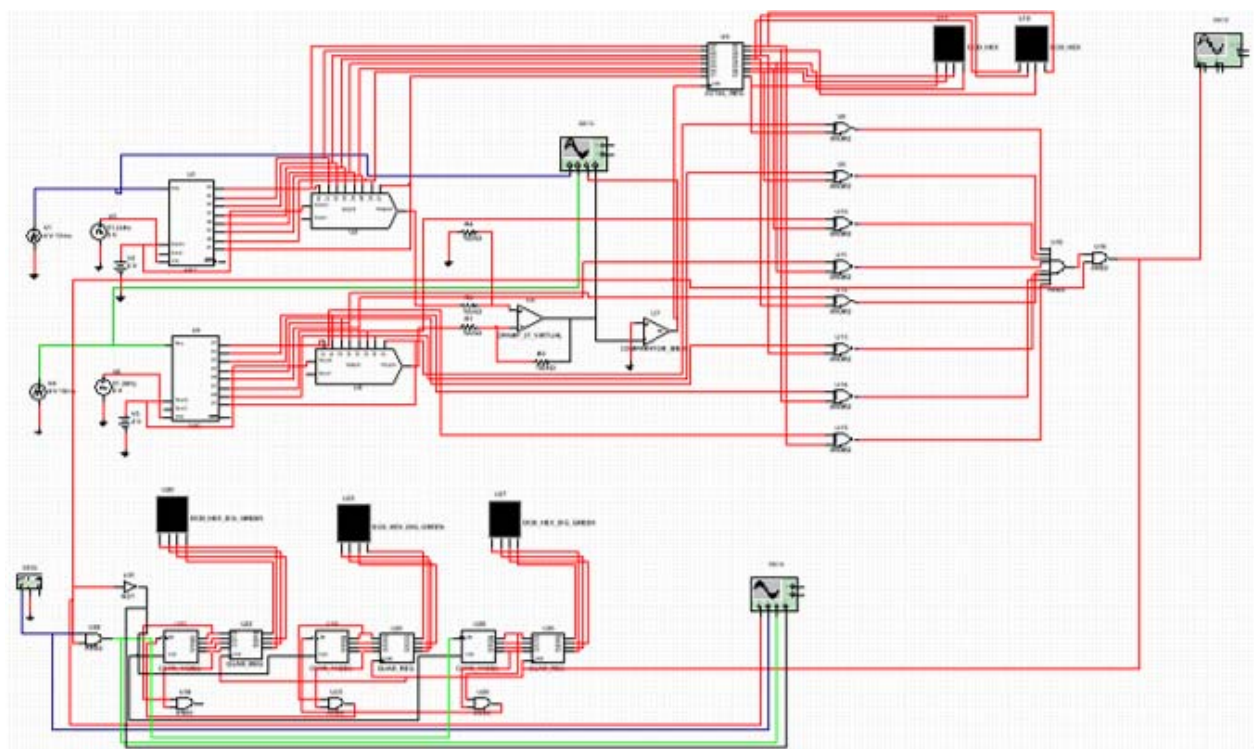


Рисунок 4 – Компьютерная модель радиовысотомера

Принцип измерения высоты заключается в подсчете количества тактовых импульсов ГТИ, в отрезке времени между двумя характерными точками напряжения частоты биений F_b .

При обеспечении условия нахождения частоты биений в пределах $F_b = 12 - 48$ кГц [3] и задав частоту ГТИ равной $f_{гти} = 15$ МГц, получим значения ошибок измерения времен задержки и соответствующие им ошибки измерения высоты (рисунок 5).

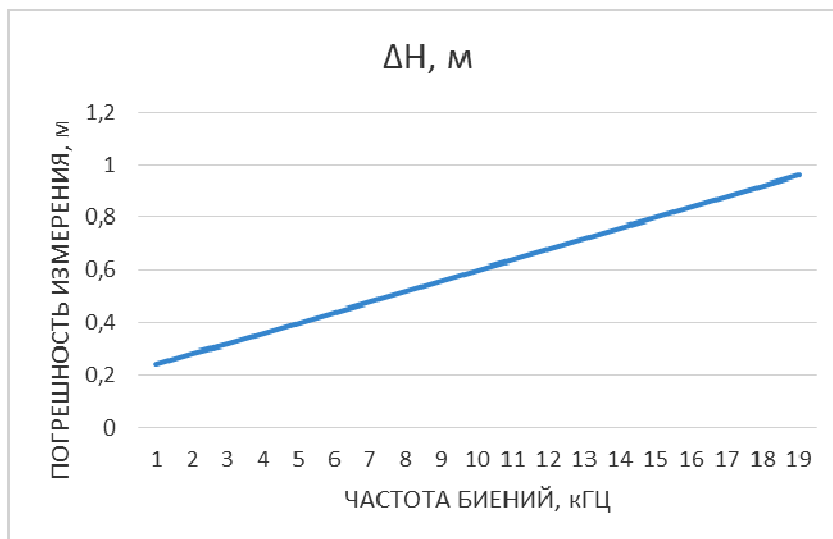


Рисунок 5 – График зависимости погрешностей измерений высоты от частоты биений

Произведенное компьютерное моделирование, расчеты и графики дают основание полагать, что исследованный метод измерения малых и сверхмалых высот позволит повысить точность измерения на сверхмалых высотах, примерно, в 3 раза, а на малых высотах – примерно, на порядок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Скрыпник, О. Н. Радионавигационные системы воздушных судов : учебник / О. Н. Скрыпник. – М. : ИНФРА-М, 2021. – 436 с.
2. Монаков, А. А. Теоретические основы радионавигации : учебное пособие / А. А. Монаков. – СПб ГУАП. – СПб., 2002. – 70 с.
3. Радиовысотомер малых высот А-037. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – М. : Радио и связь, 1997. – 198 с.

УДК 621.391.26

А.С. Леонович, С.Н. Ярмолик, М.В. Свинарский

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

АНАЛИЗ ТРАЕКТОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ СОПРОВОЖДАЕМЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ В ИНТЕРЕСАХ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ

Решение задачи радиолокационного распознавания сопровождаемых объектов основано на сопоставлении используемых классификационных признаков объекта с их эталонными значениями, в результате которого принимается решение о классе наблюдаемого объекта. В качестве классификационных признаков для радиолокационного распознавания объектов используют их сигнальные и траекторные признаки.

Как правило, задача радиолокационного распознавания класса или типа объекта наблюдения решается после его обнаружения и измерения координат. В связи с этим в интересах классификации объектов широко используется траекторная информация сопровождаемых радиолокационных объектов. К траекторной информации относятся координаты объекта, скорости и ускорения их изменения, а также характеристики и параметры маневрирования. Многообразие наблюдаемых радиолокационных объектов приводит к различным вариантам их кластеризации. Типовыми обобщенными классами объектов могут являться: наземные объекты, воздушные, малоразмерные, крупноразмерные объекты, турбореактивные самолеты, винтовые самолеты, авиабомбы, артиллерийские снаряды и т. п.

Анализ локальных вооруженных конфликтов последних лет показал широкое применение систем артиллерийского вооружения. При этом весьма важными сведениями для управления общевойсковым боем является наличие информации о классе стреляющих систем, а также координаты точек старта и падения артиллерийских снарядов. В интересах артиллерийской разведки одним из основных источников информации об огневых средствах противника являются радиолокационные станции контрбатареинной борьбы (РЛС КББ) [1].

Современные РЛС КББ позволяют определять координаты огневых позиций противника, корректировать огонь собственной артиллерии, а также проводить классификацию наблюдаемых артиллерийских мин и снарядов. Информация о классе наблюдаемых артиллерийских систем позволяет выделять наиболее опасные цели, своевременно вскрывать замысел противника, а также оптимизировать требования к количеству и типу расходуемых боеприпасов при постановке задачи на поражение разведанного объекта [1].

Применение различных способов ведения общевойскового боя, непрерывное развитие средств артиллерийского вооружения, а также наличие постоянно изменяющейся сложной воздушно-помеховой радиолокационной обстановки обуславливает повышение качества принимаемых решений о классе наблюдаемого объекта.

Проведенный анализ отличительных особенностей наблюдаемых артиллерийских снарядов и мин показал, что в качестве их траекторных признаков целесообразно использовать оценки значений функций сопротивлений ($F_{сп}$) наблюдаемых объектов. Функция сопротивления характеризует влияние скорости полета анализируемого объекта на силу сопротивления воздушного потока [2, с. 92–94]:

$$F_{сп}(V, Y) = \frac{\pi \rho(Y)}{8} \cdot 10^{-3} \cdot C_{x_{эт}} \left(\frac{V}{a} \right), \quad (1)$$

где $\rho(Y)$ – плотность воздуха, зависящая от высоты полета снаряда; V – скорость полета снаряда; $C_{x_{эт}}$ – эталонный коэффициент силы лобового сопротивления; a – скорость звука.

В основе принятия решения о классе наблюдаемого объекта лежит распространенный байесовский подход к проверке статистических гипотез. Решение о классе сопровождаемого объекта определяется согласно решающему правилу:

$$\text{если } L(A_k) > L(A_l), l, k = \overline{1, M}, k \neq l, \text{ то } A_k^* \quad (2)$$

где $L(A_k)$ – коэффициент правдоподобия гипотезы о наблюдении объекта k -го класса; $L(A_l)$ – коэффициент правдоподобия гипотезы о наблюдении объекта l -го класса; M – количество распознаваемых классов; A_k^* – класс объекта, в пользу которого принимается решение.

Обобщенная структурная схема, реализующая байесовское устройство радиолокационного распознавания класса стреляющей артиллерийской системы по

траекторным признакам, представлена на рисунке 1.

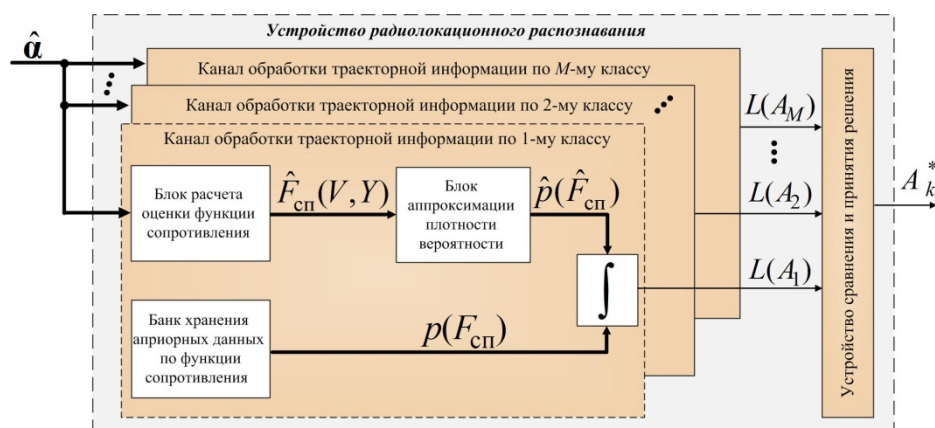


Рисунок 1 – Структурная схема устройства распознавания класса стреляющей артиллерийской системы при использовании траекторных признаков

Структурная схема устройства распознавания включает в себя M стереотипных каналов обработки, количество которых определяется числом распознаваемых классов артиллерийских систем. Каждый M -й канал обработки включает в себя: блок расчета оценки функции сопротивления, блок аппроксимации плотности вероятности, банк хранения априорных данных о функции сопротивления объекта типового класса, блок интегрирования. На вход каждого канала обработки поступает вектор состояния $\hat{\mathbf{a}} = \|\hat{x}, \hat{V}_x, \hat{y}, \hat{V}_y, \hat{z}, \hat{V}_z\|^T$, включающий фильтрованные оценки значений координат наблюдаемого объекта и скорости их изменения. В каждом канале обработки рассчитывается оценка значения функции сопротивления $\hat{F}_{сп}$ анализируемого объекта в соответствии с выражением (1). На основании полученной оценки, с помощью численного метода Монте-Карло, формируется апостериорная плотность распределения оценки функции сопротивления $\hat{p}(\hat{F}_{сп})$ наблюдаемого объекта. Коэффициент правдоподобия $L(A_l)$, характеризующий степень правдоподобия проверяемой гипотезы, вычисляется в соответствии с выражением:

$$L(A_l) = \int_{\Gamma_{F_{сп}}} \hat{p}(\hat{F}_{сп} | A_l, \hat{\mathbf{a}}) p(F_{сп} | A_l) dF_{сп}, \quad l = \overline{1, M}, \quad (3)$$

где $\hat{p}(\hat{F}_{сп} | A_l, \hat{\mathbf{a}})$ – плотность вероятности функции сопротивления, условная по распознаваемым классам; $p(F_{сп} | A_l)$ – априорная плотность вероятности функции сопротивления распознаваемого класса; Γ – область определения возможных решений распознаваемого класса.

Рассчитанные значения коэффициента правдоподобия $L(A_l)$ ($l = \overline{1, M}$) поступают на вход устройства сравнения и принятия решения. Решение о классе наблюдаемого объекта принимается по максимальному значению коэффициента правдоподобия (2).

Неотъемлемой частью реализации алгоритма распознавания класса стреляющей артиллерийской системы, является формирование банка априорных данных, характеризующего типовые функции сопротивления объектов распознаваемых классов.

Априорные данные, характеризующие распознаваемый класс артиллерийской системы, возможно получить путем анализа радиолокационных данных реальных стрельб, либо методами имитационного моделирования. В докладе представлены результаты

формирования системы априорных данных по траекторным признакам, полученные методом математического моделирования. Необходимо отметить, что при построении эталонных областей функций сопротивления каждого из распознаваемых классов необходимо использовать значения параметров траектории полета анализируемого снаряда применительно к рассматриваемым условиям наблюдения. Способ математического моделирования траектории полета артиллерийского снаряда, учитывающий действующие на снаряд силы, его аэродинамические характеристики, состояние атмосферы, вращение снаряда и др. факторы, представлен в [3]. По результатам моделирования траекторных классификационных признаков типовых артиллерийских снарядов осуществлен расчет значений их функции сопротивления. Наличие априорной информации о диапазоне значений функций сопротивлений распознаваемых классов артиллерийских систем позволил представить их в виде двумерных областей. В интересах распознавания класса объекта оценивался факт принадлежности текущих оценок функции сопротивления требуемому диапазону.

Эталонные области каждого анализируемого класса артиллерийской системы определялись способом усреднения априорных данных типовых представителей обобщенного класса. По полученным значениям траектории полета анализируемого типа снаряда рассчитывались функции сопротивления $F_{спист}(V_{ист}, Y_{ист})$ при различных начальных условиях математического моделирования. Рассчитанные значения функций сопротивлений для различных типов снарядов, объединялись в одну общую зависимость, характеризующую обобщенный распознаваемый класс артиллерийской системы.

В качестве примера на рисунке 2 приведены результаты анализа априорных данных, характеризующие эталонные области распознаваемых классов артиллерийских систем. В ходе математического моделирования анализ проводился применительно к трем распознаваемым классам артиллерийских систем: миномет, гаубица, реактивная система залпового огня (РСЗО).

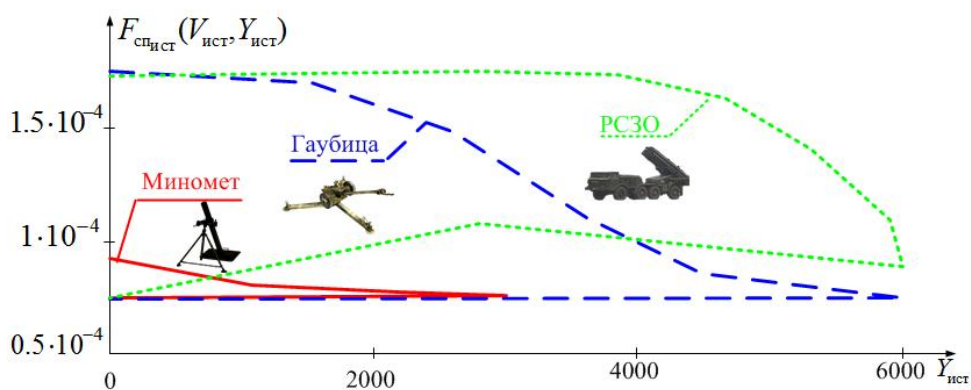


Рисунок 2 – Эталонные области распознаваемых классов артиллерийских систем

Представленные результаты иллюстрируют отличия классификационных признаков объектов анализируемых классов, что позволяет эффективно решать задачу радиолокационного распознавания сопровождаемых артиллерийских мин и снарядов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Крупников, А. Радиолокационные станции контрбатарейной борьбы основных зарубежных стран / А. Крупников // Зарубежное военное обозрение. – 2010. – № 12. – С. 32–41.
2. Паршин, Ж. П. Внешняя баллистика / Ж. П. Паршин, Н. И. Чунаев, А. М. Логвин ; под ред. Ж. П. Паршина. – М. : Министерство обороны СССР, 1984. – Ч. 1 : Уравнения движения снарядов. – 387 с.

3. Ярмолик, С. Н. Модифицированная модель кинематики артиллерийского снаряда и ее верификация по таблицам стрельбы / С. Н. Ярмолик [и др.] // Вест. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2021. – № 2. – С. 94–103.

УДК: 629.052.3

Д.В. Мельник, В.А. Красковский

Белорусская государственная академия авиации

ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАДИОКОМПАСА

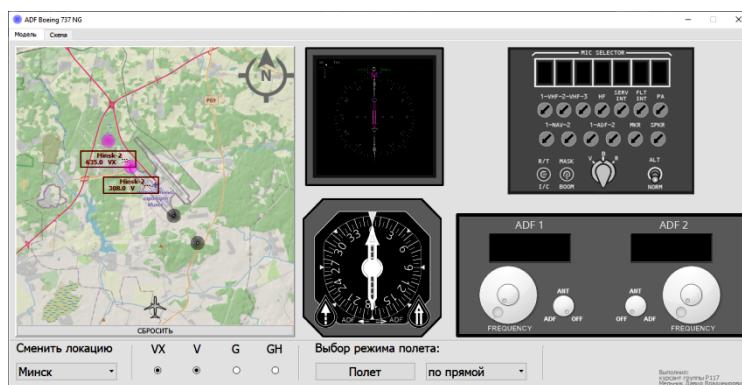
В настоящей работе рассматривается возможность создания виртуальной модели авиационного оборудования различных типов воздушных судов. Актуальность данной работы заключается в том, что виртуальная модель оборудования, в отличие от учебно-методического материала, является более наглядной и понятной при изучении авиационного оборудования.

Так, для работы с системой автоматического радиокompаса (АРК) необходимо либо иметь наземную радиостанцию, а также воздушное судно с установленным и настроенным оборудованием АРК на данную радиостанцию, либо относительно сложную и массивную лабораторную установку.

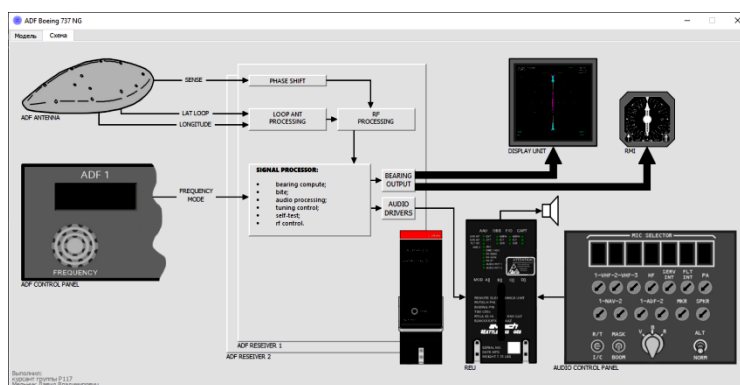
В отличие от лабораторной установки, имитирующей оборудование, как наземное, так и бортовое, виртуальная модель не требует таких материальных вложений, как лабораторное оборудование, и может смоделировать все процессы, происходящие в системе АРК, используя ресурсы только персонального компьютера.

На примере автоматического радиокompаса ADF-900 самолета Boeing 737 NG была разработана виртуальная модель. Данная виртуальная модель представляет собой программу «ADF Boeing 737 NG», написанную на языке программирования Python с использованием вспомогательных модулей PyQt5, pygame, json, math и др. [1, 2]. Интерфейс программы состоит из главного окна с двумя вкладками: «Модель» и «Схема» (рисунок 1 а, 1 б).

Во вкладке «Модель» пользователю предоставляется возможность произвести выбор местности для полета воздушного судна; симитировать полет; используя панель управления включить, выбрать режим и настроить приемник АРК; через панель управления аудио отрегулировать громкость и воспроизвести позывные радиостанций; в режиме «ANT» прослушать позывные радиостанций, в режиме «ADF» прослушать позывные радиостанций и снять показания о курсовом угле радиостанции с навигационного дисплея или радиоманнитного индикатора; выбрать активные радиостанции, в зависимости от плана захода на посадку.



а)



б)

Рисунок 1 – Главное окно программы «ADF Boeing 737 NG»: а) вкладка «Модель», б) вкладка «Схема»

Во вкладке «Схема» можно ознакомиться с функциональной схемой бортового оборудования автоматического радиоконуса ADF-900 самолета Boeing 737 NG, при нажатии на функциональный блок получить его подробное описание, а при наведении курсора мыши на линии связи получить информацию о проходящих по ним сигналах.

Поскольку почти каждый курсант обладает портативными компьютерами, а Белорусская государственная академия авиации имеет компьютерные классы, обладающие соответствующими инструментами для проведения занятий, можно прийти к заключению, что данная виртуальная модель, а также впоследствии спроектированные аналогичные модели всего бортового навигационного и связного комплекса могут стать хорошим дидактическим источником, позволяющим получить теоретические знания и практические умения в определенных областях, а также побудить учащихся к анализу предмета изучения [3].

Использование виртуальной модели АРК во время обучения обеспечит поддержку учебного процесса, позволит повысить качество обучения посредством отработки, закрепления и систематизации знаний и умений, тем самым поспособствует повышению мотивации учащихся. К основным достоинствам виртуальной модели можно отнести относительную дешевизну создания, обеспечение возможности легкой корректуры, возможность тиражирования и обеспечение доступности материала.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Доусон, М. Программируем на Python / М. Доусон. – СПб. : Питер, 2021. – 416 с.
2. Qt for Python [Electronic resource]. – Mode of access: <https://doc.qt.io/qtforpython-5/index.html>, свободный. – Date of access: 14.11.2021.

УДК 621.396.13

В.В. Нечаев, В.А. Малкин

УО «Военная академия Республики Беларусь»

ВОПРОСЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИМИТАЦИОННЫХ ПОМЕХ В СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Спутниковые радионавигационные системы (СРНС) повсеместно используются в современных устройствах для определения местоположения и навигации. К наиболее распространенным СРНС относятся системы ГЛОНАСС и GPS, обеспечивающие определение местоположения с точностью от единиц метров до сантиметров. Из-за

характера спутниковой навигационной системы существуют уязвимости в системе безопасности, которые угрожают непрерывности и целостности информации.

Используемые на практике методы и подходы постановки имитационных помех («спуфинг»-помех), существенно влияют на точностные характеристики навигационного обеспечения, так как их воздействие приводит к формированию ложной навигационной информации при отсутствии понимания о наличии помехового воздействия. В прошлом было предложено несколько контрмер для обнаружения атак «спуфинга».

Так, в работе [1] представлено несколько подходов для решения задач обнаружения «спуфинг»-помехи, в частности, методы на основе анализа мощности сигнала, анализа пространственных характеристик, аутентификации данных и комплексного решения навигационной задачи. По мнению автора, «анализ достоинств и недостатков рассмотренных методов показывает, что наиболее оптимальным методом борьбы является метод комплексного решения навигационной задачи с ее взаимным решением по данным, как от СРНС, так и от инерциальной навигационной системы (ИНС)». Однако данные ИНС в среднем обеспечивают ошибку счисления пути порядка 30 м за 1 мин полета, что является неприемлемым для решения определенных задач. При этом информация по другим каналам является вторичной и после верификации и комплексирования она используется только для коррекции показаний ИНС. Если в формируемой имитационной помехе для аппаратуры потребителей СРНС не будет учитываться нарастающая ошибка ИНС (реализация такого режима помех представляет собой сложнейшую научно-техническую задачу), это приведет к критическому рассогласованию и переходу навигационной системы в режим навигации без использования СРНС.

Как отмечено в работе [2] одним из возможных способов защиты от «спуфинга» является «применение алгоритма на основе искусственной нейронной сети типа «многослойный перцептрон» (Multi-Layer Perceptron – MLP) для принятия решения об истинности сигнала». Однако для быстро перемещающихся в пространстве и вращающихся потребителей, в частности, боевой авиации и управляемых снарядов, существуют ощутимые проблемы.

Как показал обзор [3], существуют различные сценарии «спуфинга» и методы защиты. Причем они в свою очередь делятся еще на несколько групп, различных по методу, сложности и эффективности. Применяя небольшие модификации, можно использовать несложные методы обнаружения и предотвращения «спуфинга». Тем не менее в более сложном сценарии при синхронизации времени, получении информации о коде, фазе и прочих составляющих сигнала – можно точно воспроизвести истинный сигнал. Ретранслируя его из множества передатчиков, предпочтительно прикрепленных к летающим платформам, даст возможность контролировать направление, откуда передаются сигналы, так что угол прихода будет согласован с положением спутника. Правда этот сценарий с несколькими передатчиками крайне сложен, но при правильной реализации будет затруднительно обнаружить данную атаку.

Таким образом, необходимо подчеркнуть, что существующие методы постановки помех вызывают серьезную озабоченность у большинства стран, которые пользуются СРНС, так как сигналы СРНС гражданского применения не зашифрованы, а информация о деталях сигнала находится в открытом доступе. Проблема может быть решена с высокой степенью эффективности в случае, если в будущем структура СРНС будет дополнена системой шифрования, но до этого придется изобретать алгоритмы обнаружения и отбрасывания ложных данных.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дао, Х. К. Принципы обнаружения преднамеренных помех, воздействующих на аппаратуру потребителей спутниковых радионавигационных систем [Электронный ресурс] / Х. К. Дао, Д. Д. Ступин, Р. А. Шевченко // Журнал радиоэлектроники. – 2019. – № 5. – Режим доступа: <http://jre.cplire.ru/jre/may19/14/text.pdf>.

2. Рубцов, Н. С. Алгоритм защиты от спуфинга аппаратуры потребителей спутниковых навигационных систем / Н. С. Рубцов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2018. – № 4. – С. 92–101.

3. GPS Vulnerability to Spoofing Threats and a Review of Antispoofing Techniques / A. Jafarnia-Jahromi [et al.] // International Journal of Navigation and Observation. – 2012. – Article ID 127072. – 15 pages.

УДК 621.39

А.В. Писной

*Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт
Вооруженных Сил Республики Беларусь»*

ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Модернизация технических средств пунктов управления и автоматизация деятельности органов управления – основное направление развития системы управления Вооруженных Сил. Автоматизированные рабочие места должностных лиц органов военного управления, объединенные в локальные информационные сети, приобретают статус основных типов средств (комплексов) автоматизации управления войсками. Они позволяют пользоваться современными высококачественными услугами [1]. Как следствие, наблюдается устойчивый рост трафика данных в системе военной связи и прогнозируется его дальнейшее увеличение. Это диктует необходимость повышения производительности сетей военной связи, в том числе, за счет повышения пропускной способности и ее динамического перераспределения [2]. Повышение пропускной способности за счет улучшения (модернизации) технических характеристик средств связи – труднореализуемо с экономической точки зрения. Поэтому, необходимо повышать пропускную способность за счет синтеза структуры сети связи, эффективного определения маршрутов передачи данных и распределения информационных потоков по ним.

Из [3] известно, что пропускная способность – понятие многоаспектное. Поэтому, в теории различают теоретическую (шенноновскую), техническую и эксплуатационную пропускную способность. Наибольший интерес, с точки зрения исследований, представляет эксплуатационная пропускная способность, которая характеризует возможность обеспечения передачи информационных потоков в транспортной сети связи с учетом всех факторов, снижающих эту возможность. Следовательно, это характеристика численно равна суммарной нагрузке, исполненной по всем направлениям связи при обеспечении заданного качества обслуживания. Основываясь на вышеизложенное, приходим к выводу, что пропускная способность – это результат передачи информационных потоков в транспортной сети связи. Однако при планировании функционирования транспортной сети связи необходимо быстро и качественно оценивать возможность технических средств данной сети по передаче необходимого количества информационных потоков при заданных ограничениях по теоретической и технической пропускной способности. Описанную задачу можно решить, используя методы теории графов.

Транспортную сеть связи военного назначения можно представить в виде графа $G = (V, E)$ (рисунок 1), при этом узлы связи представляются вершинами графа (V), а линии связи между узлами, характеризующиеся технической пропускной способностью – ребрами графа (E). В большинстве случаев сеть связи представляется в виде неориентированного графа, так как потребности в передаче сообщений от источника к получателю инвариантны по своему направлению. Для более качественной оценки

эффективности использования сети связи, как показано в [4], необходимо учитывать количество информационных направлений передачи и величину информационных потоков. Принято, что величины технических пропускных способностей и информационных потоков записываются в виде матрицы пропускных способностей и матрицы потоков (матрица потребностей).

В теории графов понятия пропускной способности и максимального потока информационного направления связаны. Об этом свидетельствует теорема Форда-Фалкерсона о максимальном потоке и минимальном разрезе [5].

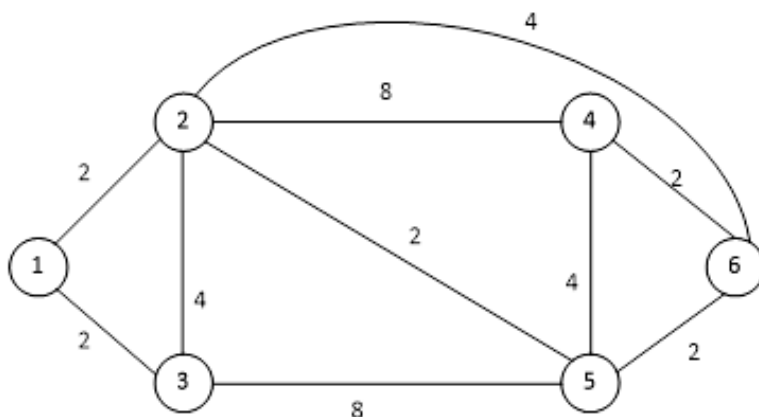


Рисунок 1 – Пример транспортной сети связи, представленной в виде неориентированного графа

Однако согласно теореме, для нахождения величины максимального потока между всеми вершинами графов (n – количество вершин) необходимо решить $\frac{n \cdot (n-1)}{2}$ задач о максимальных потоках. Не сложно заметить, что при увеличении размера графа вычислительная сложность такого расчета возрастает. В таких случаях целесообразно использовать алгоритм Гомори-Ху [6], который позволяет преобразовать граф в дерево максимальных потоков (рисунок 2).

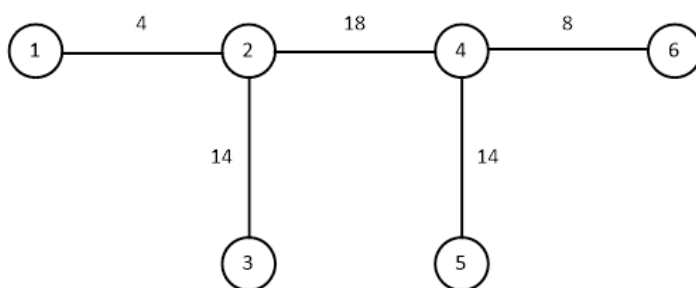


Рисунок 2 – Пример дерева максимальных потоков

Стоит отметить, что по сравнению с классическим методом, алгоритм использует $n-1$ расчет задачи о максимальном потоке. На основании этого вводится матрица максимальных потоков между всеми вершинами графа. Учитывая, что максимальный поток между выбранными вершинами вероятнее всего будет проходить по нескольким маршрутам, необходимо распределить все потоки в сети в соответствии с этим требованиям. Маршруты передачи должны выбираться на основании минимальности выбранной метрики.

Вследствие этого мы определяем суммарную переданную нагрузку по направлениям связи и сети связи в целом. Данная нагрузка соответствует пропускной

способности насыщенной сети. Сравнивая полученные величины с технической пропускной способностью ребер, получаем оценку использования пропускной способности по ребрам $k_{исп}_i^{ПС}$. Также, сравнивая полученные величины максимальных потоков информационных направлений с заданными величинами информационных потоков, получаем оценку загруженности сети $k_{загр}_i^{ИП}$. На основании полученных оценок строится модель регулирования потоков в сети. Исследовать модель можно используя методы линейного программирования.

Данный подход позволяет количественно оценить эксплуатационную пропускную способность на этапе планирования сети связи и позволяет при заданных технических характеристиках сети связи эффективно распределять и регулировать величину информационных потоков направлений связи.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Писной, А. В. Подход к совершенствованию маршрутизации в пакетных сетях связи военного назначения / А. В. Писной // Радиолокация, навигация, связь : материалы XXVII Междунар. науч.-техн. конф., Воронеж, 28–30 сентября. 2021 г. : в 4 т. / Воронежский гос. ун-т ; редкол.: М. Л. Артемов (гл. ред.) [и др.]. – Воронеж : ВГУ, 2021. – Т. 2. – С. 98–105.

2. Писной, А. В. Маршрутизация информационных потоков в пакетных сетях передачи данных военного назначения / А. В. Писной, М. Н. Байдаков, А. В. Обух // Наука и военная безопасность. – 2021. – № 2. – С. 13–18.

3. Теоретические основы построения систем военной связи в объединениях и соединениях : учебник / под общ. ред. Ю. А. Пирогова. – СПб. : ВАС, 2007. – Ч. 2 : Научно-практические основы построения организационно-технических систем военной связи. – 540 с.

4. Рогинский, В. Н. Теория сетей связи : учебник для вузов связи / В. Н. Рогинский, А. Д. Харкевич, М. А. Шпенс. – М. : Радио и связь, 1981. – 192 с.

5. Форд, Л. Потоки в сетях : учебник / Л. Форд, Д. Фалкерсон. – М. : МИР, 1965. – 276 с.

6. Ху, Т. Целочисленное программирование и потоки в сетях : учебник / Т. Ху. – М. : МИР, 1974. – 519 с.

УДК 629.7

А.Ю. Прокопченко, В.В. Медведев

Белорусская государственная академия авиации

ВЛИЯНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН НА ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ

В докладе говорится, что существенным источником погрешности является разность условий прохождения сигналов навигационных систем, таких как ГЛОНАСС и GPS, что способствует образованию разности задержек сигнала, приводящей к дополнительной систематической погрешности определения координат.

Разность задержек сигнала может происходить по нескольким причинам.

Во-первых, это влияние ионосферы и тропосферы. В разных местах, где установлена радионавигационная система, могут различаться параметры ионосферы и тропосферы, влияющие на величину задержки сигнала.

Это различие носит случайный характер, но при увеличении расстояния между антеннами эта погрешность будет возрастать вследствие того, что свойства ионосферы и тропосферы будут иметь большее отличие.

При разнесении антенн на расстояние более чем на 150 км разность атмосферной погрешности сигнала от одного может достигать нескольких метров.

Во-вторых, это погрешности, обусловленные интерференцией в месте приема. Данная погрешность измерения фазы сигнала вызвана интерференцией на приемной

антенне основного сигнала и сигналов, отраженных от местных предметов. Часто эту составляющую погрешности называют погрешностью многолучевости [1]. Погрешность многолучевости зависит от конкретных условий работы аппаратуры радионавигации и не может быть спрогнозирована заранее. Для большинства случаев эта погрешность может рассматриваться как случайная низкочастотная составляющая.

