

Министерство транспорта и коммуникаций
Республики Беларусь

Учреждение образования
«Белорусская государственная академия авиации»

АВИАЦИЯ: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОСТЬ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Сборник материалов
VIII Международной научно-практической конференции,
посвященной 90-летию гражданской авиации Республики Беларусь
учреждения образования
«Белорусская государственная академия авиации»

г. Минск, 3 ноября 2023 г.

Минск
Национальная библиотека Беларуси
2024

УДК 629.73(06) + 656(06) + 378.622.9
ББК 39.5я431 + 74.58
А20

Редакционная коллегия:

И. Г. Яцкевич
З. В. Машарский
Л. И. Гречихин
С. О. Стойко
С. А. Хилькевич
И. М. Бершова

Под научной редакцией
А. А. ШЕГИДЕВИЧА

Авиация: история, современность, перспективы развития: сборник материалов VIII Международной научно-практической конференции учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», посвященной 90-летию гражданской авиации Республики Беларусь. Минск, 3 ноября 2023 г. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. акад. авиации ; под науч. ред. А. А. Шегидевича. – Минск : Национальная библиотека Беларуси, 2024. – 524 с.
ISBN 978-985-7293-76-6.

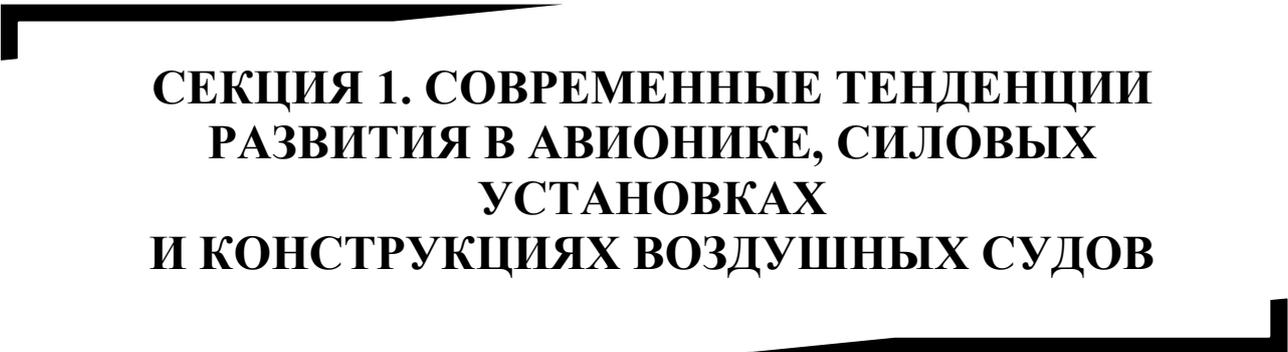
В сборнике представлены материалы исследований представителей академической, вузовской и отраслевой науки, посвященные анализу современных подходов к проблемам развития авиации, путям повышения эффективности авиационного образования, науки и производства. Сборник ориентирован на курсантов, магистрантов,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

УДК 629.73(06) + 656(06) + 378.622.9
ББК 39.5я431 + 74.58

ISBN 978-985-7293-76-6

© Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации», 2024

© Оформление. Государственное учреждение «Национальная библиотека Беларуси», 2024



**СЕКЦИЯ 1. СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ
РАЗВИТИЯ В АВИАНИКЕ, СИЛОВЫХ
УСТАНОВКАХ
И КОНСТРУКЦИЯХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ**

УДК 004.94

А.М. Айтупов, Р.Ю. Черников

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

К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА «РУЛЕВЫЕ ПРИВОДЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ»

В настоящее время активно осуществляется внедрение информационных технологий в образовательный процесс. Сосредоточение современных технических средств обучения способствует модернизации учебного процесса и представляет собой систему методов, процессов и программно-технических средств, интегрированных с целью сбора, обработки, хранения, распространения и использования различного вида информации.

В работе предлагается создать электронный обучающий комплекс «Рулевые приводы летательных аппаратов», разработанный с использованием программного продукта Macromedia Flash Professional 8 [1].

Разработанный комплекс обладает следующими положительными моментами:

- простота использования;
- полный охват всей изучаемой темы;
- доступность;
- возможность использования на любой операционной системе;
- универсальность;
- наглядность;
- возможность усовершенствования.