Значение погрешности измерения параметров сигналов, обусловленное многолучевым распространением, трудно поддается оценке из-за нестационарности интерферирующих сигналов. Наличие вблизи антенны объектов с большой эффективной отражающей поверхностью, например, металлических конструкций, может вообще сделать невозможным измерения фазы. Для измерений задержки по дальномерному каналу данная погрешность при неблагоприятных условиях может составлять десятки наносекунд. Для аппаратуры радионавигации, которая проводит измерения по фазе несущей частоты сигнала, влияние интерференции прямого и отраженных сигналов может оказаться очень большим. Оно способно полностью разрушить фазовую информацию о задержке сигнала и привести к неработоспособности фазовых алгоритмов определения навигационных параметров. При этом сигналы навигационной системы могут приниматься с достаточным отношением сигнал/шум, что затрудняет при решении навигационной задачи применение обработки сигналов с целью уменьшения негативного влияния интерференционной погрешности. В связи с этим, для фазовой аппаратуры навигационных систем ГЛОНАСС и GPS должны быть обеспечены условия приема, гарантирующие отсутствие интенсивных отраженных сигналов. Таким образом, данное замечание является серьезным ограничением, уменьшающим область возможных применений фазовой аппаратуры радионавигации.

На величину погрешности большое влияние оказывают форма диаграммы направленности антенн навигационной системы и наличие боковых и задних лепестков. Необходимым условием является контролирование формы диаграммы направленности не только по основной поляризации, но и по обратной, поскольку отраженные сигналы как раз имеют обратную поляризацию [2].

Методами борьбы с данной составляющей погрешности являются:

отказ от работы с сигналами навигационной системы, имеющих малые углы отклонения;

формирование диаграммы направленности с малым уровнем боковых и задних лепестков;

оптимальное размещение антенн на объекте, которое минимизирует попадание отраженных сигналов диаграмму направленности.

В итоге можно сказать, что перспективным для борьбы с данной погрешностью является комплексирование комбинированной навигационной системы с дополнительными и источниками навигационной информации, такими как инерциальные датчики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фатеев, Ю. Л. Теоретические основы и практическая реализация угловых измерений на основе глобальных навигационных спутниковых систем : дис. ... д-ра техн. наук : 05.12.04 / Ю. Л. Фатеев ; Краснояр. гос. техн. ун-т ; рук. работы Г. Я. Шайдулов. – Красноярск, 2004. – 55 л.

2. Ярлыков, М. С. Авиационные радионавигационные устройства и системы / М. С. Ярлыков, В. А. Болдин, А. С. Богачев. – М. : Изд-во ВВИА им. Н. Е. Жуковского, 1980. – 280 с.

УДК 621.396.67: 621.372.62

С.Т. Сидоренко, В.В. Кудерко

ОАО «КБ РАДАР» – управляющая компания холдинга «Системы радиолокации» г. Минск,
Военная академия Республики Беларусь

ТРЕБОВАНИЯ К ДИАГРАММЕ НАПРАВЛЕННОСТИ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ФАР ЛА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ ПРИ СКАНИРОВАНИИ В ОГРАНИЧЕННОМ СЕКТОРЕ

Специфика расположения ФАР на поверхности летательных аппаратов и требований по обзору пространства часто приводит к построению ФАР с ограниченным, часто несимметричным относительно нормали сектором сканирования. Для таких ФАР исследована возможность увеличения и стабилизации коэффициента усиления при отклонении луча от нормали поворотом направления главного максимума и увеличением коэффициента усиления излучателей решетки. Приведены результаты расчетов и численного моделирования.

В соответствии с теоремой перемножения нормированная результирующая ДН сканирующей антенной системы [1] (рис. 1):

$$F(\theta, \varphi) = F_e(\theta, \varphi)F_c(\theta, \varphi), \quad (1)$$

где $F_e(\theta, \varphi)$ – ДН излучающего элемента, $F_c(\theta, \varphi)$ – множитель системы.

Диаграмма сканирования определяется нормированной ДН излучающего элемента [1].

Для излучающих элементов с симметричными ДН и максимумом, ориентированным по нормали к раскрытию, потери на краю сектора сканирования [1] составят

$$\Delta G, \text{ дБ} = 10 \lg F_1^2(\theta_{СК}). \quad (2)$$

Если апертура рассматривается как согласованный приемник, то количество энергии, поступающей из направления θ_0 , пропорционально площади ее проекции, соответственно коэффициент усиления следует умножить на $\cos(\theta_0)$ [2].

Таким образом, причинами уменьшения коэффициента усиления ФАР с излучателями, ориентированными по нормали и осесимметричными ДН, являются уменьшение эффективной площади антенны и снижение коэффициента усиления излучателей при отклонении луча от нормали.

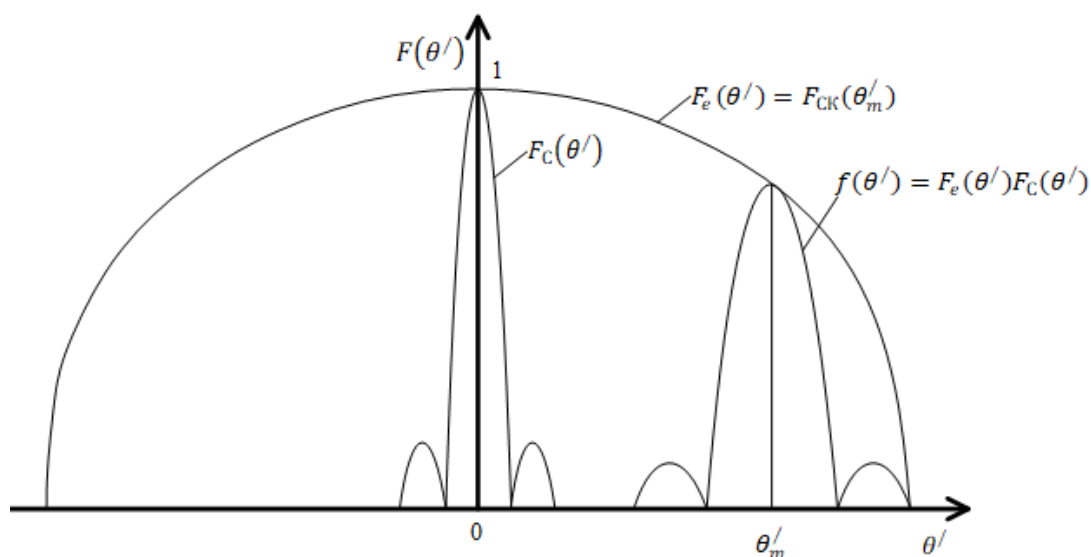


Рисунок 1 – Связь ДН с диаграммой сканирования

Полная диаграмма направленности излучения линейной решетки, состоящей из N элементов, расположенных с шагом d , и множителем элемента $E_e(\theta)$ при отклонении луча от нормали на угол θ_0 описывается выражением [2]

$$E(\theta) = E_e(\theta) \frac{\sin[N\pi(d/\lambda)\sin(\sin\theta - \sin\theta_0)]}{N\sin[\pi(d/\lambda)\sin(\sin\theta - \sin\theta_0)]} \quad (3)$$

На основе анализа выражения (3) можно сделать вывод, что для решетки с ограниченным сектором сканирования снижение коэффициента усиления за счет уменьшения эффективной площади антенны при отклонении луча от нормали можно компенсировать увеличением коэффициента усиления элемента антенны. Увеличение коэффициента усиления на краю ограниченного сектора сканирования можно обеспечить применением излучателей с повышенным коэффициентом усиления с одновременным отклонением от нормали направления главного максимума его диаграммы направленности.

Для сравнения с результатами, полученными в [2] для решетки из 10 элементов с множителем $E_e(\theta) = \sqrt{\cos(\theta)}$ и шагом $d=0,5\lambda$, исследована решетка с излучателями вертикальной поляризации в виде директорных антенн с отклоненным от нормали направлением главного максимума. В качестве излучателя применена директорная антенна, состоящая из активного вибратора, рефлектора и трех директоров, со следующими характеристиками: $G_{\max} = 8,69$ дБ, ширина ДН в плоскости сканирования $2\theta_{0,5} = 92^\circ$. Сканирование осуществлялось в плоскости Н. Для решетки в секторе сканирования от 0° до 60° получены предельно достижимые теоретические зависимости максимального значения коэффициента усиления, минимального значения коэффициента усиления и разности между максимальным и минимальным значениями коэффициента усиления от угла отклонения направления главного максимума диаграммы направленности излучателя относительно нормали.

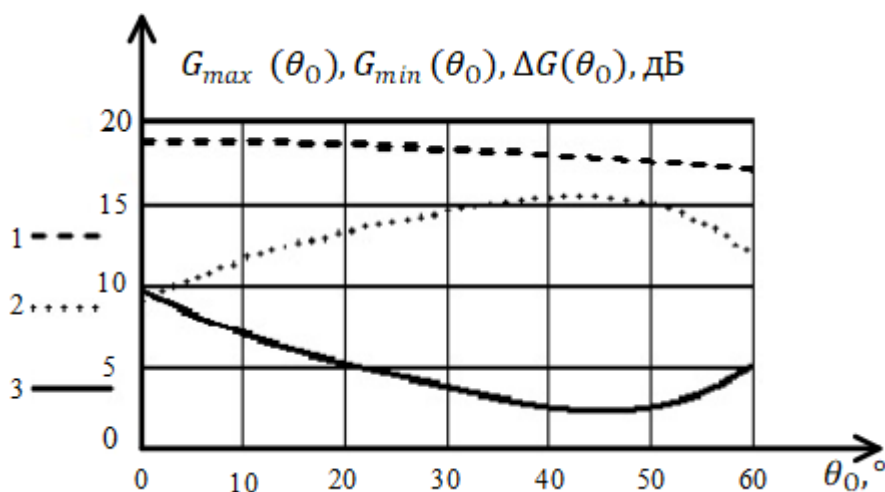


Рисунок 2 – Зависимости: 1 – максимального (G_{\max}), 2– минимального (G_{\min}) значений коэффициента усиления и их разности (ΔG) – 3 в секторе сканирования от угла отклонения направления главного максимума от нормали

Анализ результатов, представленных на рисунке 2, показывает, что для нахождения оптимального угла отклонения направления главного максимума диаграммы направленности излучателя можно, как минимум, использовать критерии максимального или минимального значения коэффициента усиления либо их минимальной разности. При выборе в качестве критерия минимальной разности

максимального и минимального значений коэффициента усиления оптимальным для исследованной решетки является угол отклонения направления главного максимума от нормали – $\theta_{\text{откл}} = 45^\circ$. Разница между экстремальными значениями при этом минимальна и составляет $\Delta G = 2,38$ дБ. Для сравнения – антенная решетка со стандартными излучателями [2] имеет потенциально достижимые $G_{\text{max}} = 14,7$ дБ и $\Delta G = 5,5$ дБ.

На рисунке 3 приведены результаты численного моделирования при сканировании в ограниченном секторе для двух решеток из 14 излучателей с шагом $d = 0,623\lambda$ со следующими свойствами:

- решетка с излучателями в виде директорной антенны, описанной выше с отклонением направлений главных максимумов от нормали на 30° ;
- решетки с излучателями в виде вибраторов и с дополнительным экраном.

Исследована возможность увеличения и стабилизации коэффициента усиления ФАР в ограниченном секторе сканирования посредством применения излучателей с увеличенным коэффициентом усиления и отклонением направлений главных максимумов от нормали.

Установлено, что применение указанных технических решений позволяет увеличить и стабилизировать коэффициент усиления ФАР в ограниченном секторе сканирования.

Предложены критерии для оптимизации выбора параметров ДН излучателей и угла отклонения направлений главных максимумов ДН от нормали.

Результаты расчетов подтверждены численным моделированием.

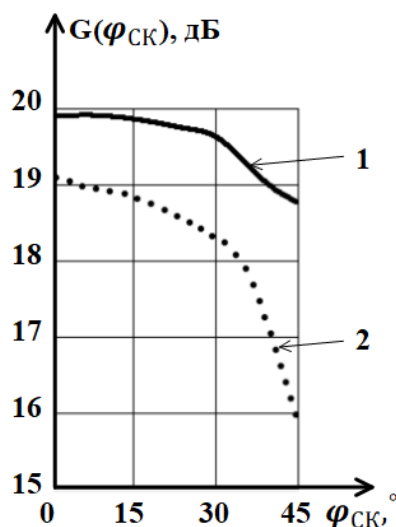


Рисунок 3 – Графики зависимости коэффициента усиления:
 1 – ФАР с повернутыми относительно нормали излучателями;
 2 – ФАР с излучателями в виде вибратора с экраном

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антенные системы радиоэлектронных средств / под общ. ред. Г. В. Хохлова. – М. : Воениздат, 1978. – 180 с.
2. Справочник по радиолокации : в 2 кн. / под ред. М. И. Сколника ; пер. с англ. под общ. ред. В. С. Вербы. – М. : Техносфера, 2014. – Кн. 1. – 672 с.

УДК 621.377.512.32

А.А. Сутько, В.В. Шорец, П.В. Бойкачев

Учреждение образования Военная академия Республики Беларусь

СОГЛАСОВАНИЕ АНТЕННОГО УСТРОЙСТВА КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ И ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДЕМА БЛА

Важной частью создания современных приемно-передающих устройств является решение задачи широкополосного согласования, которое позволяет обеспечить передачу максимальной мощности в заданной полосе рабочих частот между источником сигнала и нагрузкой. В большинстве случаев при проектировании согласующих устройств (СУ) разработчики не учитывают нестабильность импеданса нагрузки, вызванную изменениями условий эксплуатации, особенно на подвижных объектах [1]. Такие явления ярко выражены в системах, нагрузкой которых являются антенные устройства (АУ). Импеданс АУ зависит от среды ее применения (снег, воздух, имеющий разную температуру и влажность, вода, сезонные и климатические изменения), а также от частоты излучаемого сигнала. Например, при эксплуатации беспилотных летательных аппаратов (БЛА), нередко имеют место быть ситуации обледенения АУ, что приводит к изменению импеданса АУ и, как следствие, к уменьшению дальности радиолинии или вообще потери связи с бортом. Для решения данной проблемы предлагается использовать СУ учитывающие нестабильность импеданса нагрузки, которые позволяют максимизировать передаваемую (принимаемую) мощность сигнала в нагрузку и обеспечивают устойчивую радиосвязь в различных условиях эксплуатации радиотехнической системы. Рассмотрим применение подобного СУ, синтезированного для АУ канала управления БЛА.

В качестве примера рассмотрим АУ, работающее в канале управления БЛА. Данное АУ представляет собой гибкую штыревую антенну, работающую на частоте 433 МГц. Ниже представлен вид АУ и зависимости коэффициент передачи по мощности (КПМ) между приемно-передающим модемом и АУ в условиях обледенения АУ и без них.

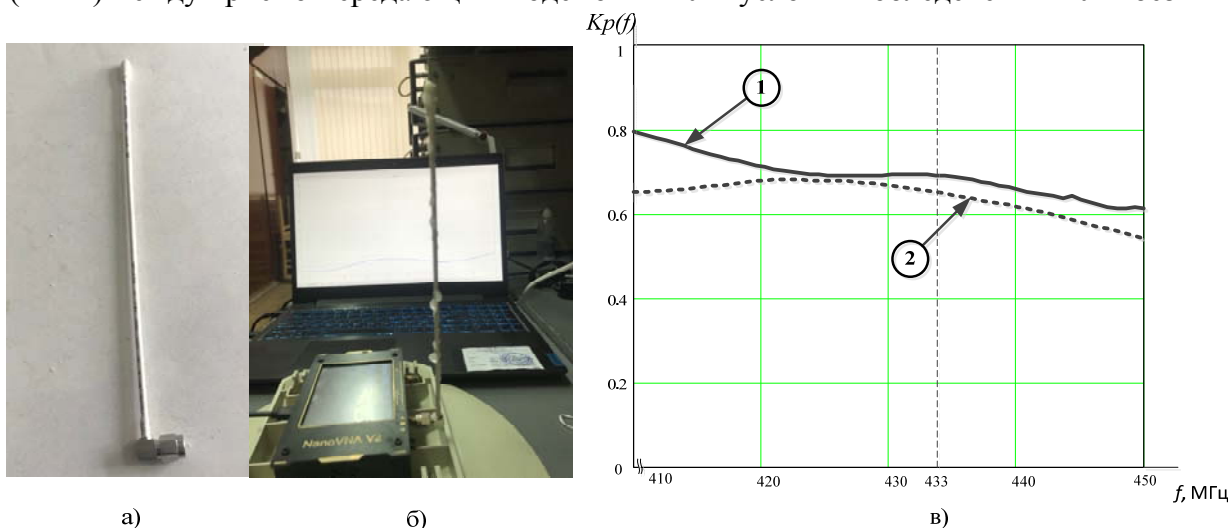
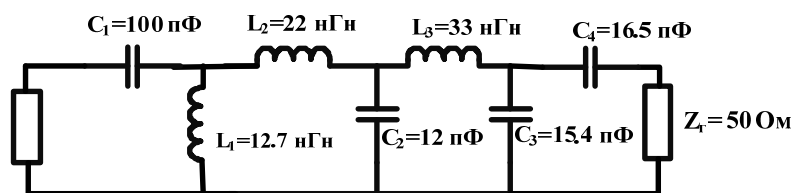


Рисунок 1 – АУ канала управления БЛА и ее характеристики передачи мощности от частоты:
а) внешний вид АУ; б) фото проведения эксперимента (АУ в условиях обледенения);
в) КПМ: 1 – без обледенения АУ; 2 – в условиях обледенения АУ

Проанализировав полученные зависимости (рисунок 1), можно сделать вывод о том, что при обледенении АУ наблюдается изменение уровня КПМ в худшую сторону. Следует заметить, что уровень передачи мощности на рабочей частоте не является удовлетворительным (потеря мощности сигнала составляет примерно 30 %), даже в штатных условиях проведения эксперимента (без обледенения).

Для обеспечения максимального уровня передачи мощности между АУ и приемо-передающим модемом в рабочей полосе частот, на основе метода вещественных частот [2] и теории чувствительности [3] по методике, представленной в [4] была разработана СЦ, лестничной структуры состоящая из семи элементов.



а)



б)

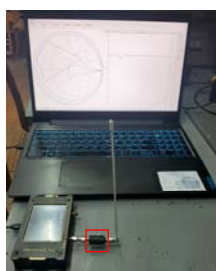
Рисунок 2 – СЦ, лестничной структуры состоящая из семи элементов:

а) структурная схема; б) внешний вид

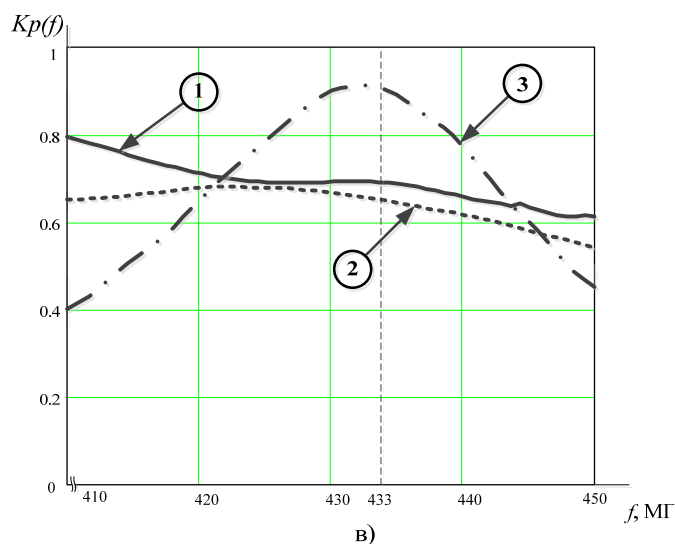
Применение СЦ в приемо-передающем тракте радиоканала управления БЛА обеспечивает уровень передачи мощности, представленный на рисунке.



а)



б)



в)

Рисунок 3 – Результаты проведения эксперимента:

а) фото проведения эксперимента (АУ в условиях обледенения); б) без обледенения с согласующим устройством); в) зависимость КПМ в рабочем диапазоне частот: 1 – без обледенения АУ; 2 – в условиях обледенения АУ; 3 – с СЦ (без обледенения и в условиях обледенения АУ)

Таким образом, произведя анализ зависимостей, представленных на рисунке 3 (в) можно сделать вывод, что применение СЦ, синтезированной с использованием метода вещественных частот и теории чувствительности обеспечивает уровень передачи мощности от источника сигнала в нагрузку стремящийся к максимальному значению (потери мощности в рабочем диапазоне частот не превышают 10 %), как в штатных условиях, так и в условиях обледенения АУ, что позволяет обеспечить канал управления БЛА устойчивой радиосвязью в широком спектре естественных условий его эксплуатации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабков, В. Ю. Основы построения устройств согласования антенн / В. Ю. Бабков, Ю. К. Муравьев. – М. : ВАС, 1980. – 240 с.
2. Yarman, B. S. Design of ultra wideband antenna matching networks / B. S. Yarman. – Istanbul : Springer, 2008. – 308 p.
3. Гехер, К. Теория чувствительности и допусков электронных цепей / К. Гехер. – М. : Сов. Радио, 1973. – 280 с.
4. Бойкачев, П. В. Метод синтеза широкополосных устройств с оптимальной характеристикой коэффициента преобразования мощности, согласующих изменяющийся во времени импеданс нагрузки [Электронный ресурс] / И. А. Дубовик, П. В. Бойкачев, В. О. Исаев // Журнал радиоэлектроники. – 2021. – № 5. – Режим доступа: <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2021.5.1>.

УДК 621.396.96

А.В. Толмачёв

Научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Республики Беларусь

ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ АВТОМОБИЛЯ, В БИСТАТИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ

В ходе решения задачи обнаружения маловысотных малоскоростных летательных аппаратов (ЛА) на фоне интенсивных отражений от подстилающей поверхности и местных предметов возникает дополнительная необходимость их селекции от подвижных наземных объектов (мотоциклы, легковые и грузовые автомобили, бронетехника и т. д.), скорость движения которых может быть сопоставима со скоростью полета ЛА.

Основными признаками для селекции автомобилей могут быть: протяженность корпуса, скорость движения. Все эти признаки заложены в математической модели отраженного сигнала. Достаточно подробно сигнал, отраженный от движущегося автомобиля в однопозиционной радиолокационной станции (ОРЛС) рассмотрен в [1]. При этом в разнесенных радиолокационных системах имеют место свои особенности. Эти особенности рассматриваются на примере бистатической радиолокационной станции (БРЛС).

В математической модели отраженного сигнала (ОС) от автомобиля целесообразно учитывать только сигнал, отраженный от корпуса, так как на дальности, превышающей несколько сот метров, колеса автомобиля будут скрыты от падающей электромагнитной волны либо за корпусом автомобиля, либо за естественными препятствиями или строениями. При этом даже при наличии условий прямой видимости колес из приемной и передающей позиций РЛС на таких дальностях уровень ОС от колес будет значительно ниже уровня ОС от корпуса автомобиля.

В начале системы отсчета координат располагается приемный пункт БРЛС, на оси OX на расстоянии $R_b = 500$ м от приемного пункта – передающий пункт (рисунок 1).

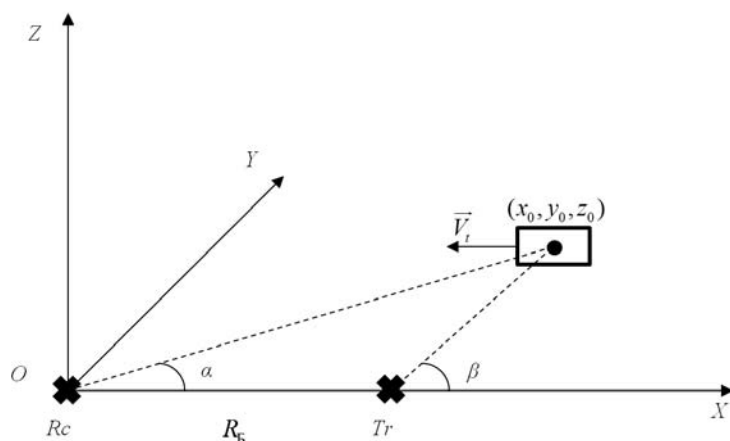


Рисунок 1 – Описание положения центра корпуса автомобиля в системе координат бистатической РЛС

В начальный момент времени $t = 0$ с центр корпуса автомобиля находится в точке с координатами (x_0, y_0, z_0) . Скорость движения автомобиля $V_t = 60$ м/с. В качестве зондирующего используется монохроматический сигнал.

Местоположение ОРЛС позиционно совпадает с приемным пунктом БРЛС (см. рисунок 1). Моделирование производилось для различных положений на удалениях до 3,5 км от передающего пункта БРЛС.

Из-за ухудшения линейных размеров разрешающей способности в азимутальной плоскости по мере увеличения расстояния до объекта на больших удалениях от передающего и приемного пунктов корпус автомобиля целесообразно представить линейным объектом.

Математическая модель сигнала, отраженного от автомобиля в бистатической радиолокационной станции.

ОС от автомобиля представляет собой сумму сигналов, отраженных от «блестящих точек», расположенных на поверхности кузова [1, 2]

$$u(t) = \sum_{n_k=1}^{N_k} U(t - t_r(n_k, t)) E(n_k, t) \exp[i\{\omega_0 t + \varphi_{\text{БРЛС}}(n_k, t)\}]; \quad (1)$$

где $n_k = 1 \dots N_k$ – номер отражателя на поверхности кузова автомобиля; N_k – количество отражателей; $U(t - t_r(n_k, t))$ – комплексный закон модуляции последовательности ОС; $E(n_k, t)$ – закон изменения амплитуды ОС от n_k -го отражателя; $t_r(n_k, t)$ – закон изменения времени запаздывания ОС от n_k -го отражателя; $\varphi_{\text{БРЛС}}(n_k, t) = k(r_{tr}(n_k, t) + r_{rc}(n_k, t))$ – закон изменения фазового набега ОС от n_k -го отражателя в БРЛС; $r_{tr}(n_k, t)$, $r_{rc}(n_k, t)$ – расстояние до отражателя из передающей и приемной позиций БРЛС.

Комплексная огибающая суммарного ОС определяется выражением [1, 2]:

$$U(t) = \sum_{n_k=1}^{N_k} U(t - t_r(n_k, t)) E(n_k, t) \exp[i\varphi_{\text{БРЛС}}(n_k, t)]. \quad (2)$$

Выделение особенностей ОС в БРЛС для большей наглядности целесообразно проводить через призму сравнения с ОС в ОРЛС, математическая модель которого подробно рассмотрена в [1].

В результате моделирования было определено, что в ОРЛС по мере удаления точки начала движения автомобиля от оси OX наблюдается уменьшение частоты Доплера ОС от корпуса автомобиля. Это уменьшение объясняется тем, что по мере удаления точки

начала движения от оси OX (увеличения параметра движения объекта) уменьшается значение радиальной составляющей вектора скорости \overline{V}_r .

В БРЛС наблюдаются аналогичные зависимости, однако имеют место и особенности. Доплеровская добавка частоты ОС от корпуса автомобиля в БРЛС, в случае нахождения начальной точки движения на удалении от передающего пункта и оси OX (см. рисунок 1) сопоставимом с базой R_B , меньше, чем в ОРЛС (рисунок 2). Это объясняется тем, что в этой зоне наблюдаются существенные расхождения между значениями радиальной составляющей скорости относительно приемника и передатчика. По мере удаления начальной точки движения от оси OX и от передающего пункта на расстояние $R \geq (2...3)R_B$ спектры ОС в БРЛС и ОРЛС становятся идентичными, так как значения радиальной скорости относительно передатчика и приемника в БРЛС становятся близки друг к другу (рисунок 3).

Также снижаются различия в доплеровской добавке частоты в ОРЛС и в БРЛС по мере приближения начальной точки к оси OX . А при движении автомобиля по оси OX за базой БРЛС доплеровская добавка частоты принимает в ОРЛС и в БРЛС одинаковые значения.

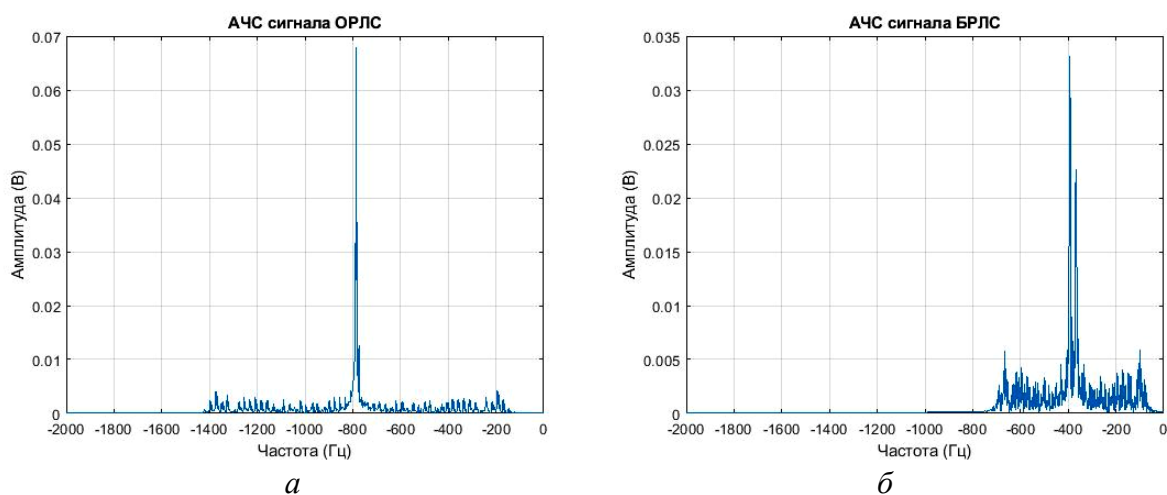


Рисунок 2 – АЧС сигнала, отраженного от автомобиля с начальными координатами $x_0 = 500$ м, $y_0 = 500$ м : в ОРЛС (а), в БРЛС (б)

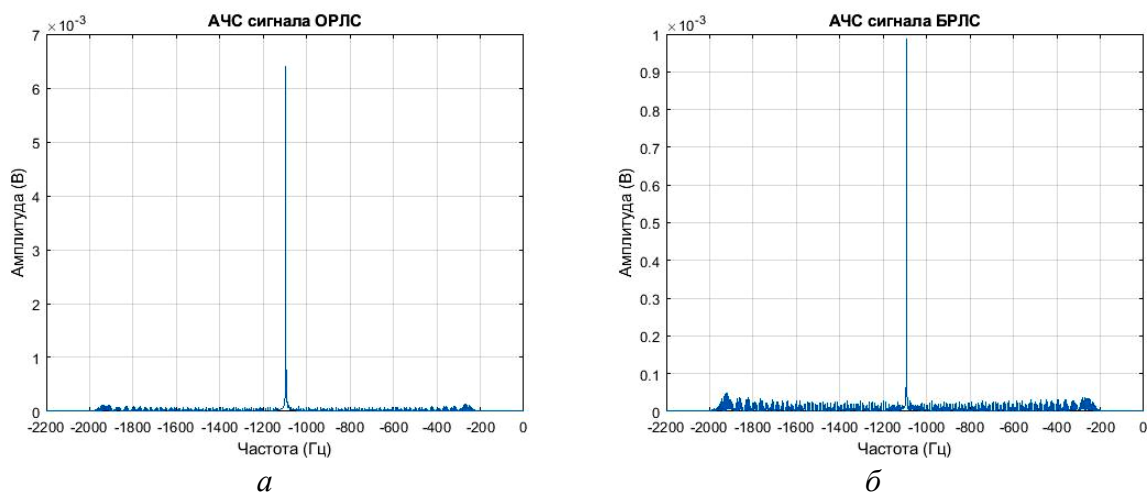


Рисунок 3 – АЧС сигнала, отраженного от автомобиля с начальными координатами $x_0 = 3000$ м, $y_0 = 500$ м : в ОРЛС (а), в БРЛС (б)

Различия в спектрах ОС в ОРЛС и в БРЛС главным образом заключаются в разных значениях частоты Доплера ОС, обусловленных различными ракурсами наблюдения объекта относительно приемного и передающего пунктов и как следствие несоответствием частот Доплера относительно приемной и передающей позиций в БРЛС, вследствие их позиционного разнеса. Однако этот факт имеет место только на незначительных удалениях движущегося объекта от базы БРЛС (сопоставимых с самой базой). При этом на удалении, превышающем $2R_b$, выявить эти различия практически невозможно. Также различий между спектрами ОС в ОРЛС и в БРЛС не наблюдается, если наземный объект движется по оси OX ($y(t) = 0$) не пересекая базу БРЛС, так как в таком случае ракурс наблюдения объекта из приемного пункта совпадает с ракурсом наблюдения из передающего пункта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гейстер, А. С. Способ адаптивной когерентной компенсации сигнала, отраженного от корпуса автомобиля при обратном синтезе апертуры антенны / А. С. Гейстер // Доклады БГУИР. – 2013. – № 4 (72). – С. 25–30.

2. Охрименко, А. Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба / А. Е. Охрименко. – М., 1983. – Ч. 1. – 438 с.

УДК 621.396.677

В.В. Харченко, С.В. Рудый, Д.В. Харченко

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

ВЗАИМНАЯ СВЯЗЬ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В СОВМЕЩЕННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ

При организации радиосвязи часто возникает необходимость обеспечить возможность передачи информации в различных частотных диапазонах. Например, системе радиосвязи одной из актуальных задач является создание мобильных наземных и бортовых радиосистем, способных одновременно поддерживать связь через несколько ретрансляторов в нескольких существенно разнесенных частотных диапазонах.

В настоящее время для решения таких задач используется совокупность антенно-фидерных устройств, каждое из которых обеспечивает передачу (прием) информации в определенном диапазоне частот. Однако перспективным видится использование антенных систем, которые позволят реализовать функции нескольких антенн в одной антенной конструкции, что, несомненно, приведет к улучшению показателей надежности и эффективности функционирования комплексов радиосвязи в целом, так как именно антенны являются одним из важнейших звеньев радиосистем, существенно определяющих их предельные характеристики.

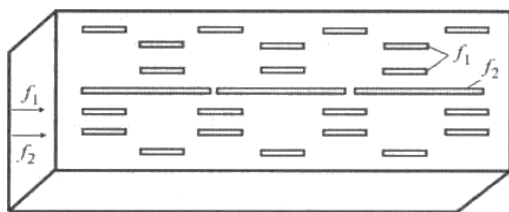
Совмещение разночастотных антенных решеток (АР) в одной апертуре приводит к существенному пассивному и активному взаимодействию между ними. Первое проявляется в изменении характеристик направленности совмещаемых АР из-за дифракционных явлений на их поверхности. Активное взаимодействие приводит к взаимным перекрестным помехам из-за просачивания энергии одного частотного канала на активные элементы (приемные и передающие) другого частотного канала, ухудшая электромагнитную совместимость (ЭМС) радиосистем. Эффекты взаимосвязи минимальны при развязке совмещаемых антенн по поляризации, однако это не всегда возможно по тактико-техническим требованиям. Так, в самолетных РЛС, располагаемых в носовой части, поляризация радиолокационного канала и канала госопознания вертикальная. В связных системах через искусственные спутники земли (ИСЗ) поляризация круговая в каждом частотном диапазоне и т. д.

Взаимодействие в совмещаемых АР при совпадающей поляризации значительно ухудшает характеристики многочастотных совмещенных антенных решеток (МСАР) в одном или нескольких диапазонах частот. Выбор той или иной схемы построения многочастотной АР определяется, в основном, формой и поперечными размерами используемого излучателя, требованиями на продольные габариты антенной системы и соотношениями между средними частотами поддиапазонов.

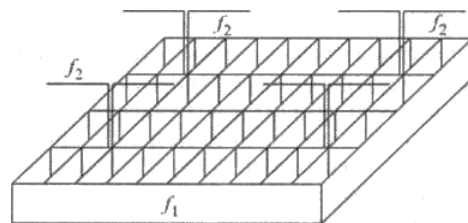
Опубликованные в литературе исследования многофункциональных волноводных фазированных антенных решеток (ФАР) [1] показали, что при совмещении разночастотных излучателей в одной апертуре по первой схеме взаимодействие между ними приводит к значительным изменениям характеристик направленности. Если влияние ВЧ-излучателей на излучатели НЧ-решетки при работе на нижней частоте относительно невелико, так как высокочастотные излучатели, находясь в этом случае в закритическом режиме и представляют собой реактивные нагрузки в апертуре НЧ-решетки, а поэтому сравнительно слабо искажают характеристики НЧ АР, то влияние НЧ-излучателей при работе ВЧ-решетки приводит к существенному изменению характеристик ВЧ АР. Расположение НЧ-излучателей между ВЧ-излучателями с шагом, превышающим длину волны ВЧ-диапазона, нарушает известные условия однолучевого сканирования и приводит к появлению спектра дифракционных лепестков. Кроме того, излученная ВЧ-излучателем мощность наряду с отражением в возбужденные волноводы частично проходит в фидерный тракт НЧ-решетки, а частично переизлучается НЧ-излучателями, создавая дополнительный неуправляемый спектр боковых лепестков. В [2, 3] показано, что присутствие низкочастотных элементов приводит к появлению в ВЧ- поддиапазоне дополнительных максимумов на некоторых углах сканирования даже, если расстояние между высокочастотными элементами и размеры излучателей выбраны из условия однолучевого сканирования, что приводит к сужению сектора сканирования. Угол появления дополнительных лепестков, обусловленных наличием низкочастотных излучателей, определяется взаимным расположением ВЧ- и НЧ-элементов и сектором сканирования.

При значительном многообразии существующих схем и принципов построения МСАР, для примера представленных на рисунке 1, проблема разработки теории МСАР в электродинамической формулировке сводится к трем основным направлениям:

- нахождение взаимодействия между близко расположенными разнотипными или разногабаритными излучателями в сканирующих МСАР в рабочих диапазонах частот;
- определение влияния этого взаимодействия на характеристики направленности сканирующих МСАР в каждом рабочем диапазоне частот;
- поиск методов и приемов, позволяющих улучшить или оптимизировать характеристики МСАР.



а) волноводно-щелевая решетка



б) вибраторно-щелевая решетка

Рисунок 1 – Варианты построения МСАР

Известно, что вычисление взаимных сопротивлений антенн и излучателей в частности, имеет большое значение в ряде практических задач. Особо важную роль

играют взаимные сопротивления между отдельными излучателями антенн с немеханическим качанием луча. Связь между излучателями [4, 5] приводит к изменению распределения токов в антенне.

Один из методов определения взаимного сопротивления излучателей в антенной решетке [6] позволяет при интегрировании потока вектора Пойтинга по бесконечно удаленной поверхности вычислить величину активной мощности, излучаемой антенной, а также и активную составляющую сопротивления излучения антенны. При этом определить реактивную составляющую взаимного сопротивления двух щелевых излучателей, расположенных на поверхности идеально проводящего кругового цилиндра можно с использованием преобразований Гильберта, которые позволяют увязать мнимую и действительную составляющие комплексного сопротивления через их частотную зависимость [7]. Зависимости, приведенные в [5, 6], позволяют оценить при каких угловых положениях излучателей необходимо учитывать их взаимную связь при различных геометрических и электрических параметрах антенной системы.

В случае, когда щели (для рассматриваемого случая МСАР) различных диапазонов расположены плотно по несущей конструкции и, соответственно, на небольших расстояниях относительно друг друга, взаимная наводка антенных решеток конечных размеров с сильно перекрывающимися минимальными сферами [8] может быть определена путем вычисления общей матрицы трансляции (передачи) между сферическими колебаниями. Эта матрица получается с использованием свойств преобразования сферических и плоских векторных волн. Хотя этот подход считается менее эффективным, чем классический, основанный на теоремах сложения, он позволяет преодолеть известное ограничение теорем сложения, которое требует непересекающихся минимальных сфер. Известно, что теоремы сложения не являются абсолютно точными, когда минимально возможная сфера, описывающая антенну, перекрывает минимально возможную сферу, охватывающую другую антенну. После получения модели колебаний антенны отклик решетки может быть рассчитан путем соединения эквивалентных диполей с использованием теорем сложения, поскольку они соответствуют сферическим колебаниям более низкого порядка. Однако основным недостатком этого метода является то, что он требует получения точной модели колебаний антенны с помощью метода оптимизации. Кроме того, при расстояниях между краями антенны менее $0,15-0,2\lambda$ метод начинает терять точность. В качестве альтернативы преобразованию сферических колебаний, основанному на теоремах сложения сферических векторных волн, в [9] было установлено, что такое преобразование может быть выполнено с использованием свойств преобразования между сферическими и плоскими волнами, а также смещения последних. Для коэффициентов трансляции предусмотрены соотношения симметрии, которые значительно увеличивают скорость вычисления общей матрицы трансляции. Вычисляя подматрицы отражения и передачи обобщенной матрицы рассеяния конечной антенной решетки, можно получить точные результаты для диаграмм направленности антенных решеток по сравнению с численными данными в волновом методе.

Таким образом, особенностями расчета взаимной связи излучателей в многочастотных антенных решетках неплоских форм являются необходимость сочетания существующих методов анализа взаимного влияния элементов решетки, их модернизация, а также, учет влияния кривизны конструкции в обеих плоскостях, в отличие от решения аналогичных задач для плоских антенных систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сканирующие многочастотные совмещенные антенные решетки / под ред. Л. И. Пономарёва. – М. : Радиотехника, 2009. – 358 с.
2. Инденбом, М. В. Антенные решетки подвижных обзорных РЛС. Теория, расчет, конструкции : монография / М. В. Инденбом. – М. : Радиотехника, 2015. – 416 с.
3. Dual frequency antenna: pat. USA 3523297 / M. L. Fee.

4. Подвижная радиосвязь / под ред. профессора О. И. Шелухина. – М. : Горячая линия – Телеком, 2012. – 512 с. : ил.
5. Актуальные вопросы проектирования антенно-фидерных устройств радиосвязи / под ред. Г. И. Трошина. – М. : Радиотехника, 2001. – Кн. 1. – 72 с.
6. Рубио, Дж. Анализ обобщенной матрицы рассеяния класса конечных решеток связанных антенн с использованием трехмерных МКЭ и сферических антенн. расширение режима / Дж. Рубио, М. А. Гонсалес и Дж. Сапата // IEEE Trans. Антенны Propag. – 2005. – Т. 53, № 3. – С. 1133–1144.
7. Петров, Б. М. Электродинамика и распространение радиоволн: учебник / Б. М. Петров. – М. : Горячая линия – Телеком, 2014. – 558 с.
8. Одновременное использование теорем сложения для цилиндрических и сферических волн для быстрых полных волн. волновой анализ антенных решеток на основе SIW / Дж. Рубио [и др.] // IEEE Trans. Антенны Propag. – 2019. – Т. 67, № 12. – С. 7379–7386.
9. Boström, A. Свойства преобразования плоских, сферических и цилиндрических скалярных и векторных волновых функций, in Field Views Introduction to Scattering. A msterdam / A. Boström, G. Kristensson, S. Ström. – Нидерланды : Elsevier, 1991. – Гл. 4. – С. 165–210.

УДК 621.396.96

Ж.А. Хуррамов, Б.М. Мухаммедов, Э.Э. Эшбобоев

УО «Высшее военное авиационное училище Республики Узбекистан»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОСАДКИ РСР-10МН И РСР-10МА (GCA-22AL)

Передачик РСР-10МН

Передающее устройство диспетчерского радиолокатора радиолокационной системы посадки РСР-10МН является составной частью радиолокационной станции РЛС, от работы которого зависят важнейшие тактические и технические показатели: точность определения координат ВС, разрешающая способность по дальности, обеспечение заданных вероятностей правильного обнаружения (РПО) и ложной тревоги (РЛТ), минимальная дальность обнаружения ВС (Дмин). До недавнего времени характерным было в диспетчерском радиолокаторе применение передающего устройства на базе модулятора с частичным разрядом накопителя энергии. Это было обусловлено рядом причин: возможностью получения коротких по длительности зондирующих импульсов, имеющих хорошую прямоугольную форму, необходимостью формирования кодированных запросных сигналов в активном режиме работы, снижением эффекта электронной перестройки частоты магнетрона в период генерирования импульса и сравнительной простотой построения [0]. При этом в качестве оконечного каскада и одновременно возбуждителя использовался магнетронный генератор, подмодулятор, модулятор. Импульсная мощность передатчика составляет 200 кВт (рисунок 1).

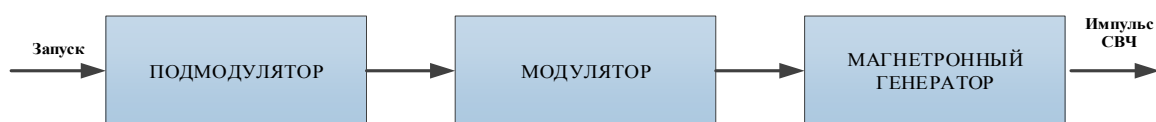


Рисунок 1 – Структурная схема передатчика ДРЛ

Основным недостатком магнетрона является его невысокая стабильность, которая не позволяет получать высоко когерентные последовательности импульсов для защиты от пассивных помех и местных предметов, невозможность межпериодной перестройки по частоте, невозможность внутримпульсной модуляции по частоте или фазе, что позволяет

импульсному сигналу сжиматься при соответствующей обработке, достаточно высокий уровень паразитных колебаний, достаточно жесткие ограничения по средней мощности, по минимальной (менее 100 нс) и максимальной (более 100 мкс) длительности сигналов (частота сигнала внутри импульса зависят от возможности импульсного модулятора поддерживать на необходимом уровне амплитуду модулирующего импульса) [0].

Передатчик РСП-10МА

Передающее устройство РСП-10МА в полностью твердотельном исполнении и предназначено для формирования и усиления зондирующих сигналов до заданного уровня мощности.

Оно имеет в своем составе [0]:

Субблок модулятора ПРЛ;

Твердотельный передатчик ПРЛ (выполнен на базе транзисторных модулей импульсных усилителей мощности, размещенных на общей плите радиатора);

Фильтр внеполосных излучений.

Формирование зондирующих импульсов (ЗИ ПРЛ) на частоте 30 МГц, определенной структуры (вида) и длительности выполняется в блоке ЦОС, с выхода которого они поступают на субблок модулятора ПРЛ (рисунок 2).

В модуляторе ПРЛ зондирующий импульс переносится на рабочую частоту ПРЛ (в диапазоне 1250–1350 МГц) путем суммирования с частотой гетеродина ПРЛ (1400–1500 МГц), который конструктивно размещен в субблоке модулятора, фильтрации несущей частоты и усиления сигнала по мощности до уровня менее 1 Вт.

Сформированный зондирующий сигнал (ЗС) малой мощности поступает для окончательного усиления на передатчик ПРЛ. Зондирующий сигнал (ЗС ПРЛ), усиленный в передатчике ПРЛ до заданного уровня мощности, через фильтр внеполосных частот поступает на антенно-фидерную систему для излучения в пространство. Сигналы стробов (Строб ПРЛ), которые формируются в блоке цифровой обработки сигналов (ЦОС), открывают импульсные усилители передатчика и обеспечивают защиту приемника ПРЛ от перегрузки на время излучения зондирующего сигнала. Импульсная мощность передатчика составляет 4 кВт.

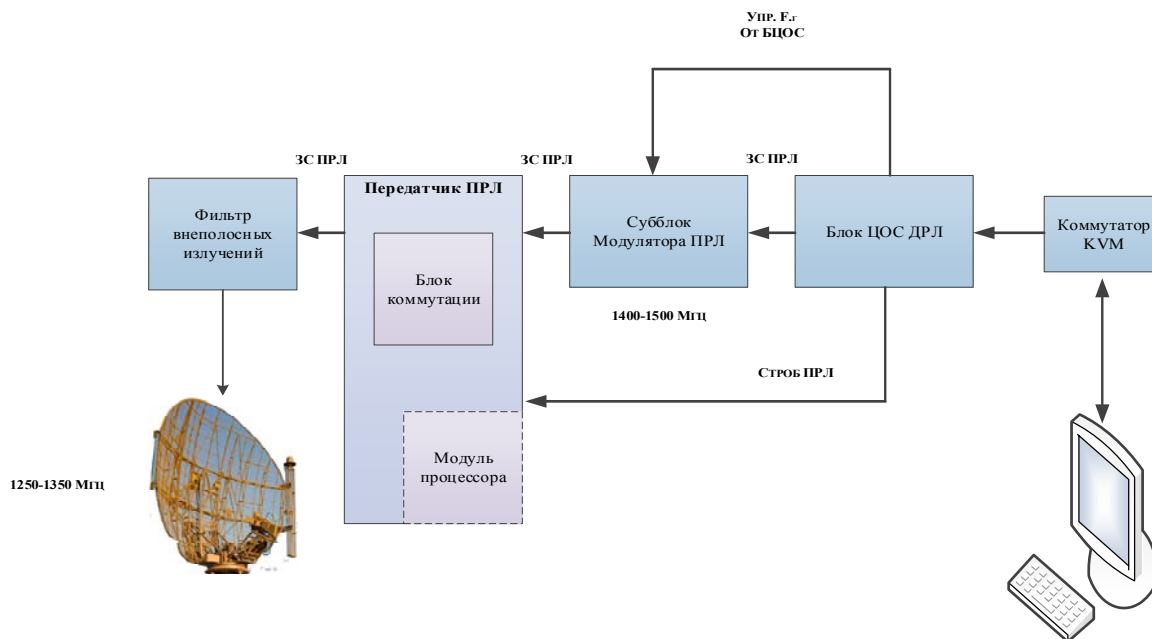


Рисунок 2 – Структурная схема передающее устройство ПРЛ РСП-10МА

Твердотельный передатчик обладает преимуществами перед вакуумными устройствами, среди которых можно назвать следующие:

время готовности снизу не ограничивается временем нагрева катода, для которого требуется определенная мощность, нет ограничения на время эксплуатации;

работа при значительно меньших уровнях напряжения (сотни вольт, а не десятки киловольт), что позволяет уменьшать габариты и массу, не требует применения для изоляции специальных материалов и масел, нестандартных деталей;

наработка на отказ значительно превышает аналогичный показатель для вакуумных устройств с аналогичными характеристиками;

невозможность получения от одного каскада требуемой мощности приводит к необходимости их группирования, что само по себе повышает надежность всего устройства в целом, так как отказ одного каскада приводит лишь к некоторой деградации, а не к отказу всего устройства в целом, кроме того, пиковые мощности относительно низкие, так как суммирование может происходить в пространстве, что позволяет использовать маломощные переключатели передача-прием для активных фазированных антенных решеток (АФАР);

широкополосность твердотельного передающего устройства в разы превосходит аналогичные показатели вакуумного СВЧ устройства, в связке твердотельное передающее устройство – антенная система – приемное устройство наименьшей полосой пропускания обладает антенная система, тогда как при использовании вакуумного передающего устройства ограничения возникают и на уровне самого передающего устройства.

Это достигается применением больших по длительности сигналов с фазовой или частотной внутриимпульсной модуляцией при относительно невысоких пиковых мощностях. Недостатки больших по длительности сигналов – большая мертвая зона.

Выход – формирование повторно в течение периода повторения сигнала для просмотра ближней мертвой зоны (на время длительности импульсного сигнала просмотра основной дальности). Так как просматривается ближняя зона, то энергетические показатели импульса могут быть снижены, может применяться сигнал с другим видом или законом внутриимпульсной модуляции.

Фактическая реализация такого решения часто не дает преимуществ, кроме надежности, однако замена автогенератора позволяет значительно повысить многие характеристики станции, прежде всего помехозащищенность от различного типа помех и разрешающую способность по дальности.

Появление в середине XX века полупроводниковых устройств-транзисторов, открыло новую эру радиоэлектроники. Поэтому выбор передающего устройства с требуемыми характеристиками определяет структуру построения всей станции, реализацию режимов ее боевого применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Радиолокационная система посадки РСР-10МН [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://lektsii.net/>. – Дата доступа: 10.10.2021.
2. Техническое описание РСР-10МА.
3. Военно-политический анализ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bvpa.ru/от-магнетронов-до-твердотельных-передатчиков>. – Дата доступа: 10.10.2021.

УДК 621.372.512

И.В. Чигирь

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ ОТ КОМБИНИРОВАННЫХ ИМИТИРУЮЩИХ И МАСКИРУЮЩИХ ПОМЕХ САМОПРИКРЫТИЯ

Наибольшей эффективностью подавления импульсно-доплеровских радиолокационных станций (ИД РЛС) обладают комбинированные имитирующие и маскирующие помехи (КИМ-помехи) [1]. КИМ-помеха самоприкрытия представляет собой аддитивную смесь уводящей по дальности и/или скорости помехи (УП) и протяженной по дальности коррелированной ответной шумовой помехи (ОШП) [1, 2]. Известные способы ПХЗ, подробно описанные в [1], при комбинированном воздействии УП и ОШП малоэффективны [2]. Для повышения эффективности действия моноимпульсных ИД РЛС сопровождения в условиях действия КИМ-помех самоприкрытия необходимо разрабатывать специальные устройства ПХЗ, работающих в автоматическом режиме.

Рассмотрим ситуацию противоборства ИД РЛС сопровождения и ВЦ, на борту которой имеется станция активных помех (САП). РЛС сопровождает одиночную ВЦ, при этом для постановщика помех ситуация идеальна (на его борту точно известны: частота зондирующего сигнала (ЗС) – f_0 , длительность T_0 , период повторения T_n и параметры закона модуляции (ЗМ) – $U_0(t)$, наклонная дальность, направление на подавляемую РЛС, скорость ВЦ в радиальном направлении и другие параметры). В РЛС используется когерентное накопление импульсов, при этом период повторения постоянен в течение десятков – сотен импульсов. В арсенале средств ПХЗ в ИД РЛС реализованы способы защиты, обзор которых подробно проведен в [1]. Помехи угломеру отсутствуют.

Алгоритм защиты моноимпульсных ИД РЛС сопровождения от КИМ-помех самоприкрытия предполагает постоянный мониторинг воздушно-помеховой обстановки в элементах дальности и скорости вблизи сопровождаемой цели. На рисунке 1 представлена структурная схема устройства защиты от КИМ-помех, функционирующая на основании сведений, полученных в результате анализа воздушно-помеховой обстановки.

При этом устройство защиты от КИМ-помех не является устройством, функционально сосредоточенным в одном блоке, оно распределено по элементам системы ПХЗ и предполагает разделение каналов. В первом канале (основном, далее ОК) будет обеспечиваться сопровождение сигнала (ОС, УП), работу дополнительного канала (ДК) будут обеспечивать устройства обнаружения-измерения ОШП и отделяющегося объекта (ООб), устройства компенсации ОШП и селекции ОС по сигнальным и траекторным признакам. Вся информация обрабатываемая в ОК и ДК поступает в устройство управления, контроля и помехозащиты. Входными данными для работы устройства защиты от КИМ-помех является сигнал антенного устройства (АУ) с учетом прохождения через высокочастотный тракт радиоприемного устройства (ВЧ РПрУ), на выходе которого формируется принятый сигнал суммарного f_{Σ} и разностного f_{Δ} каналов обработки. В устройстве обнаружения-измерения параметров протяженной по дальности коррелированной ОШП формируется решение об обнаружении ОШП на фоне внутренних шумов, а также производится формирование оценки вектора параметров ОШП $\hat{a}_{\text{ОШП}}$. Решение $A_{\text{ОШП}}^* = 1$ «Действует ОШП» соответствует ситуации, когда действует КИМ-помеха, а решение $A_{\text{ОШП}}^* = 0$ «ОШП не действует» соответствует ситуации когда КИМ-помеха не действует. Решение о наличии/отсутствии ОШП $A_{\text{ОШП},0}^*$ и оценка вектора

параметров ОШП $\hat{\mathbf{a}}_{\text{ОШП}}(\mathbf{f}|A_{\text{ОШП}}^*)$ (в случае принятия решения «ОШП действует») поступает в устройство управления, контроля и ПХЗ. На это устройство также поступают оценки временных параметров сопровождаемого сигнала $\hat{\mathbf{a}}_{\text{сс}}$.

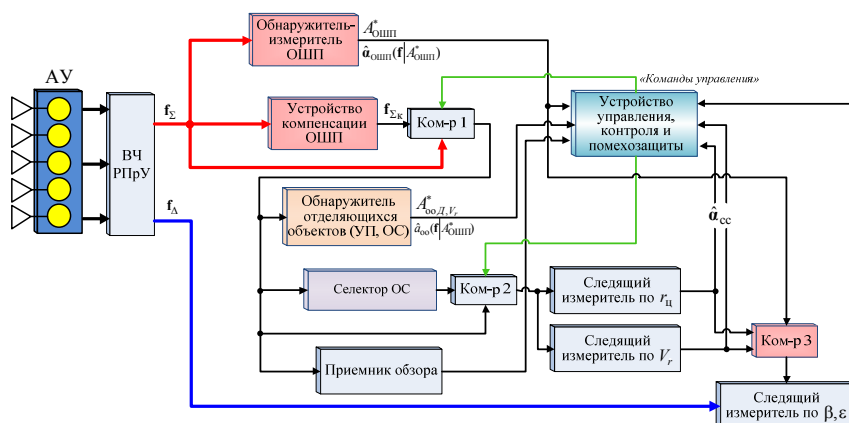


Рисунок 1 – Структурная схема устройства защиты моноимпульсной импульсно-доплеровской РЛС сопровождения от КИМ-помех самоприкрытия

Работа устройства компенсации, варианты технической реализации и основные ее характеристики подробно описаны в [2]. Работа устройства позволяет повысить показатели качества обнаружения ОС на фоне действующей протяженной по дальности коррелированной ОШП. На его выходе формируется сигнал суммарного канала обработки с учетом прохождения через компенсатор $\mathbf{f}_{\Sigma\kappa}$.

Работа устройства обнаружения ООб подробно рассмотрена в [3]. В данном устройстве производится автоматическая компенсация сопровождаемой цели, согласованная многоканальная по неизвестному радиальному ускорению обработка сигнала, формируется достаточная статистика и подается на вход устройства принятия решения с одновременной оценкой момента разделения объекта и радиального ускорения ООб. Решение о наличии/отсутствии ООб $A_{\text{оо1,0}}^*$ и оценка радиального ускорения ООб $\hat{\mathbf{a}}_{\text{оо}}$ поступает в устройство управления, контроля и ПХЗ. Устройство селекции ОС (селектор ОС) включает в себя совокупность устройств, каждое из которых по определенным признакам проверяет принадлежность наблюдаемых сигналов к реальным целям. Работа таких устройств подробно описана в работах [1]. На выходе данного устройства формируется решение $A_{\text{сел}}^* = 0$ «ОС не выделен» или $A_{\text{сел}}^* = 1$ «ОС выделен». Результаты работы следящих измерителей по сигналу ОК, обнаружителей-измерителей ОШП и ООб, устройства компенсации ОШП и селекции ОС по сигнальным и траекторным признакам поступают на устройство управления, контроля и помехозащиты. Алгоритм работы данного устройства определяется логикой работы (3).

«Решение 1» соответствует безпомеховой ситуации, когда объект, сопровождаемый в ОК, соответствует ОС ВЦ и на входы следящих измерителей по дальности и скорости продолжают поступать опорные колебания, соответствующие сигналу из ОК. «Решение 2а» соответствует ситуации, когда помимо сопровождаемого в ОК сигнала имеется еще один, по совокупности признаков обнаруженный в ДК сигнал соответствует реальной цели. В таком случае принимается решение «Новая цель», на входы следящих измерителей по дальности и скорости продолжают поступать опорные колебания, соответствующие сигналу из ОК, дальнейшая работа по «Новой цели» строится в соответствии с алгоритмами боевой работы ИД РЛС сопровождения. «Решение 2б» соответствует ситуации, когда помимо сопровождаемого в ОК объекта

имеется еще один. В селекторе ОС принимается решение о том, что объект ОК не соответствует реальной цели. Принимается решение, что сопровождаемый в ОК объект является УП, осуществляется переключение опорных напряжений для измерителей дальности, скорости и угловых координат на сигнал из ДК.

$$\begin{aligned}
 & \text{если } A_{\text{ОШП}}^* = 0, \text{ то – обнаружение ООб} \\
 & \left\{ \begin{array}{l} \text{если } A_{\text{ОО}}^* = 0, \text{ то – "Решение 1"} \\ \text{если } A_{\text{ОО}}^* = 1, \text{ то – селекция ОС} \end{array} \right. \\
 & \left\{ \begin{array}{l} \text{если } A_{\text{сел}}^* = 0, \text{ то – "Решение 2а"} \\ \text{если } A_{\text{сел}}^* = 1, \text{ то – "Решение 2б"} \end{array} \right. , \\
 & \text{если } A_{\text{ОШП}_1}^* , \text{ то – компенсация ОШП, затем обнаружение ООб} \\
 & \left\{ \begin{array}{l} \text{если } A_{\text{ОО}}^* = 0, \text{ то – "Решение 3"} \\ \text{если } A_{\text{ОО}}^* = 1, \text{ то – селекция ОС} \end{array} \right. \\
 & \left\{ \begin{array}{l} \text{если } A_{\text{сел}}^* = 0, \text{ то – "Решение 4а"}, \\ \text{если } A_{\text{сел}}^* = 1, \text{ то – "Решение 4б"} \end{array} \right.
 \end{aligned} \tag{3}$$

«Решение 3» соответствует ситуации, когда действует ОШП и принимается решение «Действует КИМ-помеха». Другие объекты с учетом компенсации маскирующей составляющей КИМ-помехи не обнаружены. В таком случае принимается решение, что в ОК действует УП. Обеспечивается блокировка информации, поступающей с измерителей дальности и скорости. Информация о параметрах УП и ОШП ($\hat{a}_{\text{сс}}$, $\hat{a}_{\text{ОШП}}$) через устройство управления, контроля и ПХЗ в качестве опорных напряжений поступает на следящий измеритель угловых координат, который переходит на сопровождение КИМ-помехи. **«Решение 4а»** соответствует ситуации, когда действует ОШП, принято решение «Действует КИМ-помеха» и после компенсации маскирующей составляющей КИМ-помехи обнаружен ООб, по совокупности признаков соответствует реальной цели. В таком случае принимается решение, что сопровождаемый в ОК объект соответствует ВЦ-постановщику КИМ-помех. Для сопровождения постановщика КИМ-помех по дальности и скорости на входы соответствующих следящих измерителей продолжают поступать опорные колебания, соответствующие сигналу из ОК с учетом компенсации. Следящий измеритель угловых координат по информации о параметрах УП и ОШП ($\hat{a}_{\text{сс}}$, $\hat{a}_{\text{ОШП}}$) через устройство управления, контроля и ПХЗ переходит на сопровождение КИМ-помехи. Объект, обнаруженный в ДК соответствует решению «Новая цель», дальнейшая работа по новой цели строится в соответствии с алгоритмами боевой работы ИД РЛС сопровождения. **«Решение 4б»** соответствует ситуации, когда действует ОШП, принято решение «Действует КИМ-помеха». После компенсации маскирующей составляющей КИМ-помехи обнаружен ООб, в селекторе ОС принимается решение о том, что объект ОК не соответствует реальной цели. В таком случае принимается решение, что сопровождаемый в ОК объект соответствует УП, осуществляется переключение опорных напряжений для измерителей дальности, скорости на сигнал из ДК. Следящий измеритель угловых координат по информации о параметрах УП и ОШП ($\hat{a}_{\text{сс}}$, $\hat{a}_{\text{ОШП}}$) через устройство управления, контроля и ПХЗ переходит на сопровождение КИМ-помехи. Для реализации алгоритма (3) в устройстве рисунка 1 имеется набор коммутаторов (Ком-р 1, Ком-р 2, Ком-р 3), посредством которых осуществляется подключение управляющих команд и опорных напряжений к соответствующим устройствам ИД РЛС.

По результатам моделирования установлено, что достоверность оценивания $\alpha_{\text{ОШП}}$ снижается при отношениях ОШП-шум менее 14–15 дБ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Brunt, V. Applied ECM / V. Brunt, B. Leroy. – EW Engineering Inc, 1972. – 1700 p.
2. Гуцев, Р. А. Обоснование облика системы защиты импульсно-доплеровских моноимпульсных РЛС сопровождения от воздействия комбинированных имитирующих и маскирующих помех самоприкрытия. Отчет о 2 этапе НИР «Комби-2020» / Р. А. Гуцев, И. В. Чигирь. – Минск : УО «ВА Респ. Беларусь», 2020. – 218 с.
3. Аль-Желили, Б. Обнаружение отделяющихся объектов на фоне модуляционных компонентов отраженного сигнала / Б. Аль-Желили, С. А. Горшков // Вестник Военной академии Республики Беларусь. – 2006. – № 3 (12). – С. 18–23.

УДК 621.396.96

В.Г. Чигряй, А.С. Храменков

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»***ОСОБЕННОСТИ ВТОРИЧНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ
МАЛОРАЗМЕРНЫХ БПЛА И ПТИЦ**

В настоящее время наблюдается повышение интереса к разработкам в сфере применения беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Тактические и стратегические БПЛА нашли широкое применение в вооруженных силах иностранных государств. Для решения разнообразных задач, как военного (ведение разведки, проведение различного рода провокаций и диверсий), так и гражданского значения используются малоразмерные БПЛА. Особенностью малоразмерных БПЛА является их относительно невысокая стоимость и, как следствие, общая доступность. Применение малоразмерных беспилотных летательных аппаратов возможно в террористических целях. В связи с этим не теряет своей актуальности задача радиолокационного обнаружения малоразмерных БПЛА. Основная сложность при этом, заключается в небольшом значении ЭОП и схожести сигналов, отраженных от малоразмерных БПЛА и дискретных мешающих отражений (существенный вклад в формирование которых, на малых и предельно малых высотах, оказывают отражения от птиц). Целью доклада является рассмотрение особенностей вторичного радиолокационного излучения малоразмерных БПЛА и птиц.

Общие сведения. Отражающие свойства радиолокационной цели принято характеризовать эффективной отражающей поверхностью (ЭОП). Эффективная отражающая поверхность ($\sigma_{\text{ц}}$) определяется как площадь некоторого фиктивного изотропного отражателя, который, будучи помещенным на место цели, равномерно рассеивает всю падающую на него мощность и создает на раскрытие приемной антенны такую же плотность потока мощности, что и сама цель [1, с. 57]. В качестве фиктивного изотропного отражателя могут выступать эталонные отражатели с известными значениями ЭОП (сфера, пластина и т. д.). Для оценивания значения ЭОП цели наибольшее распространение получили следующие способы: экспериментальный, полужэкспериментальный и математическое моделирование.

При экспериментальном способе измерения ЭОП необходимыми элементами являются наличие открытого измерительного полигона и реальных объектов наблюдения. Процесс измерения ЭОП целей на полигонах имеет ряд особенностей. Летным испытаниям предшествуют наземные, на которых выполняются измерения ЭОП при различных углах наблюдения цели. Зависимость ЭОП цели от ее ориентации относительно радиолокатора называют диаграммой обратного вторичного излучения (ДОВИ). Полагается, что радиолокатор, используемый для измерения ЭОП, обеспечивает возможность определения напряженности электрического поля отраженного сигнала от эталонной (E_0) и испытуемой ($E_{\text{ц}}$) целей, а отражения от земной поверхности при этих измерениях отсутствуют, потери

энергии из-за затухания радиоволн при распространении их на расстояния до эталонной (R_0) и испытываемой целей $R_{ц}$ отсутствуют.

При наличии априорных данных об эталонном объекте, расположенном на полигоне, экспериментальная оценка статической ЭОП цели ($\sigma_{ц}$) формируется в соответствии с:

$$\sigma_{ц} = \sigma_0 \cdot \left(\frac{R_{ц}}{R_0} \right)^2 \frac{E_{ц}^2}{E_0^2}, \quad (1)$$

где σ_0 – априорно известное значение ЭОП эталонного отражателя; $R_{ц}$ – расстояние от антенны до цели; $E_{ц}^2$ – квадрат напряженности электрического поля отраженного от цели сигнала у раскрытия приемной антенны; R_0 – расстояние от антенны до эталонного отражателя; E_0^2 – квадрат напряженности электрического поля отраженного сигнала от эталонного отражателя у раскрытия приемной антенны.

Измерение ЭОП полуконформным способом предполагает наличие безэховой камеры и соответствующих моделей объектов наблюдения. В качестве моделей цели при этом используются уменьшенные в m раз копии реальных объектов, где m – коэффициент масштабирования. При расчете ЭОП полуконформным способом ($\sigma'_{ц}$), когда модель цели представляет собой уменьшенную в m раз копию реального объекта, для удовлетворения принципа подобия, длину волны также необходимо уменьшить в m раз. В конечном счете, значение ЭОП модели объекта должно быть пересчитано в ЭОП реальной цели: $\sigma_{ц} = m^2 \cdot \sigma'_{ц}$.

На современном этапе развития средств вычислительной техники наименее трудоемким способом оценивания ЭОП является метод математического моделирования. Расчет ЭОП производится в системе электромагнитного моделирования, представляющей собой универсальный или узконаправленный пакет моделирования. Результаты расчета ЭОП, полученные таким образом, являются приближенными, однако, как правило, их точности достаточно для разработки и настройки моделей устройств радиолокационного наблюдения.

Особенности вторичного радиолокационного излучения малоразмерных БПЛА и птиц. Малоразмерные БПЛА характеризуются разнообразной конфигурацией. На рисунке 1 в качестве примера представлены квадрокоптер DJI Phantom 3 (а) и одновинтовой БПЛА самолетного типа Skywalker 190 (б).



Рисунок 1 – Внешний вид БПЛА: а – DJI Phantom 3; б – Skywalker 190

Малоразмерные БПЛА характеризуются низким значением эффективной отражающей поверхности ($0,001-0,01 \text{ м}^2$), при этом в зависимости от ряда факторов (ракурс наблюдения, конструктивные особенности, условия наблюдения и т. д.) это значение может существенно изменяться [2, с. 72].

Птицы имеют схожее значение ЭОП с малоразмерными БПЛА. Исследования птицы как радиолокационной цели в сантиметровом диапазоне радиоволн [3, с. 10] показали, что значение ЭОП формируется за счет радиоволн, рассеиваемых, в основном, от сфероподобного тела птицы (туловища). Таким образом, оценка ЭОП птицы предполагает аппроксимацию формы тела птицы вытянутым сфероидом [3, с. 10]. Тогда проекцию сфероида на плоскость перпендикулярную падающей от радиолокатора электромагнитной энергии можно аппроксимировать вытянутым эллипсоидом вращения с большой осью b (расстояние между передней частью грудной клетки и задней частью брюшной полости) и малой осью $a = b/2$ [3, стр. 10], [4, с. 122]. В соответствии с предложенной аппроксимацией, могут быть получены среднее, максимальное и минимальное значения ЭОП птицы [4, с. 122]:

$$\sigma_{\text{цср}} = 0,11 \cdot \pi \cdot b^2, \quad \sigma_{\text{цmax}} = \pi \cdot b^2, \quad \sigma_{\text{цmin}} = \pi \cdot b^2 / 16. \quad (2)$$

В таблице 1 приведены среднее, максимальное и минимальное значения ЭОП некоторых птиц, полученные на основании выражений (2).

Таблица 1 – Теоретические значения ЭОП некоторых птиц

Название	Длина тела птицы (b), м	Среднее значение ЭОП ($\sigma_{\text{цср}}$), м ²	Максимальное значение ЭОП ($\sigma_{\text{цmax}}$), м ²	Минимальное значение ЭОП ($\sigma_{\text{цmin}}$), м ²
Чайка	0,15	$7,78 \cdot 10^{-3}$	0,071	$4,42 \cdot 10^{-3}$
Голубь	0,1	$3,46 \cdot 10^{-3}$	0,031	$1,96 \cdot 10^{-3}$
Жаворонок	0,08	$2,21 \cdot 10^{-3}$	0,02	$1,26 \cdot 10^{-3}$
Воробей	0,05	$0,86 \cdot 10^{-3}$	$7,85 \cdot 10^{-3}$	$0,49 \cdot 10^{-3}$

Современные средства компьютерного моделирования позволяют проводить надежные расчеты ЭОП малоразмерных объектов. На рисунке 2 приведены ДОВИ, полученные при наблюдении БПЛА Skywalker 190 (a), с размахом крыльев 190 см, диаметром лопасти 28 см и голубя (b).