На рисунке представлен фрагмент комплекса. При изучении конструкции рулевого привода необходимо навести курсор «мыши» на название элемента. В этом случае происходит подсветка выбранного элемента.

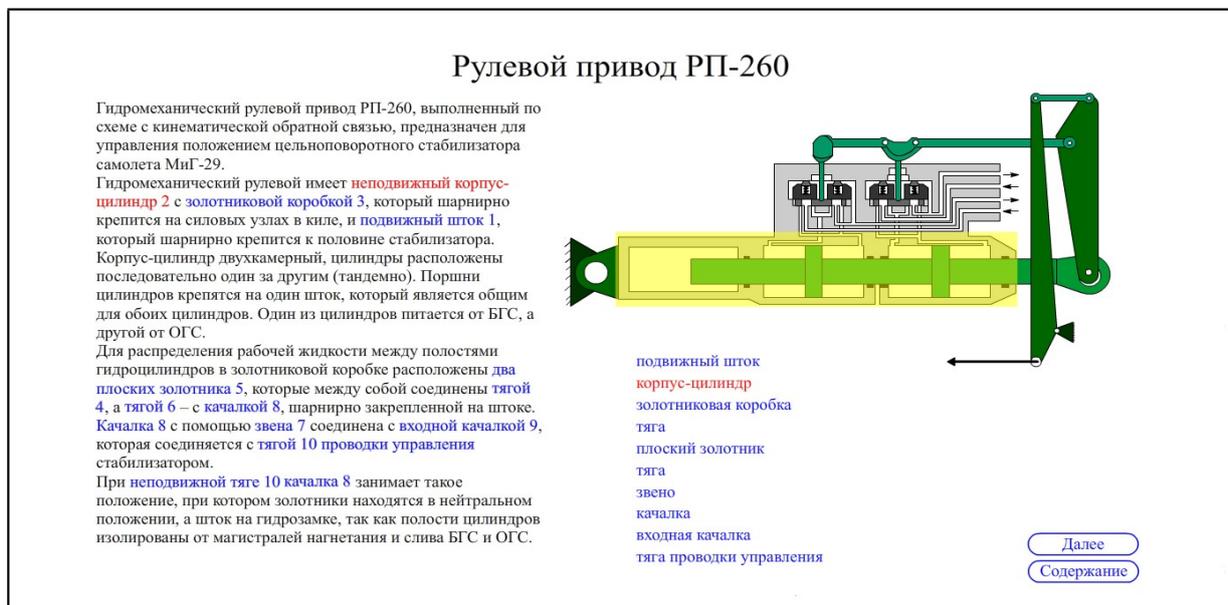


Рисунок – Рулевой привод РП-260

Следующим этапом будет создание анимации движения жидкости и подвижных элементов.

Таким образом, разрабатываемый комплекс является более удобным при изучении конструкции и принципов работы рулевых приводов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 100 % самоучитель macromedia Flash MX : учебное пособие / под ред. Б. Г. Жадаева. – М. : ТЕХНОЛОДЖИ-3000, 2005. – 544 с.

УДК 621.397.43

М.А. Асаёнок

Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА БОРТУ ВОЗДУШНОГО СУДНА В УСЛОВИЯХ ПЛОХОЙ ВИДИМОСТИ

Обеспечение безопасности полетов воздушных судов является сложной комплексной проблемой, которую решают системно на всех этапах функционирования воздушного транспорта. Требования, предъявляемые к безопасности полетов, реализуются при создании воздушных судов, в процессе их эксплуатации, всех видах обеспечения полетов с учетом разнообразных факторов и связей, которые проявляются в процессе выполнения полетов.

Анализ информации, связанной с деятельностью по обеспечению безопасности, показывает, что необходимость организации сопровождения полетов воздушных судов специально подготовленными сотрудниками, возникает как реакция государственных органов на чрезвычайные происшествия, связанные с актами терроризма либо хулиганства на борту воздушного судна. Создание системы авиационной безопасности предусматривает не только сопровождение воздушных судов, но и внедрение современных систем контроля и обязательного предполетного досмотра самолетов, перевозимого ими багажа, а также информационное взаимодействие специальных подразделений [1, 2, 3].

Интеллектуальные системы видеонаблюдения становятся чрезвычайно востребованными при решении многих прикладных задач. Повышенный интерес обусловлен стремительным развитием устройств видеоаналитики и увеличением производительности компьютерной техники. Специалисты различных компаний постоянно работают над совершенствованием оборудования и внедрением новейших технологий для того, чтобы можно было реализовать различные задачи по обеспечению безопасности. В последнее время все шире применяется искусственный интеллект, который расширяет привычные рамки систем безопасности и становится незаменимым инструментом для быстрого реагирования на различные угрозы.

Искусственный интеллект начали повсеместно применять для усовершенствования работы технологии распознавания лиц, которая есть в камерах видеонаблюдения, видеорегистраторах. Благодаря этой технологии системы видеонаблюдения могут быстро анализировать большой поток людей, выискивая среди них потенциальную угрозу для общественного порядка на основе анализа ситуаций, происходящих перед объективом камер. Полученный снимок лица человека сохраняется в базу данных, с которой камера потом сверяется для идентификации личности, если человек вновь появляется в объективе камеры. Благодаря этой системе можно быстро найти преступника, разыскиваемого за совершение преступления, гибко настроить контроль доступа посетителей на режимный объект, разграничить контроль доступа и реагирование на различные ситуации благодаря самообучаемой системе безопасности [3].

Плохая видимость – это проблема, с которой люди сталкиваются в различных ситуациях. В целом, плохая видимость – это проблема, требующая особой осторожности. Хорошее осведомление о возможных эффектах плохой видимости и принимая необходимые предосторожности, можно минимизировать возможные риски для себя и для окружающих.

Современные видеокамеры способны передавать качественное цветное изображение в условиях даже очень плохой видимости.

Для реализации этой возможности устройства оснащаются объективами со сверхбольшой диафрагмой, матрицами высокой светочувствительности, ИК или LED-подсветками. В камерах нового поколения эти возможности реализованы с помощью технологий ColorVu и DarkFighter, которые обеспечивают четкую картинку и точную цветопередачу, даже если уровень освещенности падает до минимума. Для улучшения детализации изображения и повышения дальности работы предусмотрена мощная EXIR подсветка. Для более точного реагирования на тревоги можно выбрать камеры с поддержкой алгоритмов глубокого обучения (технология AcuSense), которые отфильтровывают ложные срабатывания с помощью классификации целей (ТС/человек), что делает эти устройства оптимальным и эффективным решением для задачи по безопасности [4].

Но не во всех видеокамерах реализованы вышеперечисленные функции. И так ли они хороши в реальных условиях эксплуатации. Поэтому возникают вопросы как же себя будет вести аппаратная и программная видеоаналитика распознавания лиц в условиях плохой видимости.

Следовательно, целью исследования является тестирование модуля видеоаналитики «распознавание лица» в помещении при различных исходных данных в условиях плохой видимости и разработка рекомендаций для построения оптимальной системы видеонаблюдения.

В качестве объекта исследования использовались IP камеры с вариофокальным объективом с ИК подсветкой и с функцией цветного изображения в ночное время суток.

Исследования проводились при различных фокусных расстояниях. Тестирование проводилось в ночное время суток и при засветке объектива при различных настройках чувствительности.

За основу брались фотографии мужчин и женщин, сделанных самой видеокамерой и для сравнения полученные при фотографировании в других местах с помощью фотоаппарата.

Также результаты распознавания лица были получены при нахождении объекта в различных точках от видеокамеры и с разных ракурсов (поворот объекта на 90 градусов в обе стороны).