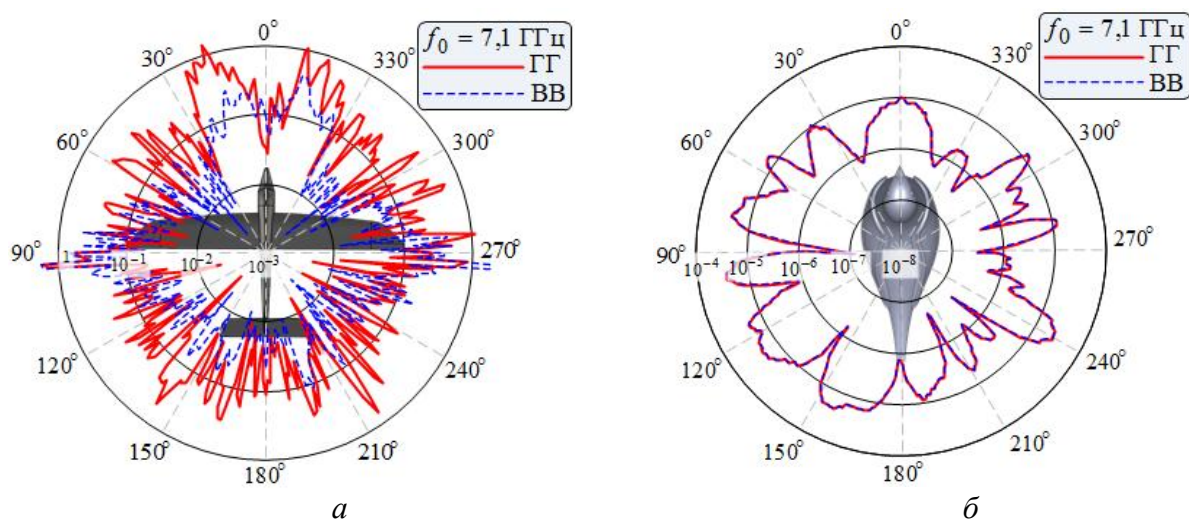


Рисунок 2 – Диаграмма обратного вторичного излучения:

a – БПЛА Skywalker 190; b – голубь

Полученные ДОВИ могут быть использованы в качестве отличительных признаков для селекции малоразмерных БПЛА на фоне отражений от птиц. Однако следует учитывать, что измерение ЭОП наблюдаемого объекта производится с некоторой ошибкой. В связи с этим селекция малоразмерных БПЛА возможна только при высоком отношении сигнал–шум. Наличие переотражений от Земли и взаимного углового расположения цели и антенны радиолокатора также обуславливают наличие искажений ЭОП. Использование различий только в значениях ЭОП не обеспечивает высокой эффективности селекции малоразмерных БПЛА на фоне отражений от птиц. Повышение эффективности возможно за счет использования совокупности отличительных признаков (сигнальных, траекторных и тактических).

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Охрименко, А. Е. Основы радиолокации и радиоэлектронная борьба / А. Е. Охрименко. – М. : Воен. издат., 1983. – Ч. 1 : Основы радиолокации. – 456 с.
2. Воробьев, Е. Н. Исследование сигнальных признаков распознавания малых БПЛА в полуактивной РЛС / Е. Н. Воробьев // Вестник Новгородского Государственного университета. – 2019. – № 4 (116). – С. 72–77.
3. Диневич, Л. А. Распознавание радиоэха птиц на базе радиолокатора МРЛ-5 / Л. А. Диневич // Наука, инновации, технологии. – 2014. – № 1 (5). – С. 7–40.
4. Мацюра, А. В. Радиолокационные орнитологические наблюдения: краткий обзор стационарных и мобильных комплексов / А. В. Мацюра // Acta Biologica Sibirica. – 2015. – № 3-4. – С. 118–147.

УДК 621.396

Е.А. Чумаков, И.С. Зибров, С.А. Дмитриев

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

РАДИОСТАНЦИЯ ДЕКАМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА С УСИЛИТЕЛЕМ МОЩНОСТИ ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

В современных условиях для устойчивого управления авиационными частями и соединениями необходимо наличие систем наземной и воздушной радиосвязи, обеспечивающих передачу и прием аналоговых и цифровых сигналов в широкой полосе частот и на большие расстояния. Многоканальность систем радиосвязи можно реализовать в диапазоне метровых и дециметровых волн, обеспечив необходимую дальность связи за счет использования спутниковых, тропосферных и других систем радиосвязи. Однако при этом не всегда можно обеспечить требуемую оперативность связи с достаточной скрытностью. В решении этих сложных и противоречивых задач главное место занимает радиосвязь.

В системе управления войсками важную роль играет радиосвязь в ДКМ диапазоне. Современные отечественные радиостанции имеют высокие ТТХ. Однако их основным недостатками являются: высокий уровень нелинейных искажений, низкая энергетическая эффективность, недостаточная надежность и большие затраты энергоресурсов, устранение этих недостатков при эксплуатации радиостанции имеет важное значение. В данной работе повышение энергетической эффективности, снижения уровня нелинейных искажений и увеличение КПД достигается с помощью использования метода раздельного усиления составляющих сигнала с ОМ.

В усилителе мощности радиостанции – прототипа мы имеем 3 каскада реализованных на основе генераторных ламп [1], представленные на рисунке 1.

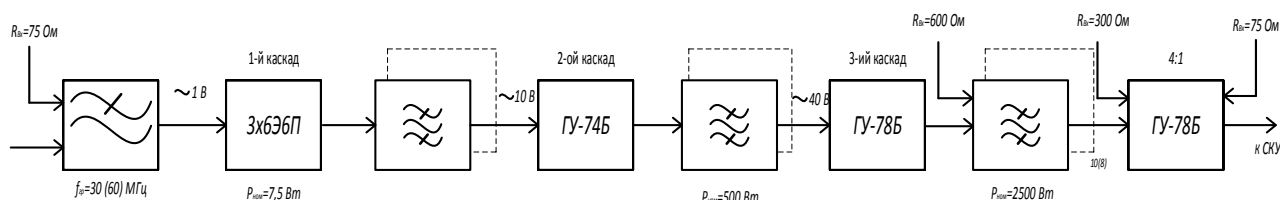


Рисунок 1 – Структурная схема усилительного тракта станции – прототипа

Первый каскад собран на трех лампах. Входная цепь ламп выполнена в виде ФНЧ. Нагрузкой ламп являются три полосовых фильтра.

Второй каскад собран на генераторном тетраде. Нагрузкой лампы являются 4 полосовых фильтра.

Третий каскад построен на лампе. Нагрузкой третьего каскада являются 10 полосовых фильтров в КВ и 8 фильтров в УКВ диапазоне [2].

Нагрузкой фильтров является широкополосный трансформатор.

Для повышения энергетической эффективности мы используем метод раздельного усиления сигнала, представленный на рисунке 2.

В УМ проектируемой радиостанции 3 каскада на основе генераторных ламп заменены 4 каскадами усиления на основе транзисторных широкополосных модулей [3], представленный на рисунке 3.

Усиленный сигнал несущей и огибающей перемножаются в оконечном каскаде УМ, на выходе которого получается восстановленный ОМ сигнал на высоком энергетическом уровне [4].

Раздельное усиление сигнала ОМ позволяет:

- выбирать режимы работы по напряженности усилительных каскадов, близкие к граничному, что обеспечивает значительное повышение КПД передатчика и повышение его энергетической эффективности;
- снижать требования по линейности для каскадов предварительного усиления, что эквивалентно снижению нелинейных искажений.

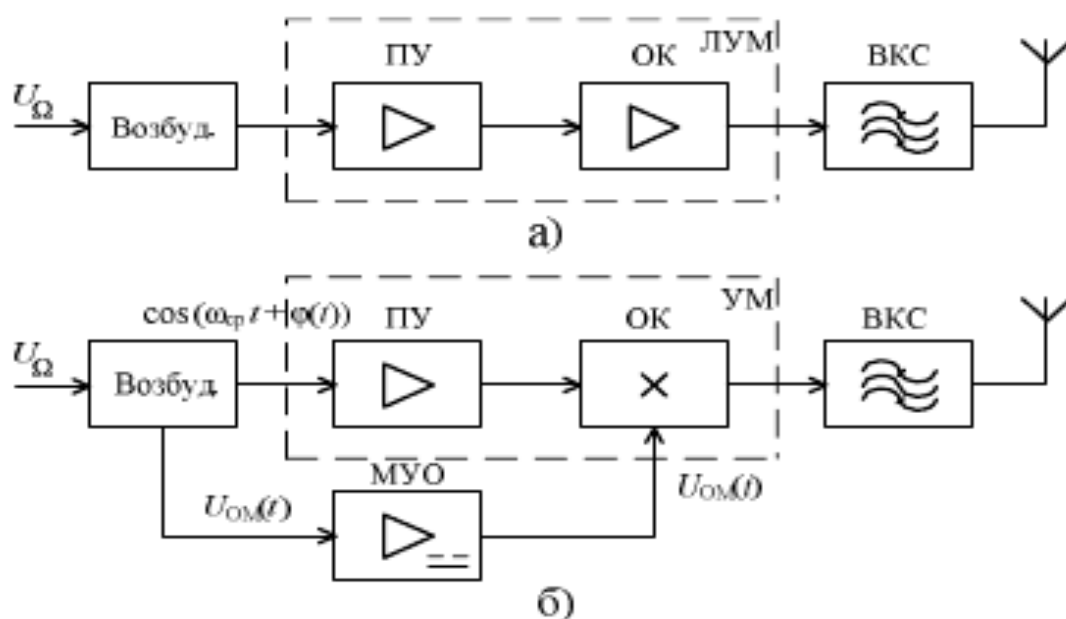


Рисунок 2 – Структурные схемы передатчиков с ОМ:

- классическая схема усиления, которая используется в станции прототипе;
- схема, построенная по методу раздельного усиления составляющих

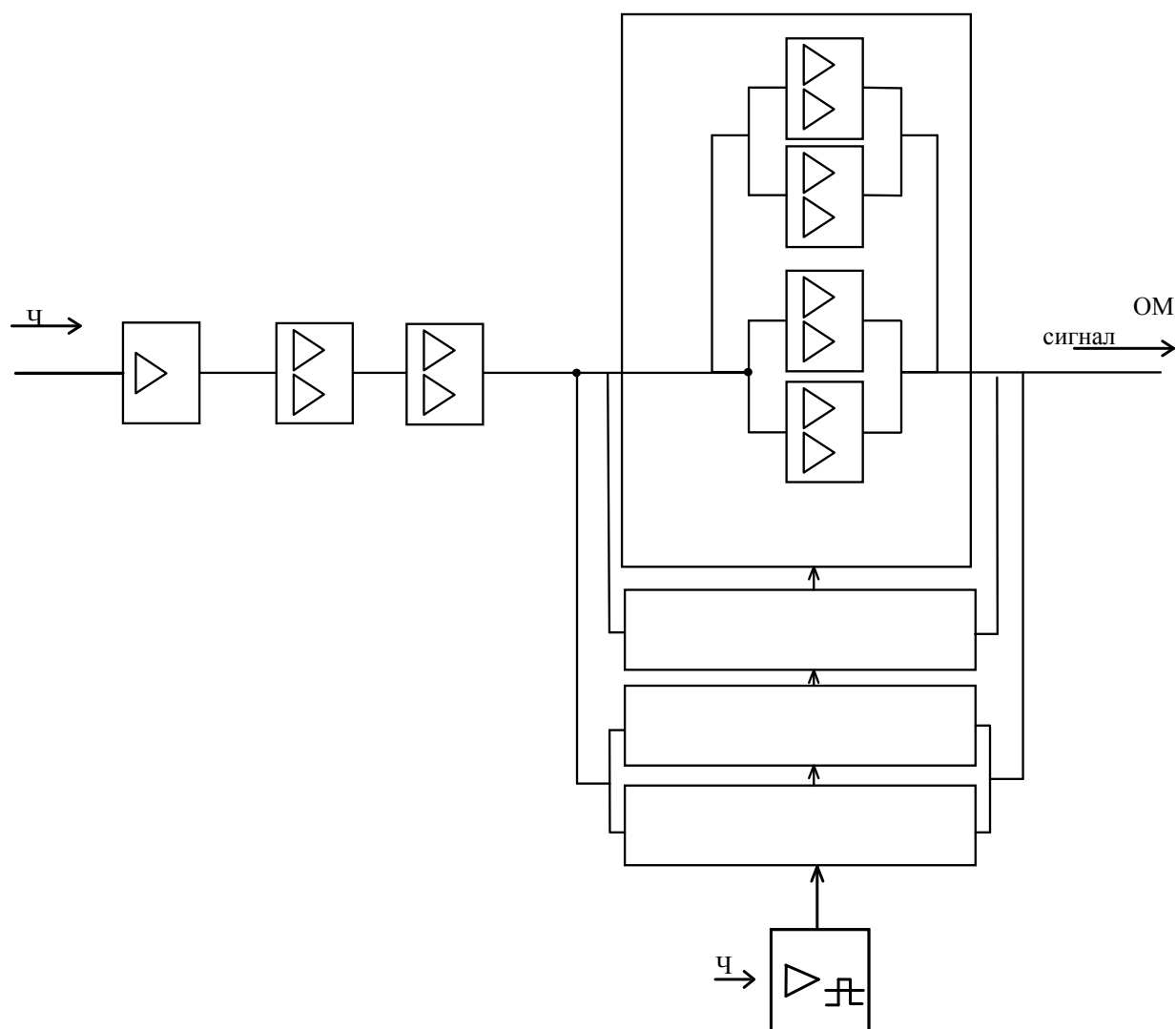


Рисунок 3 – Структурная схема усилителя мощности

Также данное техническое решение позволяет исключить полосовые фильтры после каскадов усиления, используемые в станции – прототипе, что повышает надежность усилителя мощности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Забавников, В. Н. Работа на средствах связи. Работа радиостанции Р-161А2М в различных режимах / В. Н. Забавников, С. Р. Каберов, С. А. Дмитриев. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2016. – 144 с.
2. Авиационные радиосвязные устройства : учебник для вузов / под ред. В. И. Тихонова. – М. : ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 1986. – 442 с.
3. Делик, В. М. Устройства генерирования и формирования сигналов / В. М. Делик, М. А. Савельев. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – 480 с.
4. Савельев, М. А. Передающие устройства связных радиостанций : учебно-методическое пособие по курсовому и дипломному проектированию / М. А. Савельев, Е. С. Косинов, И. Т. Степаненко. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2017. – 196 с.

УДК 621.396.96

А.В. Шарамет, А.Г. Боровой

*Белорусская государственная академия авиации,**ОАО «КБ Радар» – управляющая компания холдинга «Системы радиолокации»***МНОГОСКОРОСТНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ
ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ**

В процессе разработки современных авиационных радиотехнических систем (например, авиационного радиоэлектронного оборудования и радиотехнических систем обеспечения полетов, средств связи и навигации) одним из вопросов является выбор элементной базы, которая ложится в основу вычислительной платформы, реализующей алгоритмы цифровой обработки сигналов.

Эффективность функционирования авиационных радиотехнических систем характеризуется их способностью решать стоящие перед ними задачи с требуемым качеством в сложившейся обстановке. Основным показателем, определяющим работоспособность радиотехнических систем, является помехозащищенность. Помехозащищенность обеспечивается путем предварительного анализа возможных типов и вероятностей появления различного рода помех, возможным направлением их прихода, ожидаемым уровнем мощности помех, а также ее статистическими характеристиками. По результатам проведенного анализа формулируются требования к вновь разрабатываемым алгоритмам. При разработке требований необходимо в комплексе учитывать степень проработанности не только алгоритмов цифровой обработки сигналов, но и современное состояние элементной базы.

Для реализации алгоритмов цифровой обработки в настоящее время существует три больших класса микросхем: программируемые логические интегральные схемы (ПЛИС), микроконтроллеры (МК) и цифровые сигнальные процессоры (ЦСП), на базе которых можно реализовать большой перечень алгоритмов.

Построение системы на базе ПЛИС позволяет добиться максимальной производительности при реализации алгоритмов в основе которых лежит многоканальная, многоскоростная обработка сигналов или многоступенчатая фильтрация. Особенностью использования данного класса микросхем является возможность эффективной реализации сложных параллельных алгоритмов на микросхемах относительно недорогих семейств. Противоположностью ПЛИС являются МК, которые позволяют эффективно реализовать только последовательные алгоритмы. Необходимо отметить, что наличие механизма векторов прерывания в составе МК позволяет в процессе последовательной обработки сигнала параллельно отслеживать различного рода события и при их возникновении осуществлять их обработку. При этом алгоритм обработки сигнала все равно реализуется последовательно, что предопределило применение МК для реализации малобюджетных проектов, которые не требуют больших вычислительных ресурсов, а также имеют низкое энергопотребление. Областью применения МК являются системы управления и контроля. Ввиду того, что физически невозможно одинаково эффективно выполнять одновременно последовательные и параллельные вычисления при реализации сложных (например, адаптивных алгоритмов) насыщенных циклами и операциями ветвления алгоритмов, необходимо увеличивать число ЦСП и обеспечивать их работу в мультипроцессорном режиме. Основной отличительной особенностью ЦСП от двух других классов микросхем является наличие высокоскоростных арифметических операций, реализующих алгоритмы с плавающей точкой, что позволяет получить дополнительные преимущества для вновь разрабатываемых систем.

Таким образом, эффективность функционирования авиационных радиотехнических систем зависит от: эффективности алгоритмов обработки сигнала и элементной базой, позволяющей реализовать алгоритмы. Критерием степени влияния алгоритмов на выбор

элементной базы и наоборот является процентное соотношение в алгоритме между параллельными и последовательными операциями.

УДК 623.613

С.М. Яценко, В.С. Трегубов, И.И. Туманов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО СЕТИ ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ

Компьютерные сети крепко внедрили почти во все отрасли работы человека. Поэтому в наше время возникли устройства для передачи информации по сети электропитания, соединение которых может осуществляться с локальной сетью. Для соединения в сеть нескольких компьютеров и устройств периферии, они используют различные технические решения. Но главные методы обмена сведениями между электронными устройствами продолжают быть неизменными.

Передача информации и организация питания по одним и тем же проводам довольно хорошо используется в разных средствах. Но у большей части таких решений есть видимый недочет: они все в общем случае требуют проведения монтажных работ, издержки на которые часто составляют значительную часть себестоимости наладки сети [1].

Канал передачи данных – это средства обоюдного обмена данными, включающие линии связи и устройства приема или передачи данных. Каналы передачи данных соединяют между собой источники и приемники информации (рисунок 1).

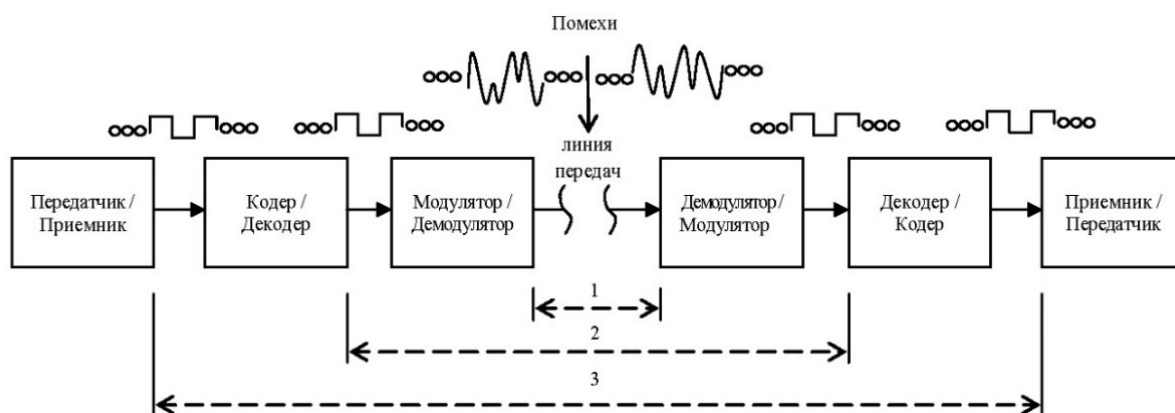


Рисунок 1 – Общая структурная схема канала передачи:
1 – непрерывный (аналоговый) канал; 2, 3 – дискретные каналы

Принцип действия передающего тракта устройства передачи данных по энергосети просто представить, разработав алгоритм его работы (рисунок 2).

Сначала устройство находится в режиме ожидания. Все исходные данные, проходят по шинам данных и адреса компьютера, приходят на вход устройства. Устройство анализирует адреса, по которым посланы эти сведения, если адрес данных соответствует адресу устройства передачи данных, то они переходят в устройство, по-другому эти сведения не читаются устройством. Свойства идентификации и получения данных из компьютера выполняет микропроцессор. Сформированные кадры подаются на относительный кодер. Относительное кодирование предлагает решение проблемы неопределенности фазы биимпульса в приемном тракте. В итоге, данные подаются на помехоустойчивый кодер. С выхода помехоустойчивого кодера закодированные пакеты данных подаются на

цифроаналоговый преобразователь. Это нужно для последующей модуляции. Так как диапазон выделенного сигнала, больше полосы пропускания, то на выходе ЦАП стоят полосовые фильтры, ограничивающие спектр сигнала по ширине полосы передачи. Модуляция осуществляется в зависимости от заданного диапазоном частот передачи данных. Свойства кодировки, цифроаналогового преобразования, фильтрации и модуляции осуществляет DSP-контроллер.

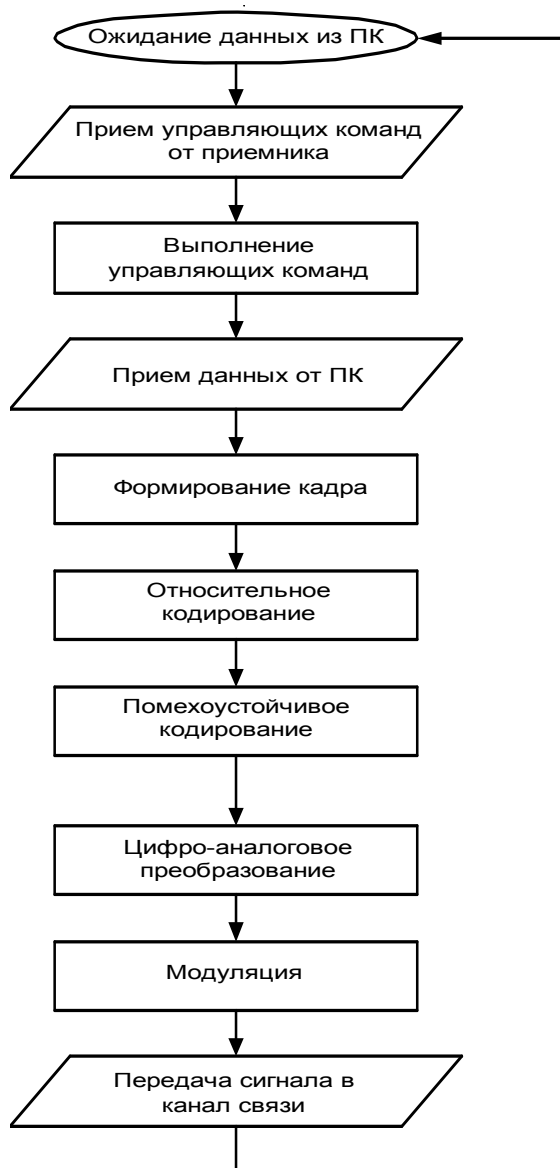




Рисунок 2 – Алгоритм работы передающей части устройства

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Устройства передачи информации по сети электропитания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.bibliofond.ru/view.aspx?id=451295>. – Дата доступа: 01.11.2021.



**7 СЕКЦИЯ.
ЯЗЫКОВАЯ ПОДГОТОВКА АВИАЦИОННЫХ
СПЕЦИАЛИСТОВ И ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
КОММУНИКАЦИИ**



УДК 811.111

Т.И. Бойко, О.С. Полетаева, А.Э. Реут

Белорусская государственная академия авиации

АВИАЦИОННЫЙ АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК КАК СПЕЦИАЛЬНЫЙ ЯЗЫК КОММУНИКАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Изучение иностранного языка считается жизненно важным требованием для формирования современного общества. Общение на иностранных языках также заявлено как одна из восьми ключевых компетенций, определенных и рассматриваемых как необходимость, которой должны обладать все будущие специалисты для успешной жизни в обществе. Английский язык для специальных целей (English for Specific Purposes, далее ESP) был быстро развивающейся отраслью английского языка как иностранного (English as Foreign Language, далее EFL) и стал основным фактором в преподавании английского языка и связанных с ним исследованиях.

Изучение языка – это не только изучение его грамматики, но и изучение словарного запаса и его правильное использование в коммуникативных целях. «Без грамматики можно передать очень немного, без словарного запаса передать невозможно» [1]. Овладение словарным запасом также является наиболее важным компонентом успешного изучения языка в профессиональной сфере.

Техническая лексика – это особые термины из области, которые преподаются студентам, которые могут уверенно использовать их в профессиональной коммуникации. В каждой области есть набор технических слов, предназначенных только для людей, знакомых с этой областью, а также есть нетехнические слова, которые можно использовать во многих областях [2]. Обучение технической лексике важно для понимания студентами содержания, так как они не смогут достаточно хорошо понять и усвоить информацию из главы учебника или выбранных материалов для чтения, если важные технические термины не были объяснены заранее. Независимо от того, сколько времени преподаватели используют для обучения лексике, обучение значению и использование технической лексики в значительной степени способствует изучению области содержания.

Язык международного диспетчерского управления воздушным движением можно рассматривать как особый в том смысле, что набор фраз, требуемый диспетчером и пилотом, строго ограничен и может быть точно определен ситуативно [2]. Таким образом, авиационный английский может быть разновидностью языка для специальных целей, в то время как радиотелефонный английский (English for Radiotelephony Communication, далее RTFE), который является ядром авиационного английского, может считаться своего рода специальным языком для профессиональных целей или языком ограниченного доступа.

Авиационная технология, как и все другие отрасли науки, не принадлежит какой-либо конкретной нации или культуре, а относится к универсальному понятию. Точно так же язык радиотелефонии является частью культурных и языковых вариаций. Если принять во внимание всемирное распространение современной науки и неуклонный прогресс в авиационных технологиях, можно четко понять суть преподавания авиационной лексики английского языка как совокупности технологических достижений в авиационной промышленности. Глобальный аспект авиационных технологий, приводящий к разнообразным культурным и языковым практикам в авиационной промышленности, создает большие трудности для студентов, изучающих авиационный английский язык, включая различные лексические формы, семантические особенности и произношение технических английских слов. Другими словами, это множество и разнообразие авиационных сообществ влияет на изучение авиационной лексики в том, что касается значения, формы, написания и произношения технических терминов. Этот проблемный характер изучения авиационной лексики делает ее преподавание более важным как одно из разновидностей языка для специальных целей (ESP).

Разговор по радиотелефону можно определить, как общение между пилотами и авиадиспетчерами, которое происходит через радиосреду, когда один авиадиспетчер в диспетчерской вышке разговаривает со многими пилотами на одной и той же частоте. Термин фразеология относится к группе стандартных слов и фраз, которые обычно используются в радиотелефонной связи.

Фразеология в достаточной степени охватывает все рутинные ситуации и может рассматриваться как пример языка для конкретных целей (ESP).

Обычный язык – это язык, который используется в радиотелефонной связи между пилотами и диспетчерами, когда фразеологии недостаточно, особенно во внештатных и чрезвычайных ситуациях. Когда обычного использования фразеологии недостаточно, пилоты и диспетчеры предпочитают использовать простой английский, чтобы поддерживать правильно переданный и ясно понимаемый радиотелефонный разговор. Параллельно с этим, согласно руководству Международной организации гражданской авиации (ИКАО), простой язык должен быть конкретным, ясным и прямым [2]. Однако существуют естественные ограничения пользователей, не являющихся носителями английского языка, в использовании английского языка в радиотелефонной связи. Кроме того, их ограниченный уровень владения английским языком может представлять серьезную угрозу для безопасности полетов [1]. Поэтому в политике Международной организации гражданской авиации подчеркивается важность приведения английского языка пользователей, не являющихся носителями языка, к соответствующему стандарту.

Развитие коммуникативных навыков студентов и ознакомление с авиационными концепциями и терминологией очень важны для предотвращения и разрешения недоразумений. По этой причине преподаватели авиационного английского языка должны осознавать важность преподавания авиационной лексики и влиять на нее в своей учебной деятельности.

Обучение произношению авиационного персонала, не являющегося носителем английского языка, жизненно важно, поскольку отсутствие или некомпетентность в произношении может вызвать некоторые недопонимания в разговоре по радиотелефону, что может даже поставить под угрозу безопасность полета [1]. Авиационная фонетика должна быть основным компонентом учебной программы при обучении авиадиспетчеров (УВД) и пилотов, потому что, систематически изучив международную фонетику, учащиеся смогут справиться с трудностями артикуляции и произношения, вызванными фонетическим контрастом между их родным языком.

Таким образом, подготовка всех пилотов и диспетчеров, как носителей языка, так и иностранцев, должна обязательно включать обучение использованию общепринятой летной фразеологии и текущего набора фраз авиационной фразеологии, чтобы поддерживать успешную и эффективную радиотелефонную связь с носителями различных языков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. International Civil Aviation Organization 2014 [Electronic resource]. – Mode of access: <http://www.icao.int/>. – Date of access: 12.10.2021.

2. Арагилян, Н. К. Авиационный английский язык в внештатных ситуациях : учеб. пособие / Н. К. Арагилян. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2012. – 156 с.

УДК 256

Ю.Л. Гурецкая

Унитарное предприятие «407 Техникс»

УПРОЩЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК

Технический английский язык многогранен и охватывает много профессиональных сфер деятельности – it-индустрия, армия, тяжелая промышленность, машиностроение. Английский является официальным языком технической документации в аэрокосмической и оборонной промышленности. А часто это не родной язык читателей (или даже авторов) такой документации. Многие читатели имеют ограниченные знания английского языка, и сложные технические инструкции могут быть неправильно интерпретированы, а недопонимание может привести к несчастным случаям.

Не перестающий расти также к техническому английскому языку интерес в области языковых услуг, как профессионального письменного и устного перевода, в академическом мире (инженерия и язык) – все это толкало искать компромисс в условиях, когда понимание обычного пользователя перестает быть достаточным для адекватного понимания технических текстов и отдельных терминов на английском языке. Для технической документации простого английского становилось недостаточно.

Ввиду четко обозначенных потребностей в работе с технической документацией на английском языке, уже 30 июня 1983 года в Амстердаме была основана рабочая группа и стартовал проект по упрощенному английскому языку АЕСМА (Европейской ассоциации аэрокосмической и оборонной промышленности). Результатом этих усилий стало руководство по упрощенному английскому языку АЕСМА, ныне ASD (Аэрокосмическая и оборонная промышленность в Европе), первый выпуск которого датирован 1986 г. как документ АЕСМА, PSC-85-16598), которое в 2005 г. было сформировано в качестве контролируемого языка – ASD-STE (Simplified Technical English) 100. ASD-STE 100 – это международная спецификация для подготовки технической документации на контролируемом языке аэрокосмической и оборонной промышленности, использование которой является обязательным для многих коммерческих и военных проектов по всему миру. ASD-STE 100 – это стандарт письма с характерными правилами грамматики и синтаксиса, а также ограниченным словарным запасом.

Впоследствии было выпущено несколько изменений названного стандарта, устранены пробелы и сделаны исправления. Текущий выпуск международного стандарта STE приходится на апрель 2021 года (выпуск 8). Несмотря на то, что структура STE является стабильной и консолидированной, язык необходимо поддерживать в соответствии с развитием технологий и вносить поправки на основе постоянной и важной обратной связи, получаемой от пользователей.

Сегодня спецификация STE полностью принадлежит компании ASD, Брюссель, Бельгия и поддерживается членами ASD и AIA (Ассоциация авиакосмической промышленности Америки), в число которых входят такие компании, как British Aerospace, Airbus, The Boeing Company, Lockheed Martin, Rolls-Royce и пр. ASD-STE 100 находится в ведении группы поддержки (STEMG), которая проводит встречи дважды в год в целях актуализации и совершенствования стандарта, результат проведения которых, – новое издание ASD-STE 100 приблизительно каждые три года.

STE делает технические тексты легкими для понимания всеми читателями и может рассматриваться как важный и ценный ресурс для написания и правильного понимания инструкций по техническому обслуживанию операторами, устранить языковые барьеры и снизить риски человеческого фактора.

Однако STE – это не упрощенная версия английского языка для лингвистов. Правильное письмо согласно STE – непростая задача, поскольку для этого требуется хорошее владение английским языком и хорошее знание предмета. Следовательно, качественное применение STE видится под силу идеальным пользователям и авторам –

техническим переводчикам – специалистам с двумя дипломами. Но это большая редкость. Техническому специалисту позволительно не иметь серьезных навыков владения английским языком. А вот у таких специалистов, как переводчики технической литературы, как правило, недостает знаний в той или иной технической области (переводимой).

Сегодня успех STE так головокружителен, что спрос на его применение обозначен далеко за пределами аэрокосмической и оборонной сфер. Но предела совершенствования ASD-STE 100 и его использования в изучении контролируемого английского языка не определено, так как актуальными в использовании английского языка остаются: почти стопроцентная неспособность построить грамматически правильные утвердительные и вопросительные предложения; неспособность перефразировать, выбор неправильной лексики; дефицит практической подготовки. А вот такие преимущества в освоении упрощенного английского, как единообразие терминов (лексика), предпочтение действительному залогу, простота грамматических конструкций, короткие предложения в инструкциях, одна мысль на предложение (информационная нагрузка) позволяют адаптировать язык к его различным уровням владения и различным потребностям специалистов в его применении [1].

Документ ASD-STE 100 состоит из 2 частей:

А. Свод правил письма, состоящий из 9 разделов и охватывающий основные аспекты грамматики и стиля.

Разделы документа:

1. Слова. За основу контролируемого вокабуляра взят базовый словарь. Допустимо использование только слов утвержденного словаря (use – утвержденный термин, технических наименований (engine), технических глаголов (team), где технические наименования и технические глаголы относятся к определенному проекту или компании.

Части речи и значения утвержденных слов также утвержденные, например, test – существительное, следовательно, Do a test, но не Test the system for leaks.

Утвержденные слова могут иметь более узкие значения, например, follow – come after (только).

Следовательно, Do the instructions that follow, или Obey the instructions, но не follow.

Не допускается использование технических наименований в качестве глаголов, например, Oil the steel surfaces. Правильным будет вариант Apply oil to the steel surfaces.

При выборе технических наименований следует выбирать более короткий и понятный термин и не допускать никакого сленга и жаргона: Make a sandwich with two washers and the spacer. Правильно будет Install the spacer between two washers.

Написание должно соответствовать американскому английскому.

2. Словосочетания. Допускается комбинировать не более трех слов; использование артиклей и указательных местоимений – при крайней необходимости.

3. Глаголы. Их использование допускается только в таких утвержденных формах, как инфинитив, повелительное наклонение, причастие и простые временные формы. Отглагольная форма -ing допустима только как определение для технических наименований, например, air conditioning system.

Страдательный залог недопустим в технических публикациях (крайне редко).

Действия в упрощенном английском языке напрямую описываются глаголом. Сравните: The ohmmeter gives an indication of 450 ohms. А вот более рациональный вариант – The ohmmeter shows 450 ohms.

4. Предложения. Краткость, точность и информативность – основной принцип построения предложений в техническом тексте. В то же время недопустимо укорачивать предложения путем выбрасывания и сокращения слов, как Can be a maximum of 5 inches long. Правильный вариант – Cracks can have a maximum length of 5 inches.

Рекомендовано сложные тексты превращать в маркированные списки, то есть с использованием двоеточия, обозначения каждого пункта с заглавной буквы, проставления точки после последнего пункта и т. п. Также для согласования предложений вменяются вводные слова, фразы и местоимения.

5. 6. 7. Данные разделы повествуют об отдельных направлениях технической документации: правила по написанию инструкций, описаний, правил технической безопасности. Некоторые эти правила определяют стили делового письма.

8. Пунктуация и количество слов.

9. Стилистика, замена нежелательных слов, выбор терминов и оборотов.

В) Словарь ключевых слов с четким значением. В Словаре достаточно слов, чтобы выразить любое техническое предложение ввиду их простоты, легкости и универсальности.

Важным остается отметить, что при изучении английского языка частое использование гораздо эффективнее продолжительного, периодического обучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Shawcross, P. English for aircraft: Documentation handbook / Philip Shawcross. – Belin, 1992. – Vol. 1. – P. 195–202.

2. ASD-STE 100, Simplified Technical English for aerospace and defense [Electronic resource]. – Mode of access: <http://simplifiedenglish.net/>.

UDC 81.276.6

A. Demko, V. Paletayeva, A. Parazhniuk

Belarusian State Academy of Aviation

TRANSLATION PECULIARITIES OF SPECIAL VOCABULARY IN AVIATION

The Republic of Belarus annually increases the volume of air traffic, and in the context of the expansion of international air traffic, as well as economic ties in general, there is a need to train highly qualified specialists with a level of English proficiency that will allow to deal with aviation documentation and communicating with foreign partners.

Currently, terminology is the predominant layer of scientific vocabulary used in the professional and labor people's activities. The relevance of this study is due to the fact that the terms, despite their unambiguity and independence from the context, are influenced by various linguistic processes, and the interpreter is faced the task of taking into account these features of the terms.

The purpose of this study is a comprehensive comparative study of aviation terms and the identification of the features and problems of translation of this vocabulary.

A term is a word or phrase for expressing concepts and designating objects, which due to its strict and precise definition has clear semantic boundaries and therefore is unambiguous within the framework of the corresponding classification system.

You can identify the characteristic features of terms, such as:

1. Unambiguity within the relevant classification system.
2. Accuracy.
3. Consistency.
4. Context independence.
5. Correlation with a scientific concept.
6. Emotional neutrality [1].

If we talk about the aviation sphere, then about 60% of terminological units refer to highly specialized terms, the remaining 40% – to general scientific and interdisciplinary ones [1].

There is a classification of terms according to their structure. Terms are divided into simple (carrier, elevator), complex, formed by word composition (air + craft = aircraft), phrases

(taking off weight), abbreviations (e.m.f = electromotive force, RPM – revolutions per minute, ACARS – Aircraft Communications Addressing and Reporting System).

The largest group is made up of terms borrowed from foreign languages or artificially created by scientists based on Latin, Greek, as science and technology develop and new concepts appear (hangar, baggage, gyroscope, plane).

Nevertheless, even the borrowed terms were mostly created by compounding (aerodrome = aero + dromos).

A large proportion of aviation terminology refers to abbreviations (ATC – Air Traffic Control, FMA – Flight Mode Annunciator).

A less common, but nevertheless, quite effective way of forming aviation terms is affixation. Regarding the sphere of the language of flying, no characteristic affixes are distinguished either in Russian or in English.

The conversion method in aviation English terminology is not widespread and is unproductive (land-to-land).

Many terms are formed using several methods at the same time. Therefore, almost all abbreviations contain at least one element formed by word composition or affixation and has Greco-Latin roots.

In relation to the translation of aviation terms, one should remember the main criteria for their translation, which are the accuracy and unambiguity of interpretation. Moreover, you need to understand that the main problems are associated with the translation of terminology. The main problems are the following:

1. ambiguity;
2. incomplete coincidence of the semantic structure and compatibility of terms in two languages;
3. lack of an exact terminological equivalent recorded in the dictionary;
4. intralingual and interlingual homonymy;
5. incorrect correlation of the form of the term and its content;
6. insufficient prevalence of the term [2].

In addition, the translation of terms sometimes depends on the context, which is not typical for terminology. The interpreter uses context when he comes across a simple ambiguous term. Often such terms are subject to determinologization, that is, they pass from a special use to a general one. At the same time, the terms lose their scientific accuracy, expand the scope of use. Within the limits of their terminological system, the terms remain by themselves. Their "doubles", homonyms, which no longer possess the necessary consistency and scientific accuracy, are being used in general use. With determinologization, the term loses its strict conceptuality, consistency, uniqueness, the former term adapts to understanding and functioning in common language. Such words with terminological meaning do not require definition, but interpretation, like other words in general vocabulary.

It is known that the main ways of translating English terms into Russian are:

- 1) Transcription – the transfer of the sound of an English word in Russian letters;
- 2) Transliteration – the transfer of the spelling form;
- 3) Tracing – borrowing foreign words, expressions, phrases by literal translation of the corresponding linguistic unit;
- 4) Descriptive translation – conveying the meaning of a term using an explanation;
- 5) Reception of direct inclusion – instead of translation, the original spelling of the word is used [2].

This is confirmed by research data, according to which most of the terms are translated precisely by tracing. Less commonly, translation occurs either with the help of a descriptive turnover, or these two methods in combination with each other.

Thus, the study showed that the process of translating aviation terms requires a lot of effort on the part of the interpreter, since the main translation criteria (accuracy and

unambiguous interpretation) additionally complicate the translator's task: first, to carry out a high-quality translation, it is necessary to analyze the methods of word formation. In addition, the translation of aviation terms is also complicated by the fact that most of the terminological units belong to highly specialized terms. We also identified the main problems of translation of aviation terms, including ambiguity. As this study has shown, translation of ambiguous terms should be carried out taking into account contextual peculiarities. As far as translation methods are concerned, the most common method is tracing or tracing in combination with descriptive translation.

REFERENCES

1. Information materials [Electronic resource]. – Mode of access: <https://novainfo.ru/article/7527>. – Date of access: 14.11.2021.
2. Information materials [Electronic resource]. – Mode of access: <http://earchive.tpu.ru/handle/11683/18466>. – Date of access: 14.11.2021.

УДК 372.881.111.1

В.В. Зубкевич, Ю.В. Цыза

Белорусская государственная академия авиации

СПЕЦИФИКА ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ В АВИАЦИОННОМ ВУЗЕ И ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ

Языковая профессионально-ориентированная подготовка курсантов в авиационном вузе имеет специфические цели, критерии оценки языковой компетентности, содержание обучения, а также особенности авиационного английского языка, которые характерны для ведения радиосвязи «пилот-диспетчер». Это значительно отличает ее от языковой подготовки в любом ином неязыковом вузе.

Также следует отметить, что в авиационном вузе цель языковой подготовки обусловлена не только государственным образовательным стандартом, но и требованиями Международной организации гражданской авиации (в дальнейшем – ИКАО) обеспечить соответствующий высокий уровень профессиональной языковой компетентности персонала для сведения к минимуму числа случаев неадекватной коммуникации в эфире, которые могут привести к ужасным последствиям. Обучение авиационному английскому языку для ведения радиопереговоров и приобретение профессиональной языковой компетентности ориентированы на достижение мирового уровня показателей безопасности полетов [1].

Любая неточность в эфире при ведении радиосвязи между экипажем и авиадиспетчером, в отличие от неформальных бесед или интеллектуальных дискуссий на профессиональные темы, представляет опасность для жизни пассажиров и экипажа.

Так как английский язык не является родным для граждан Республики Беларусь, то его владение и применение пилотами и авиадиспетчерами в профессиональной деятельности тоже входит в факторы риска авиационной безопасности. Поэтому задача авиационных вузов подготовить своих выпускников к контролю и управлению факторами риска на всех уровнях (техническом, психологическом и языковом).

Квалифицированный специалист должен владеть хорошим произношением, словарным запасом, пониманием на слух и хорошо знать грамматические конструкции. Рабочий уровень 4 сосредоточен на беглости и речевом общении, которые предполагают использование остальных четырех базовых навыков (чтение, говорение, письмо, аудирование) [2].

Рабочий уровень 4 (из существующих шести по оценочной шкале) достигается в каждой области знания языка: в произношении, грамматической структуре, словаре, разговорных навыках, понимании и общении. На 4 рабочем уровне по шкале ИКАО

человек должен иметь акцент, который не затрудняет понимание, владеть грамматическими конструкциями так, чтобы ошибки, если вдруг и возникали, то не искажали смысл сообщения, человек должен уметь перефразировать высказывание, если словарного запаса недостаточно для объяснения, говорить в темпе, соответствующем шкале ИКАО, понимать собеседника.

Для достижения 4 рабочего уровня Документ 9835 предлагает применять методику содержательно-ориентированного обучения, которая обеспечивает эффективность усвоения, адекватность предметно-понятийного содержания, мотивацию и экономичность [3].

На занятиях могут использоваться специальные тематические тексты, аудиоматериалы, реальные переговоры пилота-диспетчера, ролевые игры, на основе нестандартных ситуаций на борту, которые помогают делать процесс обучения более эффективным.

Язык радиообмена имеет серьезные отличия от общего языка. Это устный язык, который отличается структурированностью, насыщенностью терминологией и кодовыми знаками, особенностями произношения и интонации, стандартными речевыми моделями. Человек должен уметь передавать информацию, понимать различные акценты, запрашивать данные, докладывать о нестандартных ситуациях, прояснять недопонимания и пр.

Рассмотрим ужасную авиакатастрофу на Тенерифе, произошедшую 27 марта 1977 года, которая унесла множество человеческих жизней. Причиной катастрофы, в основном, считают недопонимание, которое было между авиадиспетчером и пилотами, находящимися на борту самолетов. Когда самолет KLM был на позиции, второй пилот запросил разрешение на взлет. Служба управления воздушным движением дала инструкции, но прямо о согласии на взлет не сказала. Затем второй пилот повторил инструкцию авиадиспетчеру, невнятно добавив в конце «мы на взлете». Диспетчер понял этот ответ как подтверждение того, что экипаж готов к взлету, и ответил «Ок» – это подтвердило заблуждение экипажа в том, что разрешение получено. Сразу после этого диспетчер добавил: «Будьте готовы к взлету, я вас вызову», но в тот же самый момент экипаж «Пан Американ» сообщил диспетчеру о том, что они еще не ушли с взлетной полосы. Любого из этих сообщений было бы достаточно для экипажа KLM, чтобы понять свою ошибку, но из-за интерференции сообщения не ложились друг на друга и не были слышны в кабине KLM. Таким образом, KLM не смог получить оповещение и в результате этого погибло 336 человек.

Поэтому, учитывая всю серьезность последствий, которые могут быть из-за недопонимания между пилотами и авиадиспетчерами, влияющих на безопасность полетов, необходим выбор подходящей методики преподавания (или комбинации методик), использование разнообразных средств и форм обучения языку для формирования языковой компетентности персонала гражданской авиации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шлямова, А. А. Педагогические условия языковой подготовки в авиационном вузе / А. А. Шлямова // Инновационная наука. – 2016. – № 1-2 (13). – С. 236–238.
2. Doc 9835 AN / 453: Руководство по внедрению требований ИКАО к владению языком. – 2-е изд. – Монреаль : ИКАО, 2010. – 120 с.
3. Doc 9859 AN / 474: Руководство по управлению безопасностью полетов. – 2-е изд. – Монреаль : ИКАО, 2010. – 150 с.

УДК 355.1

Р.Ш. Кулдошев

Высшее Военное Авиационное Училище Республики Узбекистан

ВОЗМОЖНОСТИ ПСИХОДИАГНОСТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ВОЕННЫХ ЛЕТЧИКОВ

В психологических исследованиях некоторые вопросы, связанные с психологическими аспектами формирования профессиональной компетентности военных летчиков, изучаются в таких областях, как военная психология и военная психодиагностика, психология управления. Основная трудность в этом подходе также заключается в разработке концепций приемлемой личностной компетентности, приемлемых для основы исследования. Тем не менее исследование военной службы и личной компетентности имеет свой собственный опыт и методы исследования. Однако тот факт, что психологические вопросы профессиональной компетентности менее изучены в областях психологии, включая исследования психологических аспектов компетентности, нашел отражение в зарубежных исследованиях. Теперь проясним этапы организации нашего исследования.

В целом этапы организации экспериментов в психологическом исследовании основываются на определенных критериях. Давайте посмотрим, как организованы эти этапы:

1. Выявление проблемной ситуации, то есть выбор темы исследования и обоснование ее актуальности.
2. Анализ научной литературы по выбранной теме исследования.
3. Продвигать цели и задачи исследования, а также анализировать состояние дел по теме.
4. Систематизация понятий – определение понятий по теме.
5. Выдвижение представлений.
6. Разработка исследовательского проекта.

Выбор методов исследования, обоснование выбора, разработка инструментов методологического уровня, проведение исследования, сбор данных и регистрация результатов;

Интерпретация результатов – обработка, подведение итогов и написание комментариев к результатам исследования;

При организации нашего исследования, в первую очередь, были выбраны объекты исследования с учетом всех перечисленных выше особенностей проблемы курсантов и офицеров Высшего военного авиационного училища Республики Узбекистан. При эмпирическом исследовании мы опирались на 4 этапа. Подробнее о них мы поговорим ниже.

Первый этап – подготовительный. Были собраны теоретические материалы исследования и подобраны подходы к теме, а также собраны данные, охватывающие теоретические и методологические аспекты. На этапе подготовки экзаменатор установил соответствующие контакты с испытуемыми. Эти отношения помогают исследователю делать предположения о природе психологических факторов. Наше исследование охватывает качественные, а не количественные аспекты психологических аспектов профессиональной компетентности военных летчиков.

Второй этап – это эмпирический этап, и происходит процесс проведения выбранных для нашего исследования методологий.

Третий этап – проведена интерпретация результатов исследования, результаты обобщены и обработаны.

Четвертый шаг – интерпретировать полученные результаты и интерпретировать их на основе психологических законов. В конце концов, это было предназначено, чтобы доказать и определить, верна ли гипотеза или нет.

Широкое использование объективных методов психологии в исследованиях, использование мощных методов, отвечающих требованиям психометрических требований, позволяет проводить современные исследования на высоком уровне. С учетом вышеперечисленных особенностей из трех опросов, позволяющих определить психологические аспекты профессиональной компетентности при подготовке будущих военных летчиков: Использовались «Опрос взрослой личности» Р. Б. Кеттелла (вариант А), метод Кондакова «Исследование профессиональных институтов», «Профессиональная диагностика» Голландии и «Исследование профессиональных качеств» Чумаковой. Давайте теперь кратко рассмотрим их содержание.

Голландская методология. На основе данной методики, согласно предложению американского психолога, Д. Холланда, людей и большинство профессий можно условно разделить на 6 групп (реалистические, социальные, условные (условные), предпринимательские, художественные типы). На основе данной методики можно определить, какой из вышеперечисленных типов в какой степени проявляется у человека. Особенность профессий в том, что чем больше сформировано направление в психологии человека, тем привлекательнее эта профессия. Лист ответов каждого студента разрабатывается отдельно для анализа результатов методики. Для этого используйте специальный ключ, предусмотренный в 6 направлениях. Если ответ на каждый звуковой сигнал совпадает с результатом, указанным в ключе, добавляется 1 балл, и в конце вычисляется сумма общих баллов для каждого направления. Строка с наибольшим количеством баллов является лидером, с общим количеством баллов в этой строке не менее 5 баллов. Следующие типы:

Реалистичный тип. Этот тип людей предпочитает иметь дело с более конкретными, то есть с конкретными объектами (предметами, инструментами, животными, машинами), предпочитает иметь дело с конкретным объектом, ловкость и точность. Он не любит работать на высоких должностях, потому что не любит общаться с людьми. Он выбирает такие профессии, как инженер, слесарь, электрик, агроном, садовник, водитель и так далее.

Интеллектуальный тип. Такие люди отличаются от других своей чуткой и богатой фантазией. Они предпочитают думать о теоретических решениях проблем, а не выполнять практические упражнения. Выбирает абстрактные профессии: биолог, ботаник, астроном, физик.

Социальный тип. При решении проблемы такие люди больше полагаются на личные чувства и эмоции, чем на свои интеллектуальные способности. Они не любят иметь дело с механизмами. Их больше интересует образование и здоровье: они могут выбрать профессии врача, психолога, учителя, потому что у них большая потребность в общении, менеджменте и искусстве.

Обычный тип. Адаптивный потенциал у таких людей очень низкий. Они предпочитают занятия и специализации, требующие невысокой активности, а также специфические системные действия. Потому что в таких действиях определяются ясность и неопределенность. Управленческая деятельность бесполезна, потому что такие люди больше полагаются на мнение других при решении проблем. Рекомендуемые профессии – экономист, бухгалтер, секретарь и т. д.

Художественный тип. У таких людей хорошо развиты воображение и интуиция. Они воспринимают жизнь как сложную. «Мэнли» – спорт, авторемонт и тому подобное не интересует. Им нравится творческая деятельность. То есть они могут добиться высоких результатов в музыке, живописи, литературе и так далее.

Чумаковой «Анкета для изучения профессиональных качеств. Анкета была адаптирована Чумаковой для российской психологии. Опрос состоял из 78 комментариев. Анкета для изучения профессиональных качеств позволит экзаменуемому проверить анкету в следующем порядке. То есть на каждый ответ дается «да» или «нет», что

позволяет определить профессиональные качества экзаменуемого. Анализ результатов опроса: каждый ответ «да» и «нет», соответствующий ключу, оценивается 1 баллом и состоит из следующих шкал:

1. Ответственность «да» ответы 11, 14, 27, 53, 72, 74;
«Нет» – ответы 61, 69;
2. Инициатива «да» ответы 1, 15, 28, 41, 48, 60;
«Нет» – ответы 8, 20, 33, 62;
3. Смелость «да» – ответы 29, 63;
«Нет» ответы 2, 9, 21, 34, 49, 54;
4. Самостоятельность «да» ответы 3, 30, 75;
«Нет» ответы 10, 22, 35, 42, 70;
5. Настойчивость «да» ответы 55, 64, 71, 73, 76;
«Нет» ответы 4, 36, 43, 68, 77;
6. Настойчивость «да» отвечает 23, 31, 50;
«Нет» – ответы 16, 37, 44, 56;
7. Энтузиазм «да» – ответы 12, 17, 32, 38, 57, 65;
«Нет» – ответы 5, 24, 45, 51;
8. Внимание «да» ответы 6, 25, 39, 66;
«Нет» – ответы 13, 18, 46, 58;
9. Целеустремленность «да» ответы 19, 26, 47, 52, 59, 67, 78;
«Нет» – ответы 7, 40, 60.

Таблица 1 – Общие средние показатели профессиональных качеств и анкеты профессиональных учреждений (по критерию Студента)

Шкалы	M(n = 80)	Студент-t p ≤ 0,05);(p ≤ 0,01)
Ответственность	4,05	3,43*
Храбрость	3,45	2,82*
Упорство	6,25	5,75**
Стойкость	3,70	3,17*
Иррациональный выбор карьеры	1,95	1,39*
Рациональный профессиональный выбор	4,55	4,01*
Профессиональная активность	4,40	3,82*
Высокая самооценка	4,20	3,51*
Профессиональная выносливость	4,95	4,39**

Из вышесказанного видно, что правильное использование анкет и тестов в психологических исследованиях служит для обеспечения эффективности исследования. Также желательно, чтобы использование в психологических исследованиях методов, которые были всесторонне апробированы и апробированы в мировой психологии, отвечало психометрическим требованиям, таким как репрезентативный отбор, надежность и пригодность исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Батищев, В. И. Психологическое обеспечение военно-профессионального самоопределения курсантов ВВУЗов ВС РФ : автореф. дис. ... канд. психол. наук / В. И. Батищев. – М., 2003. – 13 с.
2. Некрасов, А. С. Развитие профессиональной идентичности личности курсанта военного училища : автореф. дис. ... канд. психол. наук : 19.00.01 / А. С. Некрасов. – Краснодар, 2005. – 9 с.
3. Слесаренко, Н. В. Активизация личностного саморазвития курсанта в образовательном процессе военного вуза : автореф. дис. ... канд. пед. наук : 13.00.01 / Н. В. Слесаренко. – Благовещенск, 2004. – 15 с.

УДК 811.111

K. Lagodich, V. Paletayeva

Belarusian State Academy of Aviation

THE IMPORTANCE OF FOREIGN LANGUAGE COMMUNICATIVE COMPETENCE IN PROFESSIONAL ACTIVITY

Air transport is currently extremely important for the successful functioning of the global economy, its further harmonious development and maintaining sustainable economic growth. The process of accelerating economic development around the world in modern conditions is largely due to air transport. The economic benefits of using air transport are manifested in increased connectivity between different cities, allowing the free movement of flows of various goods, people, capital, technology and ideas. Therefore, the success of many types of business now largely depends on the well-coordinated work of the air transportation system.

Air transport allows for the mobile high-speed movement of people and goods between different continents, contributing to the development of world trade and the international tourism industry. Approximately 40% of sales of high-tech goods depend on a sustainable air transport system. In addition, there is currently no alternative to aircraft in transportation of perishable goods such as fresh food, medicine and recently cut flowers. Today, it is already extremely difficult to imagine a world without aviation. Thanks to the democratization of international air travel, the real cost of flights has dropped by about 60% over the past 70 years, thus making them accessible to many people. During this period, aircraft became 70% more energy efficient and 75% quieter. Many sectors of the economy can only dream of such progress.

Civil aviation in the modern world is of great importance for humanity. This type of transport has many advantages: it is characterized by speed of movement, the ability to be in the right place in a minimum period of time. At the same time, comfort on the road and a varied service are guaranteed. That is why aviation equipment is in high demand, but at the same time, with the increase in the number of units of equipment and its constant improvement, there is the question of training highly qualified specialists who are able to manage it and carry out timely maintenance and necessary repairs.

The problem of aviation personnel professional skills is very relevant today, since the work, for example, of an air traffic controller directly affects the life of passengers and crews of aircraft in flight both on local and international air routes.

The criterion for the reliability of the qualifying professional activity of an aviation specialist is his general professional competence, which includes such an integral part as foreign language communicative competence. So, what is “foreign language competence”? This term was first introduced by the American linguist Chomsky in the middle of the twentieth century and denoted the ability to understand and produce an unlimited number of correct sentences using the learned linguistic signs and the rules for their connection. According to this theory, a competent speaker / listener should:

A) Understand an unlimited number of model sentences;

B) Have judgments about the statement, i.e. understand the formal similarity / difference in the meanings of two expressions [1].

The ultimate goal of mastering a foreign language is the ability to participate in foreign language communication – to generate and perceive foreign language speech in accordance with the real situation of communication and to the extent set by the pragmatic goal of learning.

Foreign language communicative competence is a certain level of proficiency in linguistic, speech and socio-cultural knowledge, skills and abilities that allow the learner to communicate in an acceptable way to vary his language appeal depending on the communication situation. Accordingly, users of English for professional purposes should:

- effectively exchange information in “voice only” situations and in direct communication;

- communicate accurately and clearly on general, specific and work-related topics;
- be able to use communication strategies of messaging, recognition and solution of issues of communicative misunderstanding, etc.;
- be able to successfully and relatively easily solve linguistic problems arising from complications or unexpected turn of events that occur in the context of a normal work situation;
- use a dialect or accent that is understood by the international community (for example, radio phraseology) [2].

If we turn to the statistics of aviation events and disasters, then the characteristic of their distribution by causal factors is as follows:

- crew errors: 37.6%;
- errors of the crew and ground services: 18.1%;
- equipment failure: 17.2%;
- crew errors and air traffic control: 17.1%;
- crew errors in case of failures: 5.4%;
- air traffic control errors: 2.4%;
- ground personnel errors: 2.2%.

Errors in the communication between aircraft crews and air traffic controllers are 17.1% of the general characteristics of the distribution of aviation events and accidents by causal factors. The reason for this is the insufficient level of professional training of aviation specialists. Therefore, it is necessary to pay more attention to the study and conduction of radio communication in English.

According to the state educational standard, the task of teaching English is the development of foreign language communicative competence in the aggregate of its components linguistic, socio-cultural, compensatory, educational and cognitive:

- linguistic competence implies the development of communication skills in four main types of linguistic activity (speaking, listening, reading, writing);
- linguistic competence is the mastery of phonetic, spelling, grammatical and lexical linguistic means according to topics, spheres and situations of communication; study of knowledge about the linguistic phenomena of the target language, etc.;
- socio-cultural competence is familiarization with the culture, traditions and realities of the countries / country of the studied foreign language;
- compensatory competence is the development of skills to find a way out of the situation in the face of a shortage of language means when receiving and transmitting information;
- educational and cognitive competence are further development of general and special educational skills, familiarization with the methods and techniques of independent study of foreign languages available to listeners [3].

Based on the aforementioned, the following conclusions can be done:

- Foreign language communication competence plays an important role in flight safety;
- It is necessary not only to know and understand a foreign language, but to constantly study and communicate with a native speaker of this language [4, 5].

To be a professional in your field, you need to constantly learn and develop. Learning a foreign language should not be a necessity for work, it should be a part of life. Only a sufficient amount of time devoted to learning the language and desire will bring the desired result.

REFERENCES

1. Хомский, Н. Аспекты теории синтаксиса / Н. Хомский. – М., 1972. – 227 с.
2. Hymes, D. H. Sociolinguistics / D. H. Hymes. – Penguin Education, 1972. – P. 286–289.
3. Общеввропейские компетенции владения иностранным языком: изучение, обучение, оценка. Департамент по языковой политике / пер. под общ. ред. проф. К. М. Ирисхановой ; Страсбург. – М. : МГЛУ, 2005. – 248 с.
4. Van Ek, J. A. Objectives for foreign language learning / J. A. Van Ek. – Scope. Strasbourg, Council of Europe Press, 1986. – 89 p.

5. Колшанский, Г. В. Лингвокоммуникативные аспекты речевого общения / Г. В. Колшанский // ИЯШ. – 1985. – № 1. – С. 10–14.

УДК 358.04

А.И. Кириленко, Е.С. Ледник

Белорусская государственная академия авиации

БЕЛОРУССКИЕ РАЗРАБОТЧИКИ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ

Основная причина кадровых проблем в авиации – недостаточная преемственность поколений специалистов. Важно повышение престижа инженерных специальностей. Решению этих проблем может способствовать история создания самой передовой техники, которая делалась умом и сердцем наших земляков. Такая история наиболее значима и привлекательна для технической молодежи.

Техническое образование молодежи в Беларуси всегда поддерживалось на высоком уровне. Однако высокая концентрация сил и средств, необходимых для создания передовой техники, приводила к тому, что многие оказывались за пределами страны. Достаточно упомянуть разработчика атомной бомбы академика Я.Б. Зельдовича, учившегося на физфаке БГУ, а затем перешедшего в Ленинградский политехнический институт. Менее известна судьба других белорусов, в частности, создателей ракетно-космической техники, чей вклад в создании новой техники во многом оказался решающим.

Кратко упомянем основные этапы развития ракетной техники. Инициаторами следует признать К.Э. Циолковского и Р. Годдарда, где больший вклад привнес, несомненно, первый. Это были первые попытки разобраться в возможностях такой техники на научной основе. Было понято, что ракета может достичь любой скорости при конечной скорости истечения газов из двигателя. Первые эксперименты провел Годдард (1920 г.). Первую жидкостную ракету в СССР в 1933 г. построил М.К. Тихонравов, позже инициативу перехватили немцы. Вернер фон Браун разработал немецкую баллистическую ракету ФАУ–2 (А-4) (первый боевой пуск состоялся 08.09.1944 г.). Позже он возглавил команду по разработке ракет Сатурн I и Сатурн V, которые доставили американцев на Луну (21.07.1969 г.).

В последнее время рассекречены материалы, относящиеся к полету Ю.А. Гагарина. Полетные задания лейтенанту Ю.А. Гагарину подписали: С. Королев, В. Глушко, М. Рязанский, Н. Пилюгин, В. Кузнецов, В. Бармин, А. Ишлинский, С. Косберг, К. Бушуев, А. Богомоллов, А. Исаев, С. Абрамов, Л. Гусев, С. Алексеев, М. Келдыш, А. Мрыкин, С. Зверев, Ф. Агальцов, А. Соколов, А. Захаров, К. Керимов, И. Виноградов, В. Яздовский. Они и были причастны к созданию техники. Задание составили Бездырев, Кирсанов, Журавлев, Калинин, Ячеистов. Считается что, полетное задание Гагарину утверждали Королев и Каманин, но в официальном документе стоит подпись Руднева. Среди перечисленных выше лиц есть одна интересная фамилия: С.А. Косберг. Возможно, в этом списке есть и еще белорусы.

Судьба и дела Косберга С.А. известны не многим, но его вклад в развитие космической техники является весьма весомым. Будучи уроженцем Слуцка, он учился в Ленинградском политехническом институте, затем доучивался в Московском авиационном институте. Он стал конструктором авиационных двигателей, предложившим передовую техническую идею – систему непосредственного впрыска топлива в форсунки авиадвигателей. Стоит отметить, что Косберг в 1954–1958 годах разрабатывал жидкостные реактивные двигатели (ЖРД), являясь начальником ОКБ-154, и именно на это обратил внимание Королев. На тот момент его двухступенчатая ракета Р-7 уже отправила на околоземную орбиту три спутника Земли (04.10.1957 г., 03.11.1957 г.,

15.05.1958 г.). Но главный конструктор Королев ставил своей целью открытый космос. Для этого требовалось в 1,41 раза увеличить скорость корабля. Это могло быть достигнуто добавлением третьей ступени к двухступенчатой Р-7. Совершить переход от первой ко второй космической скорости (11,2 км/ч) Королев потребовал от Косберга. И последний решив эту задачу, стал первым человеком в мире, создавшим машину, способную развить вторую космическую скорость и выйти из поля тяготения Земли. Это произошло 02.01.1959 г. при запуске ракеты «Луна-1», которая была оснащена двигателем РД-0105.

В начале 60-х годов Косберг сотрудничал с главным конструктором ракеты «Аметист» Владимиром Николаевичем Челомеем. Эта ракета стала первой в мире ракетой с подводным стартом. Еще в 1945 году Челомей спроектировал ракеты «10Х», работавшие так же, как немецкие «ФАУ-2». Совместная работа двух конструкторов привела к созданию уникальных двигателей для второй и третьей ступеней ракеты-носителя "Протон" (РД-0210, РД-0211 и РД-0212). Кроме того, Косберг создал под руководством Челомея три двигателя РД-0203, РД-0204, РД-0206 для двухступенчатой баллистической межконтинентальной ракеты УР-200.

Имя Косберга было глубоко засекречено. Даже Ю.А. Гагарин чуть не получил выговор с занесением в личное дело, когда при выводе корабля в открытый космос заявил прямым текстом «Косберг сработал!». После смерти Королева наступил период, когда Косберга стали реже упоминать. Даже после распада СССР, имя конструктора находилась под секретом. Нет фамилии Косберга и в статье журнала «Наука и жизнь», 2007 г., в которой рассказывается о Королеве и его работах над ракетами «Восток-1» и «Н-1». В книге «Сергей Павлович Королев. Ученый. Инженер. Человек», изданной комиссией по разработке научного наследия пионеров освоения космического пространства в 1986 и 1987 годах, в воспоминаниях М.Л. Галлая фамилия Косберга отсутствует. Во всех публикациях о Челомее и его «Протонах» также не упоминается создатель второй и третьей ступеней этого носителя.

Родина высоко оценила его талант. За разработку авиадвигателей он был награжден орденами Красной Звезды (1943), Отечественной войны I степени (1945). Косберг проработал с Королевым всего 7 лет, и пережил Королева на два года. За достижения в ракетно-космической технике Косберг был удостоен звания Героя Социалистического Труда (17.06.1961 года), награжден орденом «Знак Почета» (18.12.1957 года), а также он является Лауреатом Ленинской премии (21.04.1960 года).

В настоящее время в Беларуси в Слуцком краеведческом музее собрана экспозиция в память о Косберге. Также именем С.А. Косберга названа улица в Воронеже.

Несмотря на обилие литературы по нашему другому соотечественнику, причастному к разработке ракетной техники, Борису Владимировичу Киту, нам не удалось четко выделить его технические достижения. Кита, уроженец поселка Кореличи (Гродненской области), в 1928 г. поступил на физико-математический факультет Виленского университета имени Стефана Батория, который он окончил в 1933 году со степенью магистра математики. В конце 1948 года Б.В. Кита выехал в США.

С 1956 по 1958 г. в качестве математика и системного аналитика участвовал в разработке топлива для межконтинентальных ракетных систем. Б.В. являлся сотрудником известной американской фирмы «North American Aviation» (ныне «Rockwell International»), создавшей почти все американские космические проекты, начиная от первых стратегических межконтинентальных систем, таких как «Навахо» (Navaho), заканчивая выдающимися проектами XX века «Аполлон» (Apollo) (путешествие человека на Луну) и орбитальный корабль «Шаттл» (Shuttle). Он был первым, кто обратил внимание правительства США на разработки ракетной техники в СССР.

Основное направление его деятельности – водородные двигатели. Стоит отметить, что первым предложил водород как горючее топливо для ракет Циолковский (1903 г.). Кита является автором учебника о ракетной технике и космическом топливе: «Rocket

Propellant Handbook» (1960 г.). В 1962 г. в СССР вышла книга Я. М. Паушкина «Химия реактивных топлив». 1964 г. вышла на английском языке книга Б. В. Кита «История и современное состояние советской астронавтики» объемом 600 страниц. В дальнейшем Б. В. Кита являлся связующим звеном между советскими и западными учеными, и особенно в области космонавтики.

Будучи профессором Вашингтонского Мэрилендского университета, он объездил с лекциями по математике весь мир и преподавал до 85 лет. За вклад в мировую науку и космические исследования капсула с его именем, наряду с именами других американских ученых, была замурована в стене Капитолия, его имя занесено в Зал славы Вашингтонского биографического института. В 1965 году Кита Б. В. избрали членом Общества астронавтики имени Германа Оберта в ФРГ, а в 1976 году его избрали членом Директората этой организации. В 1986 году Б.В. Кита был награжден золотой медалью этого Общества за выдающийся вклад в развитие астронавтики.

В Беларуси помнят Бориса Владимировича Кита. В Новогрудке существует его музей. Специального музея С.А. Косберга нет.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Большая Советская Энциклопедия : в 13 т. / под ред. А. Прохорова. – М. : Советская энциклопедия, 1973.
2. Космонавтика. Маленькая энциклопедия / А. М. Прохорова [и др.] ; под ред. А. М. Прохорова. – М. : Советская энциклопедия, 1980. – 591 с.
3. Глушко, В. П. Развитие ракетостроения и космонавтики СССР / В. П. Глушко. – М. : Машиностроение, 1987. – 304 с.
4. Галлай, М. Л. С человеком на борту / М. Л. Галлай. – М. : Советский писатель, 1985. – 304 с.
5. Цыбулько, В. В. Судьба Косберга Семёна Ариевича, знаменитого конструктора авиационных и ракетных двигателей, уроженца Беларуси / В. В. Цыбулько, Д. Н. Ошмяна // Социально-гуманитарные аспекты развития общества и авиационной отрасли : материалы II Междунар. научно-практ. конф., Минск, 20–21 мая 2021 г. / Белорус. гос. академия авиации ; под ред. А. А. Шегидевич. – Минск, 2021. – С. 254–257.
6. Савік, Л. С. Вяртанне / Л. С. Савік. – Мінск, 1993. – 75 с.
7. Савік, Л. С. Космас беларуса / Л. С. Савік. – Мінск : Пейто, 1996. – 384 с.
8. Савік, Л. С. Грамадзянін свету / Л. С. Савік. – Мінск : БелСаЭС «Чарнобыль», 2004. – 432 с.
9. Засекреченный герой. Чем прославился выходец из Беларуси конструктор Семен Косберг [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://minsknews.by/zasekrechennyj-geroj-chem-proslavilsya-vyhodecz-iz-belarusi-konstruktor-semen-kosberg/>. – Дата доступа: 11.09.2021.
10. «Косберг сработал!» Еврей, запустивший Гагарина в космос [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://grimnir74.livejournal.com/11000656.html>. – Дата доступа: 04.11.2018.
11. Косберг Семён Ариевич [Электронный ресурс]. – <http://sm.evg-rumjantsev.ru/desingers/kosberg.htm>. – Дата доступа: 25.09.2021.