В качестве сравнения использовался процент совпадения объекта с фотографией из базы данных и количество ложных срабатываний. Данные результаты можно использовать в качестве рекомендаций при проектировании видеонаблюдения внутри помещения в условиях плохой видимости.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ворона, В. А. Технические средства наблюдения в охране объектов / В. А. Ворона, В. А. Тихонов ; ред. И. Н. Андреева. – М. : Горячая линия-Телеком, 2022. – 188 с.
2. Кругль, Г. Профессиональное видеонаблюдение – 2 / Г. Кругль. – М. : Security Focus, 2021. – 626 с.
3. Красиков, В. С. Актуальные проблемы обеспечения безопасности полетов воздушных судов сотрудниками специальных подразделений / В. С. Красиков. – С. 377–379.
4. Технология распознавания лиц от компании Hikvision [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://nnzipc.ru/news/nienshancavtomatika_otkryvaet_novoe_napravlenie_svoej_deyatelnosti/?yclid=5528394121819979775. – Дата доступа: 15.09.2023.
5. Цветные видеоизображения при низком уровне освещенности Технологии получения качественного изображения в темноте [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.techportal.ru/review/videonablyudenie-v-temnote/tsvetnye-videoizobrazheniya-pri-nizkom-urovne-osveshchennosti>. – Дата доступа: 14.09.2023.

УДК 621.397.43

М.А. Асаёнок

Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА БОРТУ ВОЗДУШНОГО СУДНА В ДНЕВНОЕ ВРЕМЯ СУТОК

Интеллектуальные системы видеонаблюдения становятся чрезвычайно востребованными при решении многих прикладных задач. Повышенный интерес обусловлен стремительным развитием устройств видеоаналитики и увеличением производительности компьютерной техники. Еще пару лет назад и предположить невозможно было, что искусственный интеллект будет решать множество задач, которые выполняли специально обученные люди. Теперь все чаще можно встретить видеоаналитику в различных отраслях страны. На данный момент на рынке представлено огромное множество технических средств систем видеонаблюдения разной ценовой категории и возможностей [1].

Среди них можно встретить видеоаналитику на видеокамере и на видеорегистраторе или программную аналитику, которая работает с видеосигналом, полученным от любой видеокамеры [2, 3]. Поэтому при таком разнообразии устройств возникает вопрос: какую систему видеонаблюдения лучше использовать. Купить видеокамеру с аналитикой и интегрировать в существующую систему видеонаблюдения или использовать специальное программное обеспечение, которое непосредственно будет работать с видеопотоком.

Правительство Российской Федерации обязало авиакомпании устанавливать видеокамеры в самолетах (Постановление Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2022 г. № 731 «Об утверждении требований по обеспечению транспортной безопасности, учитывающих уровни безопасности для транспортных средств воздушного транспорта»). С 2023 года камеры должны будут устанавливать на новых самолетах, а с 2025 года – на тех, которые уже эксплуатируются. Требование относится не только к российским авиакомпаниям, но и к иностранным, если те выполняют рейсы в Россию. Согласно постановлению, камеры в самолетах должны обеспечивать «видеообнаружение объектов видеонаблюдения в кабине транспортного средства и на путях прохода в салон (кабину)».

Поэтому возникает вопрос о возможности использования не просто систем видеонаблюдения, а интеллектуальных ее возможностей, так как на борту воздушного судна и не любую видеокамеру можно использовать.

Также одной из основных задач систем интеллектуального видеонализа является устранение человеческого фактора и минимизация вероятности возникновения ситуации, когда какое-либо событие может быть не замечено или неправильно истолковано оператором. Видеоаналитика в этом случае выступает как система поддержки принятия решений.

В настоящее время одним из самых распространенных модулей аналитики является распознавание лиц, реализующий множество задач, главной из которых является обнаружение, распознавание и идентификация лица.

Следовательно, целью исследования является тестирование модуля видеоаналитики «распознавание лица» в помещении при различных исходных данных и разработка рекомендаций для построения оптимальной системы видеонаблюдения на борту воздушного судна.

Представленная на рисунке структурная схема интеллектуальной системы видеонаблюдения позволяет исследовать срабатывание системы при различных характеристиках видеокамер и условиях эксплуатации внутри помещения.