УДК 316.772.2

Т.М. Низамутдинов, И.М. Жмак, А.С. Нарзикулова

Троицкий АТК-филиал МГТУ ГА

ПРОБЛЕМЫ ЯЗЫКОВОГО БАРЬЕРА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ В СФЕРЕ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Термин «коммуникация» можно определить, как динамичный и необратимый процесс, посредством которого мы воспринимаем и интерпретируем сообщения в рамках данной ситуации или контекста, и который раскрывает динамическую природу отношений и организаций. Коммуникация может быть формальной или неформальной. Большинство видов коммуникаций на рабочем месте являются неформальными. Важным различием, проводимым в теории коммуникации, является временной аспект: коммуникация является либо синхронной, либо асинхронной [1]. В авиационном обслуживании синхронная связь, как правило, устная, например, переговоры между летным экипажем и диспетчерским центром или объявления для пассажиров, в то время как асинхронная связь, как правило, письменная, например, рабочая документация. В контексте технического обслуживания летательных аппаратов, профессиональная коммуникация всегда являлась предметом наиболее пристального внимания [2].

Основная функция коммуникации заключается в передаче сообщения от одного человека другому. Почти во всех аспектах авиационной работы коммуникация также выполняет роль средства (или инструмента), позволяющего выполнить определенную задачу или работу.

Профессиональная коммуникация в авиации включает в себя:

1) особую профессиональную речевую коммуникацию внутри цепочки «авиадиспетчеры – воздушный экипаж» во время полета воздушного судна. Осуществляется она посредством радиотелефонной связи.

2) коммуникацию летного экипажа и авиадиспетчеров с наземным персоналом в целях надлежащей организации процесса полета и безопасности его протекания

3) коммуникация с пассажирами, которая осуществляется косвенно посредством объявлений летного экипажа, либо напрямую в определенных ситуациях, которые могут потребовать вмешательства экипажа для обеспечения безопасности полета

Воздушно-наземную связь (то есть радиообмен между авиадиспетчерами и экипажем) можно выделить в качестве ключевого компонента безопасности полетов. На заре авиации, связь между пилотами и наземными службами была невозможна из-за отсутствия средств радиосвязи. Однако низковысотное пилотирование, малые скорости и количество самолетов минимизировало возможность их столкновения во время полета в воздухе или во время руления и взлета самолетов на аэродромах и ВПП.

В настоящее время воздушное движение по многим маршрутам схоже с движением по крупным автомагистралям, и для обеспечения безопасности его участников необходимо соблюдение правил профессиональной коммуникации, осуществление которой рассматривают в качестве неотъемлемой составляющей профессиональной компетентности авиадиспетчеров, пилотов, авиатехников и механиков [3].

Требования ИКАО к владению языком были выработаны для достижения и поддержания уровня владения всеми языками, используемыми в радиотелефонной связи. Однако английский является языком, наиболее широко используемым в мировом авиационном сообществе, и единственным языком, который необходимо знать авиационным специалистам. Таким образом, повышение уровня разговорного английского языка является в настоящее время основным направлением деятельности авиационного сообщества.

Специфика сферы профессиональной коммуникации и коммуникативного поля предъявляет особые требования к использованию лексических и грамматических средств, составлению предложений и структурированию высказывания.

Из многих факторов, влияющих на процесс общения в гражданской авиации, фразеология, пожалуй, является наиболее важной, поскольку она позволяет экипажам и диспетчерам управления воздушным движением общаться быстро и эффективно, и, несмотря на языковые различия, снижает вероятность недопонимания [4].

Использование стандартной фразеологии снижает риск того, что сообщение будет интерпретировано и принято неправильно [1]. Использование усложненной или нестандартной фразеологии – это один из тех факторов, который может привести к летным происшествиям. Несоблюдение стандартной фразеологии может привести к недопониманию и нарушению процесса общения.

Хотя стандартизированная фразеология ИКАО была разработана с целью охвата как можно большего числа ситуаций и обстоятельств, которые могут возникнуть в воздухе или во время наземных работ по обслуживанию летательных аппаратов (как стандартных процедур, так и аварийных ситуаций или иных чрезвычайных происшествий), ни один фразеологический набор языковых единиц не может полностью предсказать или учесть все возможные ситуации и реакции на них со стороны всех участников коммуникации [2]. Изучающих или уже владеющих языком специалистов в сфере гражданской авиации нужно обучить применять на практике упрощенный английский в ситуациях языкового общения (например, при радиосвязи). Также им необходимо придерживаться принципа лаконичности и четкости фраз. Свободное владение английским языком – это способность общаться в нестандартных и экстренных ситуациях во время полета, например, когда у пассажира на борту возникла проблема со здоровьем. Крайне важно, чтобы пилоты могли ясно и эффективно передавать такого рода сообщения. Эти сообщения должны быть приняты и поняты диспетчером воздушного движения для принятия соответствующих мер и действий. Поэтому разговорный английский в авиационном общении должен быть простым, ясным, недвусмысленным, не должен содержать разговорных выражений, сленга и идиоматической речи, а также обязан быть доступным для восприятия на слух.

Введение в 2003 году требований ИКАО к знанию языка и последующие шаги по их внедрению существенно изменили среду, в которой проводится обучение авиационному английскому языку. Раньше обучение языку было необязательным и нерегулярным мероприятием в сфере проф. подготовки авиационных специалистов. В настоящее время обучение авиационному английскому языку преследует конкретную цель: достижение четвертого уровня владения языком согласно системе ИКАО [4].

Специалисты по обучению авиационному английскому выделяют следующие аспекты при подготовке: она должна быть более мотивирующей, учитывать уровень способностей к обучению языкам, иметь коммуникативную направленность (применять коммуникативный подход к изучению языка). Цель – успешное общение, а не соблюдение грамматических норм. Необходимо ставить больший акцент на общении между учащимися и преподавателем с минимальным участием, по минимуму исправлять у обучающихся ошибки, не влияющие на понимание высказывания, а также использовать учебные материалы, привлекающие внимание обучающихся. Применять следующие методики:

- 1) упражнения для формирования навыков развития памяти обучающихся (запоминание и воспроизведение словосочетаний, фрагментов текста);
- 2) упражнения на выработку четкого произношения, развития беглой речи;
- 3) упражнения для развития навыков восприятия и усвоения информации в разных и нестандартных условиях и ситуациях

Таким образом, для преодоления проблемы языкового барьера, решения трудностей во время профессиональной межязыковой коммуникации, языковая подготовка специалистов в данной отрасли должна учитывать особенности осуществления коммуникации в гражданской авиации, принимать во внимание целый ряд

специфических факторов, таких как цель, направленность и результат подобной коммуникации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зеленин, Г. И. Обзор инновационных методов обучения иностранным языкам в XX–XXI веке / Г. И. Зеленин, Ю. А. Ковалева. – М., 2011. – 7 с.
2. Виленский, М. Я. Технология профессионально-ориентированного обучения / М. Я. Виленский, П. И. Образцов, А. И. Уман. – Орел : ОГУ, 2010. – 48 с.
3. Соколова, Е. Н. Методика обучения иностранным языкам. Базовый курс лекций / Е. Н. Соколова. – М. : Просвещение, 2006. – 250 с.
4. Шаимова, Г. А. Профессионально-ориентированное обучение английскому языку в неязыковых вузах / Г. А. Шаимова // Молодой ученый. – 2013. – № 1. – С. 5–7.

UDC 811.111

V. Paletayeva, R. Rysovets

Belarusian State Academy of Aviation

PECULIARITIES OF LANGUAGE TRAINING IN NON-LINGUISTIC UNIVERSITY

The professional activity of a modern aviation engineer is a complex combination of functions to be performed: design, prognostic, diagnostic, information-analytical, organizational, communicative, etc. To fulfil all these functions a specialist has to possess skills that primarily meet the social control of society, as well as affect its competitiveness in the labor market. Among such skills one of the priority places is occupied by knowledge of a foreign language, which helps a specialist to express himself professionally, intellectually, socially. Consequently, a foreign language should have no less significant status in the list of university disciplines than general technical or even special disciplines. Moreover, teaching a foreign language at a university, according to the requirements of the State Educational Standard of Higher Education, is professionally oriented. This means that students begin to get acquainted with their future specialty during foreign language lessons.

An important role in successful language training is assigned to the teacher of a foreign language, whose task is to show students and namely future engineers, the importance of language in their development as professionals and individuals, to form their need for professional self-improvement by means of a foreign language. Based on the aforementioned, teaching a foreign language at a university should be oriented at mastering professional competencies (hard skills) and “over-professional” (soft skills) – linguistic, communicative, etc. by future engineers [1].

The essence of linguistic competence is the formation of a «linguistic personality». The Russian philologist F. Buslaev introduced the concept of «linguistic personality». He referred this term to students who study their native language and understood it as a set of linguistic knowledge, skills, abilities, manifested in the readiness to carry on oral activity both in terms of language levels – phonetics, grammar, vocabulary, and in types of speech activity – speaking, listening, writing [2]. This definition is quite applicable, from our point of view, and for students studying a foreign language.

Language is the basis of learning. By means of the language, scientific information is encoded, which constitutes the content of theoretical education. The bulk of all information in the learning process is linguistic, and non-linguistic information due to the specifics of human communication is translated into linguistic form. In this case, the dominant teaching method is verbal. Moreover, language is the main tool through which a person is formed, therefore, in the concept of “linguistic personality,” the interests of all human sciences combine, since it is impossible to study a person outside his language [3].

In the structure of a linguistic personality, scientists distinguish three levels:

1. Verbal-semantic – a vocabulary (lexicon) containing linguistic knowledge and namely lexical, grammatical. The linguistic units at this level are words and clichés.

2. Linguistic-cognitive – personality thesaurus containing a system of knowledge about the world. At this level, the personality operates with concepts, ideas.

3. Motivational – this level contains a system of goals, motives, and attitudes. The communicative-activity needs of the individual are manifested, expressed in various situations and roles.

M.M. Bakhtin, exploring the peculiarities of language and speech, believed that the units of language are words and sentences, and the units of speech are statements, that are built using words, phrases, sentences – language units, and the statement can be built from one word or one sentence. Emotions, assessment, expression are not typical to the word of the language, they are occur only in the process of saying, «living use» [1]. This means that it is not enough to know only the normative rules of the language: it is necessary to master the socio-cultural norms of behavior, and at the level of skills – the rules and communication techniques – everything that ensures the effective flow of the communication process. In other words, the communication process requires from a person socio-cultural knowledge and when teaching a foreign language, knowledge of the culture, traditions, and customs of the country of the target language is required.

Insufficient formation of the lexicon leads to inadequate perception of semantic information, that is, there is a mismatch between the efforts of the teacher or the author of the textbook to transfer information and the student's efforts to understand it. As a result, the student mechanically memorizes information, forgetting it a short time after passing the exam or test. All this negatively affects the quality of knowledge of a foreign language, the student's progress, and the quality of training in general for future bachelor's, specialist's, and master's degree students. This means that by the end of the study of a foreign language course, students should have a fairly good lexicon, that is, the skills and abilities of grammar, vocabulary, phonetics, which they already had at the beginning of their studies at the university (received at school, technical school) and improved in the process of university education as well as the thesaurus as part of the overall «picture of the world».

Mastering a profession through language mean improving the special language of this profession (sublanguage), and from the point of view of the concept of a linguistic personality – mastering a “terminological system” reflecting the system of knowledge in a certain professional area. Thus, the development of professional competence in teaching a foreign language means that students master the basic terminology system of their specialty, that is, the skills of a professional thesaurus must be formed [3].

Regarding the multi-level continuous education system programs in foreign languages are created, which take into account not only the requirements of the state educational standard, depending on the stage of education, but also the main trends in the development of the entire system of continuous language education. A distinctive feature of the language training of postgraduate students is its focus not on acquiring knowledge, as it was in school and university, but on the practical mastering of activity skills that will help the future scientist in his scientific and professional activities.

Translation is a learning tool and an effective way to control the completeness, depth and accuracy of understanding of scientific texts. At the same time, the main task is to be able to formulate clearly the key ideas of the original author in short and general terms, which is associated with a whole range of intellectual actions, such as analysis, synthesis, generalization, concretization, comparison. As for speaking, it requires the graduate student to master the skills of monologue and dialogical speech at the level of a prepared and unprepared statement, as well as the presence of a scientific and professional thesaurus that allows him to make reports, messages on scientific and professional topics.

In the conclusion, the following should be noted: it is impossible to create an effective model of language teaching in isolation from the linguistic personality, without taking into account its multi-level organization. Knowledge of the specific personality traits of a future engineer contributes to purposeful work to improve linguistic, speech, socio-cultural and professional competencies, that is, the formation of an effective professional linguistic personality.

REFERENCES

1. Бахтин, М. М. Эстетика словесного творчества : сб. ст. / редкол.: С. С. Аверинцева, С. П. Бочарова. – М. : Искусство, 1986. – 445 с.
2. Буслаев, Ф. И. О преподавании отечественного языка / Ф. И. Буслаев. – М. : Либроком, 2016. – 360 с.
3. Караулов, Ю. Н. Русский язык и языковая личность / Ю. Н. Караулов. – М. : ЛКИ, 2010. – 264 с.

УДК 371.64.69

V. Paletayeva, E. Savich

Belarusian State Academy of Aviation

THE ELECTRONIC PORTFOLIO AS A FORM OF ENGLISH TEACHERS' WORK ASSESSMENT

Quality of teaching is the single most important factor that contributes to changes in student learning. In many contexts, there is a major need for initial teacher training to increase the available teacher resource, as well as in-service professional development for teachers in ever-demanding teaching roles. However, there are key realities that undermine English language teaching in many national contexts.

Where the supply of trained English language teachers fails to meet demand, teachers who have some command of English are often given responsibility for English language teaching. They may also be asked to teach their own subject in English. In both cases, they understandably lack the key skills needed to support the developing language learner. Experienced English language teachers who have only taught at secondary/high school may also have new professional development needs, such as experience with the methodology to teach young learners English. Support is needed, therefore, to equip teachers with these new professional demands [1, p. 4].

Many countries worldwide are experiencing a massive shortage of trained English language teachers who speak English at least at an operational level, partly due to shortcomings of teacher training and partly due to the fact that those who are proficient in English are less likely to work in education, as more lucrative jobs from the private sector are often more attractive.

There is increasing awareness of the gap between the languages level that Ministries of Education want their teachers to have and the existing reality; there is also increasing awareness of the need to upskill teachers in English, as well as in language teaching methodology. Despite efforts, however, many English language teachers, especially in developing countries and in schools in rural areas, do not speak English at an operational level. Their poor language skills and lack of access to appropriate professional development make it difficult to create an effective learning environment for their students.

Teachers' low level of English often leads to a tendency to use the learners' mother tongue in classes, thus limiting the amount and quality of English input, which is essential for developing learners' English skills. As a result, they tend to create teacher-dominated classroom environments, as this approach allows teachers with limited English proficiency to avoid being pushed out of their linguistic comfort zone. Teachers' limited English proficiency also limits

opportunities for learners to engage in meaningful communication, since the activities chosen by teachers are often drilling of grammar rules, memorizing vocabulary in isolation, and reading aloud, which do not give learners opportunities to use English communicatively. Such an approach positions English as a subject to be taught about, rather than a language to function in [1, p. 5–6].

To teach students well and to involve them into effective study of English the teacher should always be ready for personal development and self-study and improve his/her level. Besides, profession-oriented technologies should be used at lessons. The most important characteristics of such technologies are:

1. effectiveness (high results achieved by each student);
2. cost-effectiveness (a large amount of educational material is effectively assimilated per unit of time without high loss of time and effort on the part of both the teacher and the student);
3. ergonomics (psycho-hygiene) (training takes place in an atmosphere of cooperation and a positive emotional microclimate, in the absence of overload and overwork);
4. creating high motivation to study the subject, which allows to identify and improve the best personal qualities of students, to reveal their reserve capabilities.

Profession-oriented educational technologies in higher education incorporate the latest achievements in didactics, psychology, computer science, etc., increasing the informative capacity of the educational content, developing general educational skills, educational and methodological support, ensuring students' active mental work, etc. One of such technologies is a teacher's portfolio.

The teacher's portfolio is a way of recording, accumulating materials that demonstrate the level of the teacher's professionalism and the ability to solve the problems of his professional activity. The teacher's portfolio shows the level of preparedness of the teacher and the level of activity in educational and extracurricular activities [2].

The main purpose of the portfolio is to demonstrate the most significant results of practical activities for assessing their professional competence, such as implemented projects, participation in Olympiads, research conducted by a teacher [3].

The portfolio allows the teacher to analyze, summarize and systematize the results of their work, objectively assess their capabilities and plan actions to overcome difficulties and achieve better results.

The second important purpose of the teacher's portfolio is an alternative form of assessing the professionalism and performance of the teacher during the examination for compliance with the declared qualification category. Among the possible options for the implementation of an electronic portfolio, three are considered:

1. Excel spreadsheets is fast, easy way to implement, however, the functionality of the program will be limited.
2. Ready-made e-portfolio builders can be an easy way to implement an e-portfolio as well, using ready-made templates and services, they are easier to edit and have great functionality.
3. Website using its own server, using the Java programming language, using the Spring framework, PostgreSQL databases. Has great functionality.

Among the three options, the Website was chosen, since the use of the Java programming language and its own database will allow scaling, changing the electronic portfolio. The portfolio will not be tied to any third-party services, which will ensure its independence.

Electronic portfolio functions are the following:

- diagnostic (fixes changes for a certain period of time);
- meaningful (reveals the full range of work performed);
- developing (provides a continuous process of learning and self-education);
- motivational (encourages performance results);

• rating (allows you to determine the quantitative and qualitative individual achievements) [4].

Electronic portfolio structure

1. General information

2. Activities

General information

- Full Name
- Education
- Work experience
- Study load
- Training
- Awards, diplomas

The activity is divided into 3 groups:

1. Training of highly qualified personnel

a. Implementation of the academic load and other types of work according to the individual plan for the academic year

b. The use of effective, innovative forms and methods of work, the introduction of new educational technologies in the educational process

c. Participation in educational and methodological work

d. Participation in scientific and methodological work

e. Information and educational, cultural, educational, social and ideological work

f. Further training or internships at least once every five years

2. Science

a. Participation in the preparation and implementation of scientific, scientific and technical programs, individual projects

b. Participation in scientific, scientific and practical events: conferences, schools, seminars, symposia, etc.

c. Publication activity (publications)

d. Inventive and patent-licensing work

e. Training and certification of personnel of the highest scientific qualifications

f. Activities in the field of international scientific and technical cooperation

g. Supervising the research work of students

h. Promotion of scientific and technical achievements

3. Innovative development

a. Participation in the organization and implementation of innovative programs and projects

b. Mastering the results of scientific and scientific and technical activities

c. Commercialization of scientific works

d. Exhibition activities

Each of the criteria is assigned a weight value in order to calculate the rating of each of the teachers, thereby creating a rating system for the teachers.

When compiling a portfolio, the teacher must adhere to consistency, reliability, objectivity, etc.

A portfolio can be represented by a file folder, presentation, web page [5].

Thus, the use of portfolio technology will help the administration purposefully and systematically monitor the individual professional improvement and development of the personality of each teacher, have complete information about the results of the specialist's activities, identify valuable experience with the aim of disseminating it among colleagues, and also effectively manage the personal and professional growth of the teacher, coordinate joint efforts to improve the performance of universities.

REFERENCES

1. Teacher Professional Development [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.cambridgeenglish.org/Images/539683-perspectives-teacher-professional-development.pdf>. – Date of access: 10.11.2021.
2. Тикуркина, А. С. Структура и функции электронного портфолио учителя иностранного языка / А. С. Тикуркина. – Тамбов : Тамбовский гос. ун-т им. Г. Р. Державина, 2013. – 5 с.
3. Рахманкулов, Р. Р. Электронный портфолио педагога как средство повышения качества образования / Р. Р. Рахманкулов. – Тамбов : Тамбовский гос. ун-т им. Г. Р. Державина, 2012. – 3 с.
4. Сорока, О. Г. Электронное портфолио учителя как площадка обмена опытом по использованию информационно-коммуникационных технологий / О. Г. Сорока. – Минск : БГПУ, 2012. – 17 с.
5. Шумилова, О. Н. Электронное портфолио преподавателей как фактор повышения качества образования вуза / О. Н. Шумилова. – Княгинино : Нижегородский гос. инженерно-экономический ун-т, 2017. – 3 с.

UDC 811.111

R. Rysovets, V. Paletayeva

Belarusian State Academy of Aviation

SPECIAL VOCABULARY IN THE FIELD OF AIR TRAFFIC MANAGEMENT

Aviation is an industry that needs globally standardized and harmonized rules and regulations. As in any other activity, a common language serves as a means of communication and work of aviation personnel. However, nowhere is language and communication potentially more critical, and misunderstandings in pilot-controller radio communication as catastrophic as in air traffic control. Using a common language is the best way to address safety and flight issues. The established world practice of operation and flight safety has made English the main means of communication in civil aviation.

At the present stage, the importance of research in the field of terminology both in theoretical and practical aspects is due to the rapid development of science and technology. The specialization of this knowledge contributes to the emergence of new terms in various spheres of human activity.

Formation and development of special vocabulary and terminology in the field of air traffic management refers to the activities of civil aviation, which is used for air transportation of passengers, baggage, cargo, mail and aviation work [1, p. 7]. In the civil aviation activities, as in any sphere of a person's professional life, a professional vocabulary is historically formed for which are typical words, terms and phraseology that characterize specialized processes and phenomena associated with civil aviation and namely with its appearance, development and functioning.

It should be noticed that aviation activity as a multifactorial process is subordinated to a complex control system of the aviation transport system. Therefore, spheres related to the peculiarities of individual civil aviation divisions functioning such as public administration, the activities of airports and aerodrome services, aircraft maintenance, air traffic control, etc. are formed, and also a special vocabulary of civil aviation is formed, which has its own specifics. Moreover, two levels of special vocabulary in the field of civil aviation are to distinguish: general, which characterizes special vocabulary in the specified area of professional activity as a whole, and special, related to certain areas (areas) of activity. The latter also covers the sphere of air traffic management.

Special vocabulary in the field of civil aviation as a whole acts as a special (industry) vocabulary, which is understood as «a set of lexical units, except for common, general scientific and general technical ones, used to ensure professional communication between specialists in a particular field of human activity» [2]. The vocabulary in the field of civil aviation corresponds

to the main features of special vocabulary and namely: the purposeful nature of its appearance; secondary to general vocabulary; belonging to a certain sublanguage; conventions, the presence of a special separate subject, in the understanding of which each communicant needs as a recipient of professional information [3, p. 25–39].

The peculiarity of special vocabulary in the field of civil aviation is not only that it has a large number of terms, definitions and abbreviations that reflect the specifics of its development, consolidation and application, but also that adequate information transfer ensures the normal functioning of the flight control organization and transportation of passengers and goods. Developing in different linguistic environments, special aviation vocabulary has a number of distinctive properties that reflect its general specificity, which has a universal character for different countries. In general, the characteristic of special vocabulary in the field of civil aviation is manifested in three main sections. Special vocabulary in the field of civil aviation acts as a tool for professional communication, since the processing of information is of fundamental importance in aviation, the speed, accuracy and reliability of the entire system «person – machine» [4]. Such communicative interaction is carried out through special terminology and provides «verbal communication of representatives of one professional group in a situation related to their direct performance of professional or official duties» [3].

At the same time, a characteristic feature of communication in the field of civil aviation is the increased social meaning and significance of the transmitted information, since it serves to ensure the normal functioning and safety in one of the important and technogenic areas of society life. Special vocabulary in the field of civil aviation is normatively fixed and standardized by the relevant regulations at the level of international and national jurisdiction and is mandatory for use. This provides a meaningfully accepted worldwide uniform means of harmonizing and transmitting information in the field of civil aviation at the level of interlanguage communications with the most adequate understanding of professional aviation terminology in different linguistic and cultural environments.

However, the unconditional rule is to use the exact equivalent in the target language when translating special aviation vocabulary. Special aviation vocabulary is international, since it acts as a means of providing accurate indications of real objects and phenomena and serves to establish an unambiguous understanding of the transmitted information by specialists. In this regard, it is important to know and use English vocabulary as a universal means of information exchange in the aviation field. At the same time, ICAO provides terms and their definitions in six working languages (Arabic, Spanish, Chinese, Russian, and French) with reference to the corresponding English term. Experts who have investigated this problem emphasize that «the preference for international vocabulary in English over Russian equivalents is due to the need to optimize and automate the communication of aviation specialists as much as possible under various circumstances» [4].

These general features of special vocabulary in the field of civil aviation distinguish it as characteristic of a professional group of people associated with aviation activities, which in turn includes a number of features and is associated with the functioning of individual areas and civil aviation divisions.

The specificity of the special vocabulary in the field of air traffic control in civil aviation is associated with the peculiarities of the processes and actions of a certain set of their participants. Special vocabulary in the field of air traffic control is based on professional vocabulary in the field of civil aviation and provides effective communication in this area of aviation activity. Of great importance is professional speech of air traffic controller. There are three types of such speech:

1. Professional speech that serves the communication during the flight, it means, between the crew of the aircraft and the air traffic controller, inside the crew, between the crews of the aircraft.

2. Professional speech serving communication of aviation operators with representatives of other groups of aviation personnel in the process of solving their professional tasks related to pre- and post-flight aircraft maintenance, safety, flight tests, etc.

3. Professional speech serving communication of the aircraft crew with passengers.

It should be noticed, that attention is drawn to the fact that taking into account these varieties of procedural speech is important for building an effective methodology for preparing future aviators for professional speech activity. Special vocabulary in the field of air traffic control is a means of ensuring the functioning of civil aviation in terms of air traffic management. Therefore, the main task of air traffic control is to ensure a safe, orderly and rapid flow of air traffic. At the same time, as indicated in the ICAO Radiotelegraphic Communication Manual, the transmitted information and instructions are vital to ensure the safe and rapid operation of aircraft [5, p. 1–2].

REFERENCES

1. Doc 9835 AN/453. Руководство по внедрению требований ИКАО к владению языком. – Монреаль : ИКАО, 2011. – 180 с.

2. Ковтун, Е. В. Английская авиационная терминосистема: лингвистический и переводческий анализ / Е. В. Ковтун // Язык и социальная динамика. – Красноярск, 2013. – С. 536–545.

3. Мальковская, Т. А. Англо-русские соответствия в языковой структуре радиообмена в режиме общения пилот-авиадиспетчер : дис. ... канд. фил. наук : 10.02.20 / Т. А. Мальковская. – Пятигорск, 2004. – 163 с.

4. Шарафутдинова, Н. С. К вопросу о типологии специальной лексики / Н. С. Шарафутдинова // Современные технологии обучения иностранным языкам. – Ульяновск, 2015. – С. 151–158.

5. Баженов, Е. В. Специальная лексика и терминообразование в сфере организации воздушного движения в гражданской авиации в русском и английском языках [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/spetsialnaya-leksika-i-terminoobrazovanie-v-sfere-organizatsii-vozdushnogo-dvizheniya-v-grazhdanskoy-aviatsii-v-russkom-i-angliyskom>. – Дата доступа: 07.11.2021.

UDC 372.811.111.1

E. Savich, V. Paletayeva

Belarusian State Academy of Aviation

THE IMPORTANCE OF LANGUAGE TRAINING IN THE SPHERE OF AVIATION

Professionally oriented language training of cadets in an aviation university is characterized by specific goals, criteria for assessing language competence, content of training, as well as the peculiarities of aviation English typical for conducting radio communications “Pilot-ATC”, thereby significantly distinguishing it from language training in any other non-linguistic university.

It should be noted that in an aviation university, the goal of language training is determined not only by the state educational standard, but also by the requirements of the International Civil Aviation Organization (ICAO) to ensure an appropriate high level of professional language competence of pilots and air traffic controllers for maximum reduction the number of cases of inadequate communication in the air. In fact, training in aviation English for radio communications and the acquisition of professional language competence is focused on achieving excellent flight safety indicators.

In natural dialogical communication between people communicative failures often occur, namely a complete or partial misunderstanding of the statement by the communication partner, a

“failure” in communication, in which certain speech works do not fulfill their purpose, and their elements are not implemented as instructions for transforming the environment [1, p. 53].

However, unlike informal conversations or intellectual discussions on professional topics, any inaccuracy while conducting radio communication between the crew and the air traffic controller can have an obvious danger for the lives of passengers and crew. After all, any communication failure can lead to serious consequences, for example, overshooting a given flight level, setting an inaccurate course or performing an unauthorized maneuver, and as a result, leaving the route, deviating into forbidden or military zones, dangerous approach of aircraft, collision or even plane crash.

More than 1.100 passengers and crew members died in crashes between 1976 and 2000 caused by communication failures due to inadequate English proficiency. Naturally, not in all cases, the language problem was the main cause of disasters, but it was often a concomitant factor in the events, where objective communication failures were superimposed on human errors and led to dire consequences.

As you know, the concept of «safety» in the field of aviation security is considered as risk factors. Thus, safety is a state in which the risk of harm to persons or damage to property is reduced to an acceptable level and maintained at this or lower level through a continuous process of identifying sources of danger and controlling risk factors [2].

According to the ICAO Language Proficiency Requirements Implementation Guide (hereinafter – Document 9835), the language factor is associated with accidents and incidents in cases where:

- The crew or ATC does not use standard radio phraseology when performing routine procedures.
- Pilots do not have a sufficient level of spoken English to explain the problem encountered on board.
- The crew or air traffic controller switches from English to their native language while communicating in the same airspace [3, p. 17].

The proficiency and use of English by pilots and air traffic controllers in their professional activities are also among the risk factors for aviation security. Therefore, the task of aviation universities and aviation training centers is to prepare their graduates for the control and management of risk factors at the technical, psychological, and linguistic levels.

At a new stage in the development of aviation, a prerequisite for the implementation of flight safety is high, specific requirements for the level of language training based on mandatory testing and certification.

Today there is a significant change in approaches to teaching aviation language, in particular, the definition of clear objectives presented in the ICAO language proficiency assessment scale in relation to the level of proficiency in speech skills such as speaking and listening. The determining factor in the development of the system of language training for aviation specialists is the need to achieve working level 4 according to the ICAO qualification scale.

Working level 4 (out of the existing six on the grading scale) is achieved in each area of language proficiency, namely: pronunciation, grammatical structure, vocabulary, speaking skills, comprehension and communication. That is, at the 4th working level on the ICAO scale, a person must:

- have an accent that does not obstruct understanding;
- own grammatical constructions so that errors, if they suddenly arise, do not distort the meaning of the message;
- be able to paraphrase a statement if the vocabulary is not enough to explain;
- speak at a pace consistent with the ICAO scale;
- be able to resolve doubts about the accuracy of understanding by checking, confirming or clarifying [4].

That is why trainers should bear in mind that professional language training for cadets should be carried out regardless of the format of a particular test recognized in the aviation community, and, ideally, ensure preparation for the successful passing of any qualification test that meets the specific language requirements of ICAO.

F. Shocross identifies the following features of aviation English, which must be taken into account when determining the content of training:

- The language in an aviation context is intended to provide an understandable pilot-to-controller communication;
- Operational efficiency, not linguistic correctness, is the final criterion for assessing language proficiency;
- Communication is mainly supported through speech, without additional visual aids [5, p. 5].

Thus, when determining the content of training, it must be remembered that the language of radio communication has serious differences compared to spoken English in the use of grammatical structures, standard phraseology to ensure an understandable connection. The main goal of the Pilot-ATC radio communication is not the use of complex grammatical structures, idiomatic units that can be used by the negotiators, but the effectiveness of communication. In addition, the language of radio communications is distinguished by its richness in terminology, code marks, pronunciation and intonation features, and standard speech models. These features require the formation of skills such as the ability to transmit or receive information, understand the various accents of the aviation community, request data, report unusual situations, and clarify in case of misunderstanding in order to avoid communication failure and its possible consequences.

Ease of understanding is becoming a major focus of aviation English training in an operational context. After all, aviation English is ultimately a means of communication, not a learning goal.

To achieve the 4th working level, Document 9835 proposes to apply the methodology of content-oriented learning, which ensures the effectiveness of assimilation, the adequacy of the subject-conceptual content, motivation and economy.

This methodology is based on the recognition of the fundamental importance of achieving correspondence between the subject content of the language course and the interests of the listeners. According to Document 9835, when choosing the forms of classroom studies for a language training program, the emphasis should be on context-oriented assignments; exercises aimed at increasing the coherence of interaction and team building; development of the ability to solve problems, role play and simulation of situations.

To improve the quality of language training of cadets of aviation universities, it is necessary to develop technologies for «immersion» in speech situations typical for future professional activities in the aviation sector. It is necessary to create organizational and pedagogical conditions for the development of language, speech and educational-cognitive competencies of cadets within the framework of a functional-content approach [6].

Taking into account the above-mentioned features of the professionally oriented language training of cadets of an aviation university, we propose a complex of the following organizational and pedagogical conditions:

- Application of quasi-professional technologies that bring the occupation as close as possible to real professional activity. In accordance with ICAO Circular 323-AN / 185, the closer the subject content of the course is to the real situations, actions, functions and subjects that students encounter in their professional activities, the more effective and efficient the teaching materials of the course [7]. Within the framework of quasi-professional technology, real situations of professional communication “Pilot-ATC” are simulated, training sessions approach the conditions of professional activity of future specialists, real professional fragments of flight stages and interpersonal relationships of people employed in it are recreated.

- Interdisciplinary integration, as well as joint activities with the instructors of the flight team and the training center in order to adjust the learning process. The selection of the content of the educational material includes an intersubjective block, involving the use of cadets and the basics of knowledge in such disciplines as “Navigation”, “Meteorology” “Aircraft Operation”, “Air Traffic Management”, etc.

- Use of records of real radio communications over the Air-to-Ground communication channel. Audiovisual materials, so valuable for improving listening comprehension and expanding vocabulary, should contain content and situations that occur in one form or another in the work of listeners. For example, on the sites www.liveatc.net, <http://www.radioscanner.ru> you can listen to radio traffic in real time.

REFERENCES

1. Агапова, С. Г. Основы межличностной и межкультурной коммуникации / С. Г. Агапова. – Ростов н/Д : Феникс, 2004. – 282 с.

2. Doc 9859 AN / 474. Руководство по управлению безопасностью полетов. – 2-е изд. – Монреаль : ИКАО, 2010. – 180 с.

3. Doc. 9835 AN / 453. Руководство по внедрению требований ИКАО к владению языком. – 2-е изд. – Монреаль : ИКАО, 2010. – 150 с.

4. Тайл, К. Обеспечивая взаимопонимание. Как не допустить, чтобы коммуникационные разногласия привели к авиационным происшествиям / К. Тайл // *Аэронавигация*. – 2012. – № 2. – С. 18–21.

5. Шокросс, Ф. Новые Директивы по программам обучения авиационному английскому языку / Ф. Шокросс // *ИКАО*. – 2009. – Т. 64, № 3. – С. 4–6.

6. Шлямова, А. А. Педагогические условия языковой подготовки в авиационном вузе / А. А. Шлямова // *Инновационная наука*. – 2016. – № 1-2 (13). – С. 236–238.

7. Рекомендации по программам обучения авиационному английскому языку : Циркуляр ИКАО 323-AN/185. – Монреаль : ИКАО, 2010. – 95 с.

УДК 821.111

А.А. Сайфиева

Высшее военное авиационное училище Республики Узбекистан

ЯЗЫКОВАЯ ПРОБЛЕМА ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Подготовка высокопрофессиональных специалистов авиационного направления является самой важной задачей, стоящей перед администрацией Высшего военного авиационного училища Республики Узбекистан, так как данное учебное заведение является единственным в Средней Азии, выпускающим авиационных специалистов и обеспечивающим военную авиацию ПВО и ВВС соответствующими специалистами. Учитывая возникшую языковую проблему, связанную с нехваткой русскоязычных специалистов, из года в год мы больше и больше сталкиваемся с проблемой обучения русскому языку курсантов, поступающих в наше училище.

Низкое знание русского языка и сильный языковой барьер (из-за которого курсанты стесняются и избегают разговаривать между собой на русском языке), является следствием нехватки учителей русского языка в отдаленных поселках нашей республики, а также уменьшения русскоговорящего населения в нашей стране, что отражается на отсутствии базовых знаний русского языка у школьников. Курсант, поступивший с хорошими знаниями математики и физики, с началом изучения специальных предметов по профессиональной деятельности авиационного специалиста, сталкивается с проблемой усвоения пройденного материала, так как данный материал преподносится на русском - неродном языке обучающегося.

Данная проблема обусловлена тем, что инструкции и руководства по применению основной эксплуатируемой техники, дается на языке разработчика, то есть на русском языке. При переводе данного материала на родной язык, специалисты сталкиваются с проблемой перевода специально-технических терминов авиационного происхождения, что является следствием заимствования большого пласта специально-военной терминологии.

Говоря о переводе, следует отметить, что перевод – это вид языкового посредничества, общественным предназначением которого является приближение опосредованной двуязычной коммуникации по полноте, эффективности и естественности общения к обычной одноязычной коммуникации (4), то есть передача полного содержания оригинала средствами языка перевода.

Особое значение имеет военно-авиационный перевод, характеризующийся наличием в нем большого количества специальной технической терминологии, и для успешного осуществления, которого, необходимо не только владеть соответствующим языком и знанием военной терминологии, но и быть образованным в области военно-авиационной сферы.

Во время обучения и проведения практических занятий, мы часто сталкиваемся с проблемой перевода. Курсанту, не знающему русский язык, приходится сталкиваться с проблемой неполного усвоения изучаемого материала. На помощь приходит курсант или офицер – «переводчик», который может объяснить значение слова, но не перевести его, так как при буквальном переводе смысл слова или текста может исказиться. В данной ситуации мы сталкиваемся с понятием заимствования, в результате которого в языке появляется и закрепляется некоторый иноязычный элемент (3), являющийся фактором пополнения словарного запаса языка переводчика.

В узбекском толковом словаре военных терминов, под редакцией Долимова Ш.З., изданном в нашем училище с целью усвоения военно-специальных терминов, есть много примеров, не подлежащих переводу. Причина данного явления связана с интернациональностью слова, которое не подлежит переводу и объясняется толкованием данного слова: *авангард, авария, авиация, автомат, атака, атташе, вахта, бомба, дистанция, кассета, штат, штифт, эвакуация, экипаж* и др.

Работа над переводом учит курсантов и офицеров добиваться правильного, логичного, убедительного оформления мысли оригинала. Владение навыками перевода, умение читать литературу на русском языке имеет не только прагматическое значение получения необходимой информации, но и является неотъемлемой частью профессионального обучения современного военного специалиста.

Следовательно, для решения проблемы с установлением языковой коммуникации, в нашем учебном заведении проводится огромный пласт работы по созданию соответствующей языковой среды, а также формированию высококвалифицированного профессорско-преподавательского состава.

С целью закрепления и дальнейшего развития дружеских, дипломатических, социально-политических и экономических отношений между странами, организуется международное сотрудничество, направленное на формирование высококвалифицированных военно-авиационных специалистов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Долимов, Ш. З. Краткий толковый словарь военной терминологии. – Ташкент : Изд-во Министерство Обороны Республики Узбекистан, 2007. – 393 с.
2. Гореликова, С. Н. Природа термина и некоторые особенности терминообразования в английском языке / С. Н. Гореликова // Вестник ОГУ. – 2002. – № 6. – С. 129–136.
3. Комиссаров, В. Н. Современное переводоведение : учебное пособие / В. Н. Комиссаров. – М. : Изд-во «ЭТС», 2001. – 424 с.

4. Латышев, Л. К. Технология перевода / Л. К. Латышев. – М. : НВИ-ТЕЗАУРУС, 2000. – 280 с.

5. Массалова, А. Э. Особенности и содержание профессионально ориентированного обучения при изучении русского языка как иностранного в военном вузе инженерного профиля / А. Э. Массалова // Педагогическое образование в России. – 2018. – № 5. – С. 92–97.

УДК 378.016:355.23

Ф.У. Умаров

Высшее военное авиационное училище Республики Узбекистан

ИЗУЧЕННОСТЬ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОММУНИКАТИВНЫХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ БУДУЩИХ ОФИЦЕРОВ

Профессиональная коммуникативная компетентность будущих офицеров, ее содержание, функциональная структура (с точки зрения системного подхода), а также возможности ее развития мало изучены учеными нашей страны. Проведенный анализ педагогических исследований показывает, что будущие офицеры – курсанты высших военных образовательных учреждений не обладают соответствующим уровнем профессиональной коммуникативной компетентности, который должен соответствовать современным требованиям, у большинства курсантов имеются значительные пробелы в знаниях и умениях, необходимых для общения в военно-профессиональной и военно-педагогической деятельности. Многие военнослужащие имеют отдаленные представления о культуре общения и ее месте в решении профессиональных задач.

Различные аспекты профессиональной коммуникативной компетентности освещены во многих работах философов, социологов, психологов и педагогов (Ю.М. Жуков [1, 2], Л.П. Качалова [3], А.Н. Кирилловский [4]), но несмотря на это необходимо отметить, что в проведенных исследованиях практически не отражаются проблемы развития профессиональных коммуникативных компетентностей будущих офицеров в воинском коллективе, особенно взаимодействие в процессе военно-служебной деятельности. Остаются полностью не исследованными противоречия, особенности межличностных отношений, взаимосвязь образовательной, военно-профессиональной и служебной деятельности в формировании профессиональных коммуникативных компетентностей.

В социальной психологии изучены характерные особенности межличностного общения, а также общения, связанные с профессиональной деятельностью в малых группах и коллективах (производственная, педагогическая, научная). В исследованиях и научных трудах известных психологов (Г.М. Андреева [5], А.А. Бодалев [6]) большое внимание уделено вопросам общения, межличностных отношений и социального управления моральными устоями, а также проблемам развития профессиональной коммуникативной компетентности.

С позиции педагогической психологии (В.А. Канн-Калик [7], В.Н. Козиев [8]) изучены проблемы педагогического общения, коммуникативные компетентности преподавателей, а также их взаимоотношения с обучаемыми. Коммуникативные компетентности, ее методы, условия ее развития изучены в исследованиях, посвященных межличностному общению, а также общению относящийся к профессиональной деятельности (О.А. Баева [9], В.А. Слостенин [10]).

Г.Р. Шагивалеева [11] считает необходимым соотнести понятие «общение» с более широким понятием – «коммуникация». Коммуникация – это связь, в ходе которой происходит обмен информацией. А главным средством общения является – язык (речь). Коммуникативная компетентность основана на способности устанавливать и поддерживать необходимые отношения с другими людьми. Он включает в себя набор определенных знаний, умений и навыков, обеспечивающих эффективное проведение

коммуникативного процесса (Ю.М. Жуков [1]). Коммуникативная компетентность также определяется как профессионально важное качество человека. Это качество подразумевает, прежде всего, адекватную оценку ситуации, наличие определенного словарного запаса, четкую и понятную формулировку целей общения, а также культуру речи и стиль общения [12]. Описание профессионально-коммуникативной компетенции (педагога) даны в работах Н.Ш. Турдиева [13], Ю.М. Асадова [13], С.Н. Акбаровой [13], Д.Ш. Темирова [13], Н.А. Муслимова [14], М.Х. Усмонбоевой [14], Д.М. Сайфурова [14], А.Б. Тураева [14].

В военно-педагогической практике существует представление о том, что коммуникативная компетентность будущего офицера формируется в процессе освоения данной специальности и в зависимости от коммуникативных способностей курсантов. Вопрос о том, все ли выпускники вузов, получившие военно-педагогическое и военно-психологическое образование обладают достаточной компетенцией в области психологии общения, а также коммуникативными навыками и способностями, является предметом нашего исследования. Социально-психологические тренинги с курсантами и со слушателями служат формированию у них знаний в области психологии общения, а также развитию коммуникативных навыков и качеств личности. Однако они недостаточно развивают профессионально-коммуникативную компетентность будущего офицера. Поэтому возникает проблема реализации коммуникативной компетентности курсантов не только на лекциях и практических занятиях по предмету, но и на социально-психологических тренингах и тематических занятиях.

Анализ литературных источников показал, что профессионально-коммуникативная компетентность будущего офицера, формы, методы и условия ее развития недостаточно изучались в качестве предмета экспериментальных психолого-педагогических исследований, а также не изучались в научных публикациях по психологии профессионального общения. Таким образом, можно сказать, что данная проблема недостаточно изучена и объяснена с педагогико-психологической точки зрения. Исходя из вышеизложенного, можно сказать, что исследования по данному вопросу актуальны с научной и практической точек зрения. Перед нами стоят ответственные задачи, такие как изучение психологических особенностей развития профессионально-коммуникативной компетентности будущего офицера и выявление ее значения для эффективности профессиональной деятельности.

Исследование проблемы развития профессионально-коммуникативной компетентности будущего офицера – военного специалиста требует решения вопросов теоретико-методологического и диагностического значения: какие модели коммуникации существуют, каково профессионально-педагогическое значение этих моделей для подготовки специалистов по типу профессии «человек-человек»?; какие формальные и важные аспекты общения и коммуникации следует учитывать в понятии «профессиональная коммуникативная компетентность будущего офицера»?; каких знаний требует от специалиста «профессиональная коммуникативная компетентность»?; умение классифицировать «коммуникативные умения» и «коммуникативные навыки», знать их значение в формировании профессиональной коммуникативной компетентности будущего офицера; какие методы психологической диагностики можно использовать для оценки и определения уровня развития профессиональной коммуникативной компетентности будущего офицера-выпускника высшего военного образовательного учреждения?; как происходит формирование профессиональной коммуникативной компетентности будущего офицера-выпускника ВВОУ, какие методы можно использовать в педагогических вузах?

Ответы на такие вопросы и их решения основаны на анализе научной литературы в области социальной психологии общения, психологической диагностики личности, моделирования процесса подготовки специалистов.

Коммуникативные умения можно разъяснить следующим образом: умение внимательно слушать разговор партнера; уметь видеть и понимать эмоциональное состояние и личность собеседника; умение быстро сходитьсь с людьми и вести общение; умение отвечать на все вопросы; умение выражать свои мысли и действия; обосновывать свои ответы доказательствами; уметь проявлять и брать инициативу в свои руки, а также умение влиять на других во время разговора; передача данных с использованием технических средств; умение проявлять внимание к собеседнику во время разговора; умение находить подход к мнению собеседника во время разговора.

Коммуникативные навыки можно описать следующим образом: развитие устных и письменных коммуникативных навыков при предоставлении профессиональной информации; навыки коммуникации; методы и инструменты решения проблем; способы и средства поиска ответов на вопросы собеседника; методы и средства выразительной речи; способы привлечь внимание собеседника к теме разговора; навыки разрешения конфликтов; устная и письменная передача информации; способы изменения интонации звука; навыки самоконтроля (внутренняя речь, самоконтроль); коммуникативные навыки (общение с использованием технических средств); невербальные коммуникативные навыки (жесты, приемы пантомимика).

Ключевым фактором развития профессиональной и коммуникативной компетенции будущих офицеров является овладение ими вышеперечисленных коммуникативных умений и навыков.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жуков, Ю. М. Методы диагностики и развития коммуникативной компетентности / Ю. М. Жуков // Общение и оптимизация совместной деятельности : сб. ст. / под ред. Г. М. Андреевой, Я. Яноушека. – М. : Изд-во МГУ, 1987. – С. 64–74.
2. Жуков, Ю. М. Эффективность делового общения / Ю. М. Жуков. – М. : Знание, 1988. – 64 с.
3. Качалова, Л. П. Возрастная педагогика: личностная педагогика / Л. П. Качалова. – Шадринск, 2003. – 203 с.
4. Кирилловский, А. Н. Становление системы профессионального образования Германии / А. Н. Кирилловский // Актуальные проблемы образования и педагогики: диалог истории и современности : материалы Всероссийской научно-практической конференции, Саранск, 2005. – Саранск, 2005. – С. 132–134.
5. Андреева, Г. М. Социальная психология : учебник для высших учебных заведений / Г. М. Андреева. – М. : Аспект Пресс, 2003. – 364 с.
6. Бодалев, А. А. Психология общения: избранные психологические труды / А. А. Бодалев. – М. : Институт практической психологии ; Воронеж : НПО «МОДЭК», 1996. – 256 с.
7. Канн-Калик, В. А. Учителю о педагогическом общении: книга для учителя / В. А. Канн-Калик. – М. : Просвещение, 1987. – 190 с.
8. Козиев, В. Н. Психологическая компетентность учителя в контексте взаимоотношений учителя и учащихся : сб. науч. тр. / В. Н. Козиев. – М. : Изд-во АПП СССР, 1989. – С. 41–45.
9. Баева, О. А. Ораторское искусство и деловое общение : учеб. пособие / О. А. Баева. – 2-е изд., исправл. – Минск : Новое знание, 2001. – 328 с.
10. Педагогика : учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / под ред. В. А. Сластенина. – М. : Издательский центр «Академия», 2013. – 576 с.
11. Шагивалеева, Г. Р. Психология общения : методическое пособие / Г. Р. Шагивалеева. – Елабуга : Издательство ЕГПУ, 2005. – 544 с.
12. Общедоступная многоязычная универсальная интернет-энциклопедия [Электронный ресурс] – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Коммуникативная_компетентность. – Дата доступа: 12.04.2021.
13. Умумий ўрта таълим тизимида ўқувчиларнинг компетенцияларини шакллантиришга йўналтирилган таълим технологиялари. Т.Н. Қори Ниёзий номидаги Ўзбекистон педагогика

фанлари илмий-тадқиқот институти / Н. Ш. Турдиев [и др.]. – Тошкент : «O‘QUV TA‘LIM-METODIKA» ДУК босмахонаси, 2015. – 544 б.

14. Педагогик компетентлик ва креативлик асослари / Н. А. Муслимов [и др.]. – Тошкент : «Sano-standart» МЧЖ босмахонаси, 2015. – 120 б.

УДК 372.811.111.1

V. Khviadchenia, V. Paletayeva

Belarusian State Academy of Aviation

LANGUAGE TRAINING OF AVIATION SPECIALISTS AND PROBLEMS OF PROFESSIONAL COMMUNICATION

Civil aviation today is a dynamic industry that meets the ever-increasing needs of the world's population in transportation. Aviation technology has been and will continue to be at the cutting edge of human technological and scientific development. Not only does it make distances shorter, but it also facilitates social, economic, scientific, and cultural exchanges. In addition to this, it offers a bird's eye view of our planet, and creates vehicles and instruments for the exploration of the universe and the progression of science.

By the Convention on International Civil Aviation, signed in 1944 by 52 States Parties, English is declared the language of civil aviation [1]. There are four working languages in ICAO: English, French, Spanish and Russian, but all meetings, conferences and assemblies are conducted in English and then all materials are translated into other languages.

The development of aviation leads to the creation of airlines in countries where English is not the state language. The most urgent problem in aviation is safety. The progress in safety is achieved by intensive efforts in various spheres such as engineering sciences, meteorology, psychology, medicine, economics and “last but not least” the English language. Language problems in aviation result in some problems such as accent, mispronunciation, inaccurate grammar. Insufficient English language proficiency often results in accidents and incidents. That is why additional standards in ICAO demand to adhere more closely to standard phraseology in all air-ground exchanges and to use plain language when phraseology is not sufficient. Phraseology alone is unable to cover all potential situations, particularly in critical or emergency situations. Consequently, a high standard of English is required both in speaking and in comprehension. Therefore, improving the language training of flight personnel and air traffic controllers is of paramount importance in ensuring the safety of flights in civil aviation.

The International Civil Aviation Organization (ICAO – International Civil Aviation Organization) pays great attention to the issue of English language proficiency. In 2003, the standard of requirements for the level of language competence of aviation personnel was introduced in the form of the level of English on the ICAO Level scale. Based on pronunciation, vocabulary, fluency, structured speech, understanding and interoperability, six main levels of language training are identified. A necessary admission to work in international directions is the presence of at least the fourth operational level of language proficiency [2].

Today, English has the status of the «lingua franca» of international communication. Basic characteristics of English also contribute to the situation that nowadays it is the most spread language on the Earth. These characteristics are:

1. simplicity of forms (very few endings);
2. flexibility (the same word can operate as some different parts of speech);
3. openness of vocabulary (English words are frequently admitted by other languages).

The goal of studying aviation English as a language of professional communication is to achieve the necessary and sufficient level of language proficiency for solving professional problems by aviation personnel.

All aviation regulations are written by disasters. After on March 27, 1977 in the Canary Islands (Spain), two Boeing 747s (American Pan Am and Dutch KLM) collided on the runway and killed about 600 people, based on the English language ICAO developed clear rules for radio communication between pilots and air traffic controllers during the flight [3].

In his famous course on phraseology of flight and air traffic control «Airspeak» F. Robertson calls the language of radio exchange «the most successful semi-artificial international language that requires constant updating» [4].

All deviations from the existing rules of communication cause communication failure, which leading to the misunderstanding between aviation specialists. The problem of communication failures is associated with a number of factors that need to be considered comprehensively (these are linguistic and technical reasons, reasons based on the human factor, and others).

Communication failures reasons are mainly associated with the language of communication and namely:

1. violation of the order of words;
2. ambiguity of wording, insufficient knowledge of ICAO phraseology;
3. the complexity of information;
4. incorrect interpretation of terms;
5. erroneous use of the digital alphabet;
6. personal characteristics of communication participants (stress, distraction of attention, excessive load, fatigue).

For example, the reason of Boeing 747 crash of the airline Flying Tiger Line (USA) when approaching the Subang Airport in Kuala Lumpur (Malaysia) in February 1989 was the ATC command “descend two four zero zero” (a descent of 2400 feet), interpreted by the pilots as a descent up to 400 feet. Here were misinterpreted terms representing homophones (words with different meaning, but similar in pronunciation): «to» and «two» [4].

An example of confusion between words (Acknowledge – Confirm; Hold – Expect; Read back – Say again; At – In) is an aviation event that took place in December 2015 near the Sukhotino point: *ATC: T70KA, descend FL 110 to reach level in 17 minutes.*

Pilot: Descending 110 will be reaching at 17 minutes T70KA.

Here the controller did not recognize the error and, as a result, a dangerous approach with another aircraft descending to the same level 110.

In most cases, the phraseology of radio exchange is perceived as a kind of code language for aviation personnel. This approach only works in standard situations. In the event of emergency effective communication becomes impossible. Thus, training future civil aviation specialists only in the language of radio exchange without language training is considered as ineffective and even dangerous technique, since without possessing the skills of speaking in any emergency even a highly qualified specialist will be helpless.

In conclusion, it should be noted that communication failure between aviation professionals is a frequent phenomenon, in which language features play a major role. Therefore, ICAO specialists are constantly working to improve radio exchange: they standardize it, replace ambiguous words and formulations with unambiguous ones in order to minimize the potential for inadequate communication and avoid misunderstandings that can lead to communication failure and entail negative and sometimes irreversible consequences.

REFERENCES

1. Doc 7300/9. Convention on International Civil Aviation. – Monreal, 2006. – 120 p.
2. Doc 9835 AN/453. Manual on the Implementation of ICAO language proficiency Requirements. – Monreal, 2010. – 90 p.

3. Emery, H. Aviation English for ICAO compliance / H. Emery, A. Roberts. – Oxford : Macmillan, 2008. – 120 p.

4. Robertson, F. A. Airspeak : radiotelephony communication for pilots / F. A. Robertson. – Oxford : Alden Press Ltd., 1987. – 205 p.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1 СЕКЦИЯ. АВИАНИКА, СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ И КОНСТРУКЦИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

А.А. Авершин, М.В. Муравлев, В.К. Дмитриев <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i> РАСЧЕТ ДОБРОТНОСТИ ОПТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ КОЛЬЦЕВОГО МОНОБЛОЧНОГО ГИРОСКОПА С ЛАЗЕРНЫМ ДИОДОМ	4
Р.Н. Агаев, А.Г. Ганжин, А.В. Чариков <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАЗРАБОТКА БЕСПИЛОТНОГО САМОЛЕТА-АМФИБИИ	6
Р.Н. Агаев, А.Г. Ганжин, П.В. Зубарев <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧНОСТИ САМОЛЕТА АН-26.....	9
Н.З. Агаев, Д.А. Лекарев, З.Н. Агаев <i>ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)</i> К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ВЕРТОЛЕТОВ АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ	12
А.В. Банников, Д.Г. Якуш, А.С. Фимушин <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПРИМЕНЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ЗАПАСНЫМИ ЧАСТЯМИ И МАТЕРИАЛАМИ АВИАЦИОННОЙ ЧАСТИ.....	15
Е.В. Барбарич, С.Д. Юхневич, М.И. Тихонович <i>Белорусская государственная академия авиации, Минский аэроклуб имени дважды Героя Советского Союза С.И. Грицевца, Минский завод гражданской авиации № 407</i> К ВОПРОСУ ОБ АКТУАЛЬНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВНОСТИ РЕМОТОРИЗАЦИИ ПАРКА ЛЕГКИХ МНОГОЦЕЛЕВЫХ САМОЛЕТОВ АН-2: ОПЫТ МИНСКОГО АЭРОКЛУБА ДОСААФ.....	18
Д.Е. Бельская, Д.В. Песоцкий, Н.И. Пучко <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ: ТУРБОВИНТОВОГО, ТУРБОВИНТОВЕНТИЛЯТОРНОГО И ДВУХКОНТУРНОГО В ПЛАНЕ ИХ ТОПЛИВНОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ	22
В.К. Вершинин, Р.Ю. Уневский, А.С. Фимушин <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> КОНЦЕПЦИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРИФИЦИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ВОЗДУХА И ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ	24

И.И. Вершинин, И.К. Макаров <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА САМОЛЕТА-НОСИТЕЛЯ, ПУТЕМ ПРОДОЛЬНОГО ПЕРЕМЕЩЕНИЯ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ.....	27
А.С. Гулецкий, А.А. Григорьева, З.В. Машарский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АППАРАТНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИАГНОСТИКИ АВИАЦИОННЫХ ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ.....	30
И.И. Завялик, Е.В. Фетисов, И.В. Ломакин <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ОЦЕНКА УРОВНЯ БЕЗОТКАЗНОСТИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО СУДНА С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ	31
В.А. Загорский, С.А. Маяцкий, М.В. Бледных <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАСЧЕТНО-АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	33
А.Я. Качан, С.А. Уланов, Д.В. Павленко <i>Национальный университет «Запорожская политехника» (г. Запорожье)</i> ПОВЫШЕНИЕ РЕСУРСА ДЕТАЛЕЙ ГТД ПОВЕРХНОСТНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ ДЕФОРМИРОВАНИЕМ.....	36
Д.А. Лекарев, А.В. Сенин, З.Н. Агаев <i>ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)</i> К ВОПРОСУ О ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ ВЕРТОЛЕТОВ АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ	38
А.А. Авершин, А.В. Лущик, С.П. Полуэктов <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ.....	41
В.В. Малеронок, В.Д. Твердый, С.Л. Соколов <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ЭЛЕМЕНТОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ИЗ МЕТАЛЛОВ.....	43
А.А. Мальченко, П.С. Костин <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> СОЗДАНИЕ ЦИФРОВОЙ МОДЕЛИ КОМАНДНО-ПИЛОТАЖНОГО ИНДИКАТОРА С ПОМОЩЬЮ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ADOBE&FLASH	46

Д.В. Морозов, М.С. Гнездилов <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПРИЕМЛЕМОГО УРОВНЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВИАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА ПРИ СНИЖЕНИИ НАГРУЗКИ НА ОБСЛУЖИВАЮЩИЙ ПЕРСОНАЛ.....	49
А.В. Нагула, И.М. Филиппов, Д.С. Прохорычев <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПУТИ СИНХРОНИЗАЦИИ СВЯЗИ В АВИАСТРОЕНИИ	51
Д.А. Нехорошев, П.С. Костин, В.С. Мельников <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ПЕРЕХВАТА ИСТРЕБИТЕЛЕМ ВОЗДУШНОЙ ЦЕЛИ	53
А.В. Новик, А.С. Гулецкий, З.В. Машарский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СТРУКТУРА И ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ БЕСТРАНСФОРМАТОРНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА	55
В.А. Потапов, Р.И. Хованский, В.Д. Дружинин <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭРОЗИОННОГО ИЗНОСА ЛОПАТОК ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА ВЕРТОЛЕТНОГО ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	57
И.А. Потапов, А.В. Косицын, С.Н. Сокол <i>Военная академия Республики Беларусь</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ АВИАЦИОННОГО КОНТЕЙНЕРА ОХЛАЖДАЕМОГО ВИХРЕВОЙ ТРУБОЙ ПРИ КИНЕТИЧЕСКОМ НАГРЕВЕ.....	58
И.К. Макаров, М.Н. Пушкин <i>ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)</i> К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ МАКЕТА ПЕРЕДНЕЙ ОПОРЫ ШАССИ ВЕРТОЛЕТА МИ8-МТВ-5 ПОСРЕДСТВОМ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	62
В.И. Рубинов, Р.А. Алимуратов <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАЗРАБОТКА И ПРОГРАММИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА КОНТРОЛЯ РЕЖИМА СТАБИЛИЗАЦИИ ВЫСОТЫ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПОЛЕТОМ САУ-1Т-2Б САМОЛЕТА ИЛ-76МД.....	65
А.А. Рыков, С.А. Вихляев, А.С. Фимушин <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПРИВОДНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕСА ШАССИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	67
С.В. Синявская, А.В. Сечкова <i>Белорусская государственная академия авиации</i> КЛАССИФИКАЦИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПО НАЗНАЧЕНИЮ И КОНСТРУКТИВНЫМ ПРИЗНАКАМ	71

С.В. Синявская, Е.О. Галузо <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ АВИАЦИИ. МАТЕРИАЛЫ В АВИАСТРОЕНИИ.....	73
Н.В. Соболев, А.С. Фимушин, В.К. Вершинин <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ВОЗДУШНОГО СУДНА.....	76
К.В. Терещенко, А.Г. Капустин <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕЧЕТКОГО РЕГУЛЯТОРА ПРИ РАБОТЕ СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА НА МОЩНУЮ АСИНХРОННУЮ НАГРУЗКУ	79
В.К. Филатов, П.С. Костин <i>ВУНЦ ВВС «ВВА» имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОСТРАНСТВЕННОГО ДВИЖЕНИЯ ДАЛЬНОГО ТЯЖЕЛОГО САМОЛЕТА.....	82
Е.А. Шапорова, В.А. Котович, С.О. Стойко <i>Белорусская государственная академия авиации</i> КАТАЛИТИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА ВЫХЛОПНЫХ ГАЗОВ АВИАДВИГАТЕЛЯ.....	85
Л.А. Иваницкий, А.А. Шейников <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТА-ИСТРЕБИТЕЛЯ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ДИАГНОСТИКИ	88

2 СЕКЦИЯ. БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ

И.П. Аниськов <i>Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси</i> ВЫЯВЛЕНИЕ И УНИЧТОЖЕНИЕ ПОСАДОК ИНВАЗИВНЫХ РАСТЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	93
В.П. Атрохов, В.П. Мильто <i>Белорусская государственная академия авиации</i> БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	95
Р.А. Барткевич <i>Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Республики Беларусь»</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО (КОЛИЧЕСТВЕННО-КАЧЕСТВЕННОГО) СОСТАВА РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНО-УДАРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ВООРУЖЕННЫХ СИЛ	98

Г.В. Бирич, И.А. Лукьянчук, И.В. Рожков <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> СОЗДАНИЕ ОБЛИКА ЭЛЕКТРОННОГО ФОРМУЛЯРА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	99
П.А. Буйницкий, А.Р. Михайлов <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ В ХОДЕ ВОЕННОГО КОНФЛИКТА В НАГОРНОМ КАРАБАХЕ	100
М.В. Василевский, К.Е. Рогачевский <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ИНЖЕНЕРНЫХ ВОЙСКАХ	103
Д.А. Гаврилюк, Д.В. Ермолик, Н.А. Савчук <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ВОЗМОЖНЫЕ ПУТИ РАЗВИТИЯ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕСТРАИВАЕМЫХ АКУСТООПТИЧЕСКИХ ФИЛЬТРОВ В СОСТАВЕ АППАРАТУРЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	106
О.Г. Геливер, Д.Б. Ермашкевич, С.В. Шабуневич <i>Белорусский научно-исследовательский институт транспорта «Транстехника»</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОЙ ОТРАСЛИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ	108
А.А. Григорьева, А.С. Гулецкий, З.В. Машарский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АГЕНТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК КЛАССИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ СТАИ ПТИЦ	111
И.А. Данилов, А.Р. Михайлов <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОЕННОМ КОНФЛИКТЕ В СИРИИ	113
Д.В. Демидович, М.В. Горнак, А.А. Жидкевич <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ВЕРТИКАЛЬНЫМ ВЗЛЕТОМ И ПОСАДКОЙ	116
Д.А. Дьяков, К.Е. Рогачевский, И.В. Рожков <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПРАКТИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ	119

О.А. Дьяченко, К.В. Сытько, В.А. Костюченко <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНЦИИ ОПЕРАТОРОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	122
Д.Ю. Богданов, И.А. Звонкович <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ (БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ) В ИНТЕРЕСАХ ВОЙСКОВОГО ТЫЛА	123
А.Е. Зинкович, А.В. Довгелевич, К.Е. Будько <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНТЕРАКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ПРИМЕНЕНИЮ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ	126
П.В. Иванишин, К.В. Волк <i>Республиканское производственное унитарное предприятие «Завод точной электромеханики»</i> ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ИСПЫТАНИЯ КАНАЛА КРЕНА ОСЕСИММЕТРИЧНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	127
А.Г. Капустин, А.Д. Баранов <i>Белорусская государственная академия авиации</i> РАДИОУПРАВЛЯЕМАЯ МОДЕЛЬ ЕСО-DARK ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ВОДНЫМИ ОБЪЕКТАМИ	131
О.В. Ковриго, Д.А. Рахоцкий, В.В. Нечаев <i>Военная академия Республики Беларусь</i> ИММИТАЦИОННО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПОЛЕТА БЛА В УСЛОВИЯХ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМИТИРУЮЩИХ ПОМЕХ	133
Д.Н. Козлов, К.О. Асядовский, К.С. Игнатков <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ВОЗМОЖНОСТЬ ПОЛЕТОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	135
П.А. Коломиец, В.В. Лесков, А.В. Переславцев <i>ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> К ВОПРОСУ РЕМОНТА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	138
С.С. Копункин, Д.С. Власов, В.В. Лесков <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СПОСОБЫ РЕМОНТА СОСТАВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	139

Ю.Г. Краевский, О.Е. Игнашева, П.И. Савелов <i>Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси</i> ВАРИАНТ ИСПОЛНЕНИЯ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЙ ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ..	142
Ю.Ф. Яцына, П.И. Савёлов, А.А. Лобатый <i>РУП «НППЦ Многофункциональных беспилотных комплексов», Белорусский национальный технический университет</i> АЛГОРИТМЫ СИСТЕМ АВТОНОМНОГО ОПТИЧЕСКОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	144
А.В. Лопухов, А.И. Федоров, В.Р. Драгун <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> ПОВЫШЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОГО УПРАВЛЯЮЩЕГО УСКОРЕНИЯ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	146
И.А. Лукьянчук, И.В. Рожков <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> РОЛЬ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ В СИСТЕМЕ ВООРУЖЕНИЯ СОВРЕМЕННОЙ АРМИИ.....	149
В.А. Лурье, А.О. Богомазов, И.Ю. Киватыцкий <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ БОРЬБЫ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ.....	152
Б.А. Лях, Д.В. Морозов <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> ОБЗОР ОСНОВНЫХ СПОСОБОВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА БЛА.....	155
А.С. Мазуренко, И.П. Аниськов <i>РУП «НППЦ многофункциональных беспилотных комплексов»</i> КОНТРОЛЬ СОСТОЯНИЯ ЛЕСОМАССИВОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ГИПЕРСПЕКТРАЛЬНОЙ СЪЕМКИ БЕСПИЛОТНЫМ АВИАЦИОННЫМ КОМПЛЕКСОМ	157
В.А. Малкин <i>Военная академия Республики Беларусь</i> КОНТУР СТАБИЛИЗАЦИИ НЕСТАЦИОНАРНОГО ОБЪЕКТА НА ОСНОВЕ АДАПТИВНОГО ПИД-РЕГУЛЯТОРА	160
Р.А. Маманазаров <i>Высшее военное авиационное училище Республики Узбекистан</i> ПОДГОТОВКА СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ БПЛА	163
А.М. Мацкевич, Е.П. Шаповал, В.И. Курилович <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СИСТЕМА ПОИСКА И СПАСЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	164

А.М. Мацкевич, Д.О. Шпилевский, Н.Д. Дмитриев <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АДАПТАЦИЯ МЕЖДУНАРОДНОГО И РЕГИОНАЛЬНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА ПОД ТЕМПЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ (НА ПРИМЕРЕ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ).....	166
В.В. Медведев, С.А. Коршак <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПОМЕХОУСТОЙЧИВЫЙ АЛГОРИТМ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ БЛА	169
А.В. Мефедов <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ УДАРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	172
А.В. Михалёв, А.С. Зайцев, Д.А. Кисель <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ ОТБОР ОПЕРАТОРОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	174
Е.А. Нестюк, А.Р. Михайлов <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ АЭРОСЪЕМКИ.....	176
А.Р. Бекиш, Д.С. Нефёдов <i>Военная академия Республики Беларусь</i> НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ ОПТИКО- ЭЛЕКТРОННЫХ СИСТЕМ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	177
А.А. Пашковский, Д.А. Павлов, А.Р. Михайлов <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> МЕТОДИКА ЭКСПРЕСС РАСЧЕТА ДАЛЬНОСТИ ТЕЛЕВИЗИОННОЙ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНОГО АВИАЦИОННОГО АППАРАТА	180
М.А. Полторан, К.Е. Рогачевский <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПРИМЕНЕНИЯ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫХ КАМЕР В КАЧЕСТВЕ ЦЕЛЕВОЙ НАГРУЗКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	182
А.В. Пранюк, Д.А. Дьяков <i>Военный факультет в Белорусской государственной академии авиации</i> БАРРАЖИРУЮЩЕ-УДАРНЫЕ БЕСПИЛОТНЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ	185

Г.В. Бирич, И.В. Рожков <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПОРЯДОК ОФОРМЛЕНИЯ КАРТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	187
В.И. Рубинов, И.Е. Ларечнев <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> РАЗРАБОТКА ТИПОВОГО СОСТАВА И СТРУКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫХ И НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	189
Д.А. Гаврилюк, Д.В. Ермолик, Н.А. Савчук <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИЕЙ ПРИ ВЕДЕНИИ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ.....	191
А.А. Санько, М.А. Боровик <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОСОБЕННОСТИ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ КОМПОНОВКИ СУЩЕСТВУЮЩИХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	194
А.А. Санько, Д.С. Ерш, М.А. Боровик <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЗАКОНОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫХОДНЫХ СИГНАЛОВ НАВИГАЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ, ОСНОВАННЫХ НА МИКРОЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ	196
А.А. Санько, Д.С. Дмитрачков, Д.С. Ерш <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ЦЕЛЕСОБРАЗНОСТЬ ПРИЗЕМЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПО-САМОЛЕТНОМУ С ПОМОЩЬЮ ШАССИ.....	199
А.А. Санько, Г.Ш. Туганов, Д.С. Дмитрачков <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОБРАБОТКА И РЕГИСТРАЦИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ОСНОВЕ МОДУЛЯ GY-91 И МИКРОПРОЦЕССОРНОЙ СИСТЕМЫ ARDUINO	200
Ю.И. Семак <i>Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси</i> СИСТЕМА ИНФОРМАЦИОННОЙ ПОДДЕРЖКИ СТОИМОСТИ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА МАЛОРАЗМЕРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ....	202
А.Я. Сенько, Е.С. Алейникова <i>Республиканское производственное унитарное предприятие «Завод точной электромеханики»</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЯЕМЫХ РЕАКТИВНЫХ СНАРЯДОВ	203

С.В. Синявская, М.А. Курашевич, Д.А. Павлов <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАЗВЕДЫВАТЕЛЬНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	205
В.Н. Степаненко, А.Е. Синкевич, С.Д. Юхневич <i>Белорусская государственная академия авиации, Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны, Минский аэроклуб имени дважды Героя Советского Союза С.И. Грицевца</i> ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СОЗДАНИЯ ГЕЛИОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЗАМКНУТЫМ ГАЗОЖИДКОСТНЫМ ЦИКЛОМ ДЛЯ НУЖД БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ.....	208
А.И. Кириленко, М.А. Сукач, Я.Д. Пасиницкая <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДВИГАТЕЛЕЙ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ. АНАЛИЗ И ПЕРСПЕКТИВЫ.....	211
Д.А. Титов, А.В. Емельянов, Д.Г. Нерсисян <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПРИМЕНЕНИЕ АВИАЦИОННЫХ СРЕДСТВ ПОРАЖЕНИЯ С БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	214
В.В. Цыбулько <i>Военная академия Республики Беларусь</i> О НЕКОТОРЫХ АСПЕКТАХ ПО СНИЖЕНИЮ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЛА ПО ОПЫТУ ЛОКАЛЬНЫХ ВОЙН И КОНФЛИКТОВ.....	217
А.И. Чиж, И.В. Гражевский <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ РУКОВОДИТЕЛЕЙ ПОЛЕТОВ.....	219
В.О. Шаранович, В.В. Апанович, Д.С. Диско <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ТОПОГЕОДЕЗИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ВОЙСК.....	222
В.О. Шаранович, О.А. Нехаев <i>Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СРЕДСТВ РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ БОРЬБЫ В КОМПЛЕКСАХ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ.....	224
В.Е. Шаховский <i>Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси</i> ТРЕНАЖЕР ПОДГОТОВКИ КОМАНДИРА ОТДЕЛЕНИЯ И СТРЕЛКОВ- ЗЕНИТЧИКОВ ПЗРК «ИГЛА» 9Ф2018.....	226

<p>А.А. Шейников Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь» КОСВЕННОЕ ИЗМЕРЕНИЕ ВЫСОТЫ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ НАВИГАЦИИ ВОЗДУШНЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ ПЛАТФОРМ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ</p>	228
<p>В.Д. Шурыгин, И.В. Леденева ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» НОВЫЕ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ОТ ОБЛЕДЕНЕНИЯ</p>	231
<p>А.А. Щавлев, М.Г. Дзагнидзе, К.В. Мигалин Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси, ООО «Научно-производственная фирма «Ротор» (г. Тольятти) ИСПЫТАТЕЛЬНЫЙ УЧАСТОК ПУЛЬСИРУЮЩИХ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....</p>	235
<p>А.А. Щавлев, Ю.И. Семак, Г.И. Гайда Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси О РАЗРАБОТКЕ ЛИНЕЙКИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПОВЫШЕННЫМ КОЭФФИЦИЕНТОМ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ НА ОСНОВЕ МАГНИТОПРОВОДА ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....</p>	237
<p>В.Н. Степаненко, А.Е. Синкевич, С.Д. Юхневич Белорусская государственная академия авиации, Объединенный институт энергетических и ядерных исследований – Сосны, Минский аэроклуб имени дважды Героя Советского Союза С.И. Грицевца ПОДБОР РАБОЧЕГО ТЕЛА И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ХАРАКТЕРИСТИК ГЕЛИОТЕРМАЛЬНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ С ЗАМКНУТЫМ ГАЗОЖИДКОСТНЫМ ЦИКЛОМ ДЛЯ НУЖД БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ.....</p>	240
<p>К.И. Якута, А.Г. Боровой Белорусская государственная академия авиации ИМИТАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАДИОВЫСОТОМЕРА МАЛЫХ ВЫСОТ ДЛЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....</p>	243
<p>Ю.Ф. Яцына, К.В. Мигалин, А.И. Сиденко Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси, ООО «Научно-производственная фирма «Ротор» (г. Тольятти), Тольяттинский государственный университет ПЕРСПЕКТИВЫ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ В СОВРЕМЕННОЙ АВИАЦИИ</p>	246

3 СЕКЦИЯ. ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Н.З. Агаев, А.В. Сенин, З.Н. Агаев <i>ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)</i> ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ НЕСУЩЕЙ СИСТЕМЫ ВЕРТОЛЕТА В ПОЛЕТЕ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ СПЕЦИАЛЬНЫХ ЗАДАЧ.....	251
Н.З. Агаев, А.В. Сенин, З.Н. Агаев <i>ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина (г. Воронеж)</i> ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ АВИАЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	254
И.И. Барабан, Е.Л. Моторина <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ДИСТАНЦИОННОГО УВД В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	257
T. Voika, Y. Hlukhava <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> VOLCANIC ASH AND AVIATION SAFETY	259
T. Voika, D. Smolski <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> WIND SHEAR AS HAZARDOUS WEATHER PHENOMENA.....	261
T. Voika, H. Savich <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> THE EQUALITY IN THE AIR: WOMEN IN AVIATION	263
T. Voika, A. Parazhniuk <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> AIRCRAFT HIJACKING	265
Т.В. Бушма, А.В. Дубовский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АНАЛИЗ РИСКОВ, РАЗРАБОТКА НАПРАВЛЕНИЙ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	266
Д.В. Верещиков, С.С. Ивашков, Д.В. Разуваев <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н. Е. Жуковского и Ю. А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> АДАПТИВНОЕ ОГРАНИЧЕНИЕ УГЛА АТАКИ МАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА С АНАЛОГО-ЦИФРОВОЙ СИСТЕМОЙ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	268
К.М. Войно, Р.А. Вишневецкий <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ЭТАПАХ ВЗЛЕТА И ПОСАДКИ В УСЛОВИЯХ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ИНФОРМАЦИИ	272

S. Volyaniyuk, N. Milichenok, V. Paletayeva <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> MODELS OF HUMAN FACTOR.....	273
П.П. Воронова <i>Санкт-Петербургский университет гражданской авиации (г. Санкт-Петербург)</i> ПОВЫШЕНИЕ СТАТОКИНЕТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ СТУДЕНТОВ АВИАЦИОННЫХ ВУЗОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ УРОВНЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКИХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	276
В.М. Гостилович, В.Э. Базылев, М.И. Токарева <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПРОСТРАНСТВЕННАЯ ОРИЕНТАЦИЯ ЛЕТЧИКА КАК ОДИН ИЗ ФАКТОРОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	279
Е.А. Дехтяренко, Ф.С. Южаков, Д.А. Корниевич <i>Белорусская государственная академия авиации</i> УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС И ЕГО ВЗАИМОСВЯЗЬ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	283
К.А. Журавский, П.С. Костин, Д.В. Разуваев <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i> ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ПОТЕРЮ ВЫСОТЫ ПРИ ПЕРЕВОРОТЕ СОВРЕМЕННОГО МАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА	284
А.Д. Игнатович, Р.А. Вишневский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОПТИМИЗАЦИЯ НАВИГАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ПРИ СВОБОДНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ ПОЛЕТОВ	286
Е.А. Ильюк, А.В. Дубовский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ ПОСАДКИ ТИПА GLS.....	288
Д.В. Казаринова, Р.А. Вишневский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА РАДИООБМЕНА ДИСПЕТЧЕРА УВД С ЭКИПАЖЕМ ВОЗДУШНОГО СУДНА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ	290
Е.В. Каминская, О.Н. Скрыпник <i>Белорусская государственная академия авиации</i> БЛОЧНАЯ МОДЕРНИЗАЦИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ АВИАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ КАК МЕХАНИЗМ ГАРМОНИЗАЦИИ ОТДЕЛЬНЫХ АЭРОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	292
А.И. Кириленко, Д.О. Шпилевский, В.В. Дубовик <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ЗРИТЕЛЬНЫЕ ИЛЛЮЗИИ И БЕЗОПАСНОСТЬ НА ВОЗДУШНОМ ТРАНСПОРТЕ.....	294

Д.М. Кончевский, Д.Ю. Мягков <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПУТИ УЛУЧШЕНИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА КИСЛОРОДА, ПРИМЕНЯЕМОГО В АВИАЦИОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ	299
С.А. Коршак, В.Р. Вашкевич, В.В. Медведев <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> МЕТОДИКА ЭКСПЕРТНОЙ ОЦЕНКИ ВЕРОЯТНОСТЕЙ НЕПАРИРОВАНИЯ ЭКИПАЖАМИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ОСОБЫХ СИТУАЦИЙ В ПОЛЕТЕ С УЧЕТОМ ФАКТИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	302
Е.Л. Кохановский, А.А. Кулинка <i>Белорусская государственная академия авиации</i> БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ И ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР.....	305
V. Krivosheya, V. Paletayeva <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> STRESS AS KEY REASON OF HUMAN FACTOR.....	307
А.С. Леонтьев, С.П. Полуэктов, И.О. Пелепец <i>Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ БОРТОВЫХ СИСТЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТА НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ БОЕВОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА	309
А.И. Листопад, А.А. Гурецкий <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ НОРМАТИВНОЙ ПРАВОВОЙ БАЗЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ В СССР 1917–1940 ГОДЫ.....	312
Е.С. Литавор, А.В. Дубовский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ВЛИЯНИЕ СЕТЕЙ СОТОВОЙ СВЯЗИ 5G НА РАБОТУ АВИАЦИОННЫХ ПРИБОРОВ	314
А.В. Лубинская, Д.А. Беляев <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПОДГОТОВКА АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ И «ЧЕЛОВЕЧЕСКИЙ ФАКТОР».....	316
А.С. Люев, М.Н. Мануйлов, Д.С. Диско <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ДОЛЖНОСТНЫХ ЛИЦ ИНЖЕНЕРНО-АЭРОДРОМНОЙ СЛУЖБЫ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ	318
Ю.И. Макусь, А.А. Нагула <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПРОБЛЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ОСИ САМОЛЕТА ПРИ РАЗМЕЩЕНИИ КОММЕРЧЕСКИХ ГРУЗОВ.....	320

В.И. Ушаков, А.А. Мишин <i>Белорусская государственная академия авиации</i> О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОХРАНЫ ВОЕННЫХ АЭРОДРОМОВ	323
Р.И. Могилянец, А.А. Данилов <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ	326
Р.И. Могилянец, В.П. Малыщик <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОСНОВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ	328
Д.Ю. Мягков, Р.И. Могилянец, Д.Ф. Зенчёнок <i>Белорусская государственная академия авиации</i> НАПРАВЛЕНИЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ВОЕННОГО ОБЪЕКТА С ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДОЙ НА АЭРОДРОМНОМ КОМПЛЕКСЕ	330
Д.Ю. Мягков, Р.И. Могилянец, И.И. Рацкевич <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ НЕГАТИВНОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ	333
А.Г. Никифоров, А.В. Линник, Д.А. Дубровский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ВЛИЯНИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ.....	336
Э.Ж. Павлушкин, М.В. Волос <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МИКРОКОНТРОЛЛЕР УПРАВЛЕНИЯ ПРОТИВООБЛЕДЕНИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМОЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	338
В.Ю. Подрез, В.А. Балашевская, Р.А. Вишневский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛИЧНОСТНОГО ФАКТОРА ДИСПЕТЧЕРА С КАЧЕСТВОМ ПРОЦЕССОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ УРОВЕНЬ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ.....	340
С.Д. Римша, А.Г. Капустин <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ СИСТЕМ АВИОНИКИ ЛОГИКО-ВЕРОЯТНОСТНЫМ МЕТОДОМ.....	343
З.В. Машарский, Ю.А. Савич <i>Белорусская государственная академия авиации</i> КОНТРОЛЬ БАГАЖА И ГРУЗОВ В АЭРОПОРТУ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ РАДИОЧАСТОТНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ	344

И.И. Барабан, Е.В. Савчук, Е.А. Шевченко <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА ПРЕДПОЛЕТНОГО БРИФИНГА ЗА СЧЕТ ВНЕДРЕНИЯ ЦИФРОВОГО NOTAM.....	345
О.Н. Скрыпник, Е.Ю. Кунай <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА ДЛЯ ТРАФИКА БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	347
О.Н. Скрыпник, К.В. Шаведдинова <i>Белорусская государственная академия авиации</i> РИСК-ОРИЕНТИРОВАННЫЙ ПОДХОД К ЗАДАЧЕ ИНТЕГРАЦИИ БАС В КОНТРОЛИРУЕМОЕ ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО	351
О.Н. Скрыпник, С.К. Табаров <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПОЛЯ ТОЧНОСТИ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ НАБЛЮДЕНИЯ.....	354
Р. Г. Смогоржевская, А. И. Шабуня <i>Белорусская государственная академия авиации, Институт теологии БГУ</i> ТЕХНИКО-АНТРОПОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ В УЧЕНИИ П.А. ФЛОРЕНСКОГО.....	357
А.П. Стахова <i>Национальный авиационный университет</i> ТОЧНОСТЬ ОЦЕНКИ СПЕКТРОВ В СИСТЕМАХ ВИБРОДИАГНОСТИКИ ПРИБОРОВ ОРИЕНТАЦИИ И НАВИГАЦИИ.....	360
Y. Tarasevich, V. Paletayeva <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> HUMAN FACTOR AS A MAIN CAUSE OF AIRPLANE CRASHES.....	363
Р.Л. Тюпин, В.Н. Евтух <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПРИМЕНЕНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА НС-ПСИХОТЕСТ ДЛЯ ОЦЕНКИ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ БУДУЩИХ ЛЕТЧИКОВ К ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	365
Р.Л. Тюпин, Д.А. Подлужный, К.А. Поздняков <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПАРАШЮТНАЯ ПОДГОТОВКА БУДУЩИХ ЛЕТЧИКОВ КАК АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ	366
С.С. Шкурский, Е.В. Шлык, М.И. Токарева <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ ЛЕТЧИКА	368

4 СЕКЦИЯ. ПРИМЕНЕНИЕ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ МЕТОДОВ В АВИАЦИИ

- А.И. Кириленко, А.И. Веялкин, В.В. Полевич
*Белорусская государственная академия авиации, Международный государственный
экологический институт им. Сахарова БГУ*
ИСТОЧНИКИ ИОНИЗИРУЮЩЕГО ИЗЛУЧЕНИЯ В АВИАЦИОННОЙ ОТРАСЛИ371
- А.М. Гареев, А.Б. Прокофьев, Ю.П. Рыжкова
*Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва*
ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ СИСТЕМ ТЕХНИЧЕСКИХ
КОМПЛЕКСОВ ПО ДИНАМИЧЕСКИМ ХАРАКТЕРИСТИКАМ374
- Л.И. Гречихин
Белорусская государственная академия авиации
ВЗРЫВ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ПРИ ВХОЖДЕНИИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ
АППАРАТОВ И МЕТЕОРОВ В ПЛОТНЫЕ СЛОИ ЗЕМНОЙ АТМОСФЕРЫ377
- Ю.А. Гурвич, А.Ю. Демко, О.С. Порожнюк
Белорусская государственная академия авиации
ЗАДАЧИ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА В КИНЕМАТИКЕ СЛОЖНОГО
ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ378
- Ю.А. Гурвич, А.Ю. Демко, О.С. Порожнюк
Белорусская государственная академия авиации
МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОГО ВЫБОРА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ
СТАТИКИ СОСТАВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ380
- Ю.А. Гурвич, А.Ю. Демко, О.С. Порожнюк
Белорусская государственная академия авиации
МЕТОДИКА МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПРИ РЕШЕНИИ
ЗАДАЧ СТАТИКИ СОСТАВНЫХ КОНСТРУКЦИЙ383
- М.М. Кадиров
Высшее военное авиационное училище Республики Узбекистан
ТРЕНАЖЕРЫ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В АРМИЯХ ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН,
И ВНЕДРЕНИЕ ИХ В ПРОЦЕСС ОБУЧЕНИЯ В ВООРУЖЕННЫХ СИЛАХ387
- А.И. Кириленко, Т.Д. Кириленко, И.В. Рубанов
*Белорусская государственная академия авиации, Белорусский государственный
университет информатики и радиоэлектроники*
ПРОЦЕСС УСТАНОВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ В СРЕДЕ389
- А.И. Кириленко, Д.О. Шпилевский, А.С. Межинская
Белорусская государственная академия авиации
ВЛИЯНИЕ ВИБРАЦИИ НА УГОЛ СКАТЫВАНИЯ С КОНВЕЙЕРА392
- И.В. Кисель
Белорусская государственная академия авиации
ПРЕПОДАВАНИЕ ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКИ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ395

А.О. Кокошкин, И.В. Леденева <i>ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»</i> РАЗРАБОТКА НОВЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ПРОМЫВКИ ЖИДКОСТНЫХ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ	398
А.И. Кириленко, А.В. Кудра <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ЛИТИЙ-ИОННЫЕ И ТВЕРДОТЕЛЬНЫЕ АККУМУЛЯТОРЫ. ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ.....	400
А.В. Махов, А.Н. Махова <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПОСТРОЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ НА ОСНОВАНИИ БАРОМЕТРИЧЕСКОГО МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ВЫСОТЫ	402
А.М. Мацкевич, Н.Д. Дмитриев, Д.О. Шпилевский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АВИАЦИОННАЯ АКУСТИКА	405
А.И. Кириленко, А.С. Межинская <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СКАНИРОВАНИЕ ПРОСТРАНСТВА С ПЕРЕМЕННОЙ ЧАСТОТОЙ.....	408
Ю.А. Гурвич, А.Ю. Демко, О.С. Порожняк <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ИДЕНТИФИКАЦИЯ В КИНЕМАТИКЕ СЛОЖНОГО ДВИЖЕНИЯ ТОЧКИ	411
В.И. Рубинов, К.И. Булгаков <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> КОНЦЕПЦИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ПИЛОТАЖНО- НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ САМОЛЕТОВ ОПЕРАТИВНО- ТАКТИЧЕСКОЙ АВИАЦИИ.....	413
А.В. Сорока, Ю.К. Старцев <i>Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации</i> ЗДОРОВЬЕ ЧЕЛОВЕКА И СВЕТОДИОДНОЕ ОСВЕЩЕНИЕ В САЛОНАХ ЛА И В ДИСПЕТЧЕРСКИХ ПОМЕЩЕНИЯХ.....	415
Ю.К. Старцев <i>Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации</i> СОХРАНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ОСТЕКЛЕНИЯ КАБИНЫ ПИЛОТОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНАЯ ЗАБОТА ЭКИПАЖА ВС	418
Ю.К. Старцев <i>Санкт-Петербургский государственный университет гражданской авиации</i> ТРЕЩИНЫ СЕРЕБРА В ОСТЕКЛЕНИИ ПАССАЖИРСКОГО САЛОНА: ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ	421

О.С. Филиппенко, Д.А. Максименко <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ И РАСЧЕТ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЛЕДЕНЕНИЯ ДЛЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	424
А.И. Кириленко, В.А. Хведченя <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗВИТИЯ ВЕТРОЭНЕРГЕТИКИ	427
М. Мухтаров, А.И. Кириленко, Ю.С. Цибулис <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ САМОЛЕТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	430
Н.Б. Щавлинский <i>Белорусский национальный технический университет</i> ИЗ ИСТОРИИ ЗАРОЖДЕНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ БЕЛАРУСИ.....	434
Н.Б. Щавлинский <i>Белорусский национальный технический университет</i> К ВОПРОСУ О ПЕРВЫХ ПОЛЕТАХ САМОЛЕТОВ, ДИРЕЖАБЛЕЙ И ВОЗДУШНЫХ ШАРОВ В НЕБЕ БЕЛАРУСИ.....	437

5 СЕКЦИЯ. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭКОНОМИКИ НА АВИАТРАНСПОРТЕ

О.Г. Варейко <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОБЗОР ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТРАНСПОРТНО- ЛОГИСТИЧЕСКОГО ЦЕНТРА РУП «НАЦИОНАЛЬНЫЙ АЭРОПОРТ МИНСК»	441
Н.В. Гаврильчик, О.Г. Петровская, У.В. Гриневич <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	442
И.П. Гончаров, С.В. Ермоленко, С.В. Ляхов <i>Белорусский научно-исследовательский институт транспорта (БелНИИТ «Транстехника»)</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПРИМЕРЕ ОАО «МИНСКИЙ ЗАВОД ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ № 407»	444
И.А. Дронь, З.В. Машарский <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПРОБЛЕМА РЕЦЕССИИ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ ОТРАСЛИ НА МИРОВОМ РЫНКЕ	446
А.А. Забудько, И.В. Рубанов <i>Белорусская государственная академия авиации</i> МОДЕЛЬ СОВМЕЩЕНИЯ СЕКТОРОВ ВЕРХНЕГО ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	449

А.И. Кравчук, И.В. Рубанов <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ ЭКСПЕРИМЕНТ ПО ПРОВЕРКЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ОДНОЙ ИЗ МОДЕЛЕЙ СОВМЕЩЕНИЯ СЕКТОРОВ ВЕРХНЕГО ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	451
В.А. Ксенофонтов <i>Военная академия Республики Беларусь</i> ИНФОРМАЦИОННАЯ ВОЙНА КАК ВАЖНЕЙШИЙ ЭЛЕМЕНТ СОВРЕМЕННОГО ПРОТИВОБОРСТВА	453
А.И. Науменко <i>Белорусская государственная академия авиации</i> О ПРИМЕНЕНИИ РЕЙТИНГОВОЙ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ И УМЕНИЙ КУРСАНТОВ	456
С.А. Савік, М.І. Капковіч, С.А. Пазняк <i>Беларускі нацыянальны тэхнічны ўніверсітэт</i> ФАРМАВАННЕ ПРАФЕСІЙНА-ДЗЕЛАВЫХ ЯКАСЦЕЙ МАЛАДОГА АФІЦЭРА: ПРАБЛЕМЫ І ШЛЯХІ ІХ ВЫРАШЭННЯ	458
Н.В. Самуль, Ю.Е. Локшина <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ БАЗОВОЙ МОДЕЛИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ОЦЕНКИ ЛЕТНОГО СОСТАВА.....	460
В.Н. Сивицкий <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АКТУАЛЬНОСТЬ СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ В АВИАЦИИ БЕЛАРУСИ.....	462
Р.Г. Смогоржевская, Д.О. Шпилевский, Н.Д. Дмитриев <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРЕОДОЛЕНИЯ КРИЗИСА ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ПРИМЕРЕ ПРОГРАММЫ ИКАО «CORSIA».....	465
О.Л. Сташкевич <i>Институт философии НАН Беларуси</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СОВРЕМЕННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЦЕССЕ ВОСПИТАНИЯ.....	468
В.Г. Тарасюк <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СРЕДНЕМАГИСТРАЛЬНЫЙ АВИАЛАЙНЕР ТУ-154. РАЗРАБОТКА, НАЧАЛО ЭКСПЛУАТАЦИИ В СССР ДО 1983 ГОДА.....	470
А.А. Жукова, Д.О. Шпилевский, М.А. Сукач <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ВЛИЯНИЕ КОРОНОВИРУСНОЙ ИНФЕКЦИИ (COVID-19) НА ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ АВИАКОМПАНИЙ НА ПРИМЕРЕ SINGAPORE AIRLINES.....	474

И.Г. Яцкевич <i>Белорусская государственная академия авиации</i> СТАНОВЛЕНИЕ А.Н. ГУСАРОВА КАК АВИАЦИОННОГО СПЕЦИАЛИСТА В 1966–1975 ГГ.	477
---	-----

6 СЕКЦИЯ. РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ И СВЯЗЬ

В.Ю. Алетурович, А.С. Маликов <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ПРИМЕНЯЕМЫЕ ДИАПАЗОНЫ ДЛИН ВОЛН ДЛЯ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ.	480
--	-----

С.Б. Калитин, Е.Я. Балтян <i>Военная академия Республики Беларусь</i> ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОЛУЧЕВОЙ АНТЕННЫ СТАНЦИИ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ ОБ ОБЛУЧЕНИИ	481
--	-----

А.Г. Боровой, А.П. Кульпанович, Д.В. Морозов <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ОБОСНОВАНИЕ АКТУАЛЬНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ НАВИГАЦИИ НАЗЕМНЫХ И ВОЗДУШНЫХ ОБЪЕКТОВ	484
--	-----

Е.В. Бредихина, А.Б. Рассказов <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и А.Ю. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПРИМЕНЕНИЕ ФАР В СИСТЕМАХ КОСМИЧЕСКОЙ СВЯЗИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	486
---	-----

Е.В. Бредихина, А.С. Барсуков, Н.М. Мельников <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и А.Ю. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ПОВЫШЕНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ ШИРОКОПОЛОСНЫХ СИГНАЛОВ	489
--	-----

Е.А. Волк, В.П. Тузлуков <i>Белорусская государственная академия авиации</i> АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ КОГНИТИВНЫХ РАДИОСИСТЕМ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ	492
---	-----

.С. Гордей, А.С. Маликов <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОПОЗИЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ	494
---	-----

Т.В. Гулевич, В.И. Майчук <i>Белорусская государственная академия авиации</i> РАЗРАБОТКА ЭЛЕКТРОННОЙ МОДЕЛИ АМПЛИТУДНОГО ДЕТЕКТОРА СВЯЗНОГО АВИАЦИОННОГО РАДИОПРИЕМНОГО УСТРОЙСТВА НА БАЗЕ ОПЕРАЦИОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ	495
--	-----

И.М. Денисов, Р.А. Гуцев <i>Военная академия Республики Беларусь</i> СТАТИСТИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО АДАПТИВНОГО УСТРОЙСТВА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ОБ ОБНАРУЖЕНИИ ВОЗДУШНЫХ ЦЕЛЕЙ	
---	--

ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА СРЕДНЕГО РИСКА ДЛЯ ОПТИКО- ЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ТЕПЛОВИЗИОННОГО ТИПА	498
С.А. Дмитриев, А.В. Милохин, Н.С. Дмитриев <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i>	
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ИОНОСФЕРЫ НА КАЧЕСТВО РАДИОСВЯЗИ В ДЕКАМЕТРОВОМ ДИАПАЗОНЕ.....	501
Е.Н. Зуев <i>Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Республики Беларусь»</i>	
ПОСТАНОВКА И СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ ОПТИМИЗАЦИОННОЙ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ БАЗОВЫХ СТАНЦИЙ ПРИ ПЛАНИРОВАНИИ СЕТЕЙ ПОДВИЖНОЙ РАДИОСВЯЗИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	503
В.О. Исаев, А.А. Сутько, П.В. Бойкачев <i>Учреждение образования Военная академия Республики Беларусь</i>	
ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННЫХ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ВХОДНЫЕ И ПЕРЕДАТОЧНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АНТЕННЫХ УСТРОЙСТВ БЛА	506
В.А. Красковский, В.П. Тузлуков <i>Белорусская государственная академия авиации</i>	
ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ МОДЕЛИ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ С РАЗЛИЧНЫМИ ВИДАМИ ЗОНДИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ	508
С.В. Куцов, А.Д. Агапов <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i>	
ВЛИЯНИЕ ИНДУКТИВНЫХ ПАРАЗИТНЫХ СВЯЗЕЙ НА РАБОТУ АНАЛОГОВЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ УСИЛИТЕЛЕЙ.....	510
О.Э. Кучинский, Л.И. Лазовский <i>Белорусская государственная академия авиации</i>	
РАДИОВЫСОТОМЕР МАЛЫХ ВЫСОТ С АМПЛИТУДНОЙ ОБРАБОТКОЙ СИГНАЛОВ	513
А.С. Леонович, С.Н. Ярмолик, М.В. Свинарский <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
АНАЛИЗ ТРАЕКТОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ СОПРОВОЖДАЕМЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ ОБЪЕКТОВ В ИНТЕРЕСАХ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАСПОЗНАВАНИЯ	516
Д.В. Мельник, В.А. Красковский <i>Белорусская государственная академия авиации</i>	
ОБОСНОВАНИЕ НЕОБХОДИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ВИРТУАЛЬНОЙ МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОГО РАДИОКОМПАСА	520
В.В. Нечаев, В.А. Малкин <i>УО «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
ВОПРОСЫ ЗАЩИТЫ ОТ ИМИТАЦИОННЫХ ПОМЕХ В СПУТНИКОВЫХ РАДИОНАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ.....	521

А.В. Писной <i>Государственное учреждение «Научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Республики Беларусь»</i> ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ ТРАНСПОРТНОЙ СЕТИ СВЯЗИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	523
А.Ю. Прокопченко, В.В. Медведев <i>Белорусская государственная академия авиации</i> ВЛИЯНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РАДИОВОЛН НА ПОГРЕШНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАВИГАЦИОННЫХ ПАРАМЕТРОВ.....	525
С.Т. Сидоренко, В.В. Кудерко <i>ОАО «КБ РАДАР» – управляющая компания холдинга «Системы радиолокации» г. Минск, Военная академия Республики Беларусь</i> ТРЕБОВАНИЯ К ДИАГРАММЕ НАПРАВЛЕННОСТИ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ ФАР ЛА ДЛЯ СТАБИЛИЗАЦИИ КОЭФФИЦИЕНТА УСИЛЕНИЯ ПРИ СКАНИРОВАНИИ В ОГРАНИЧЕННОМ СЕКТОРЕ	527
А.А. Сутько, В.В. Шорец, П.В. Бойкачев <i>Учреждение образования Военная академия Республики Беларусь</i> СОГЛАСОВАНИЕ АНТЕННОГО УСТРОЙСТВА КАНАЛА УПРАВЛЕНИЯ И ПРИЕМО-ПЕРЕДАЮЩЕГО МОДЕМА БЛА.....	530
А.В. Толмачёв <i>Научно-исследовательский институт Вооруженных Сил Республики Беларусь</i> ОСОБЕННОСТИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СИГНАЛА, ОТРАЖЕННОГО ОТ АВТОМОБИЛЯ, В БИСТАТИЧЕСКОЙ РАДИОЛОКАЦИОННОЙ СТАНЦИИ	532
В.В. Харченко, С.В. Рудый, Д.В. Харченко <i>ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)</i> ВЗАИМНАЯ СВЯЗЬ ИЗЛУЧАТЕЛЕЙ В СОВМЕЩЕННЫХ АНТЕННЫХ РЕШЕТКАХ	535
Ж.А. Хуррамов, Б.М. Мухаммедов, Э.Э. Эшбобоев <i>УО «Высшее военное авиационное училище Республики Узбекистан»</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПЕРЕДАЮЩИХ УСТРОЙСТВ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПОСАДКИ РСП-10МН и РСП-10МА (GCA-22AL).....	538
И.В. Чигирь <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> УСТРОЙСТВО ЗАЩИТЫ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БОРТОВЫХ РАДИОЛОКАТОРОВ ОТ КОМБИНИРОВАННЫХ ИМИТИРУЮЩИХ И МАСКИРУЮЩИХ ПОМЕХ САМОПРИКРЫТИЯ.....	541
В.Г. Чигряй, А.С. Храменков <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> ОСОБЕННОСТИ ВТОРИЧНОГО РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ БПЛА И ПТИЦ.....	544

Е.А. Чумаков, И.С. Зибров, С.А. Дмитриев
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
 РАДИОСТАНЦИЯ ДЕКАМЕТРОВОГО ДИАПАЗОНА С УСИЛИТЕЛЕМ МОЩНОСТИ
 ПОВЫШЕННОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ547

А.В. Шарамет, А.Г. Боровой
*Белорусская государственная академия авиации, ОАО «КБ Радар» – управляющая
 компания холдинга «Системы радиолокации»*
 МНОГОСКОРОСТНЫЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ СИСТЕМЫ ЦИФРОВОЙ
 ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ550

С.М. Яценко, В.С. Трегубов, И.И. Туманов
ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж)
 РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ПО СЕТИ
 ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ551

7 СЕКЦИЯ. ЯЗЫКОВАЯ ПОДГОТОВКА АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ И ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ

Т.И. Бойко, О.С. Полетаева, А.Э. Реут
Белорусская государственная академия авиации
 АВИАЦИОННЫЙ АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК КАК СПЕЦИАЛЬНЫЙ ЯЗЫК
 КОММУНИКАЦИИ МЕЖДУНАРОДНОЙ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ554

Ю.Л. Гурецкая
Унитарное предприятие «407 Техникс»
 УПРОЩЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ АНГЛИЙСКИЙ ЯЗЫК556

A. Demko, V. Paletayeva, A. Parazhniuk
Belarusian State Academy of Aviation
 TRANSLATION PECULIARITIES OF SPECIAL VOCABULARY IN AVIATION558

В.В. Зубкевич, Ю.В. Цыза
Белорусская государственная академия авиации
 СПЕЦИФИКА ЯЗЫКОВОЙ ПОДГОТОВКИ В АВИАЦИОННОМ ВУЗЕ
 И ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ560

Р.Ш. Кулдошев
Высшее Военное Авиационное Училище Республики Узбекистан
 ВОЗМОЖНОСТИ ПСИХОДИАГНОСТИЧЕСКОГО ТЕСТИРОВАНИЯ
 ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ВОЕННЫХ ЛЕТЧИКОВ562

К. Lagodich, V. Paletayeva
Belarusian State Academy of Aviation
 THE IMPORTANCE OF FOREIGN LANGUAGE COMMUNICATIVE COMPETENCE
 IN PROFESSIONAL ACTIVITY565

А.И. Кириленко, Е.С. Ледник
Белорусская государственная академия авиации
 БЕЛОРУССКИЕ РАЗРАБОТЧИКИ КОСМИЧЕСКОЙ ТЕХНИКИ567

Т.М. Низамутдинов, И.М. Жмак, А.С. Нарзикулова <i>Троицкий АТК-филиал МГТУ ГА</i> ПРОБЛЕМЫ ЯЗЫКОВОГО БАРЬЕРА И ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ В СФЕРЕ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.....	570
V. Paletayeva, R. Rysovets <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> PECULIARITIES OF LANGUAGE TRAINING IN NON-LINGUISTIC UNIVERSITY	572
V. Paletayeva, E. Savich <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> THE ELECTRONIC PORTFOLIO AS A FORM OF ENGLISH TEACHERS' WORK ASSESSMENT	574
R. Rysovets, V. Paletayeva <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> SPECIAL VOCABULARY IN THE FIELD OF AIR TRAFFIC MANAGEMENT.....	577
E. Savich, V. Paletayeva <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> THE IMPORTANCE OF LANGUAGE TRAINING IN THE SPHERE OF AVIATION	579
А.А. Сайфиева <i>Высшее военное авиационное училище Республики Узбекистан</i> ЯЗЫКОВАЯ ПРОБЛЕМА ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	582
Ф.У. Умаров <i>Высшее военное авиационное училище Республики Узбекистан</i> ИЗУЧЕННОСТЬ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОММУНИКАТИВНЫХ КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ БУДУЩИХ ОФИЦЕРОВ.....	584
V. Khviadchenia, V. Paletayeva <i>Belarusian State Academy of Aviation</i> LANGUAGE TRAINING OF AVIATION SPECIALISTS AND PROBLEMS OF PROFESSIONAL COMMUNICATION	587

Научное издание

АВИАЦИЯ:
ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Сборник материалов
VI Международной научно-практической конференции
учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации»

Минск, 25 ноября 2021 г.

На русском, белорусском, английском языках

Подписано в печать 14.11.2022. Формат 60x84¹/₁₆. Цифровая печать.
Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 35,80. Уч.-изд. л. 35,52.
Тираж 15 экз. Заказ 1163.

Издатель и полиграфическое исполнение:
государственное учреждение «Национальная библиотека Беларуси».

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/398 от 02.07.2014.

Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 2/157 от 02.07.2014.

Пр. Независимости, 116, 220114, Минск.
Тел. (+375 17) 293 27 68. Факс (+375 17) 266 37 23. E-mail: edit@nlb.by.