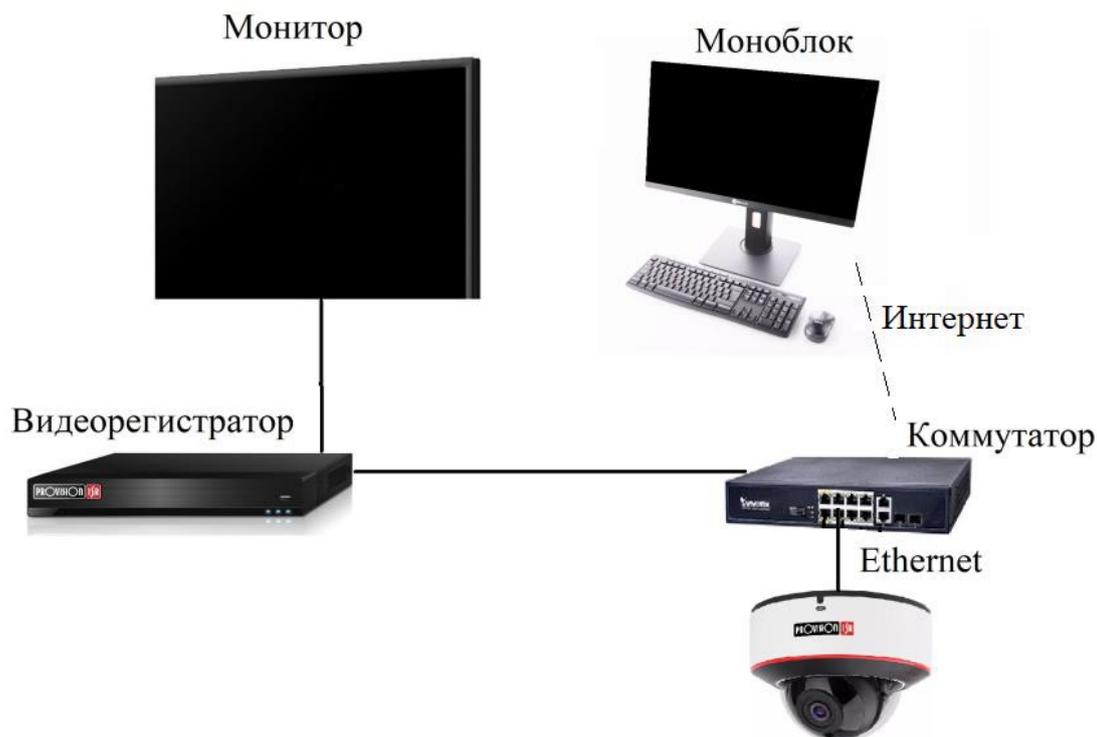


Рисунок – Интеллектуальная система видеонаблюдения

В качестве объекта исследования использовалась купольная антивандальная IP камера с вариофокальным объективом $f = 2.8\text{--}12\text{ mm}$ ($103^\circ\text{--}32^\circ$), разрешением 1920×1080 (2MP), межкадровым сжатием H.265, частотой кадров 25 fps, размером матрицы $1/2.8''$ CMOS, ИК подсветкой 40 м. Данная видеочамера поддерживает аналитику: обнаружение объекта (стерильная зона, пересечение линии, подсчет объектов), распознавание лиц (10 лиц за кадр), нарушение работы камеры.

Исследования проводились при различном фокусном расстоянии от 2,8 мм до 12 мм. Расположена видеочамера на высоте 2,24 м. Тестирование проводилось в дневное время суток при различных настройках чувствительности.

За основу брались фотографии мужчин и женщин, сделанных самой видеочамерой и для сравнения полученные при фотографировании в других местах с помощью фотоаппарата.

Также результаты распознавания лица были получены при нахождении объекта в различных точках от видеочамеры и с разных ракурсов (поворот объекта на 90 градусов в обе стороны).

В качестве сравнения использовался процент совпадения объекта с фотографией из базы данных и количество ложных срабатываний. Данные результаты можно использовать в качестве рекомендаций эксплуатации при проектировании видеонаблюдения внутри помещения в дневное время суток.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Видеоаналитика (российский рынок) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tadviser.ru/index.php>. – Дата доступа: 15.09.2023.
2. Могилин, К. А. Интеллектуальные системы видеонаблюдения в комплексах безопасности / К. А. Могилин, В. А. Селищев // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2020. – № 3. – С. 89–94.
3. Видеоаналитика. Распознавание лиц [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://macroscop.com>. – Дата доступа: 15.09.2023.

УДК 519.711.3

Ю.Ю. Бокорев, И.А. Струговщиков

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

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ КОЛЕС

В связи с разработкой новых летательных аппаратов в последнее время во всем мире остро встал вопрос о необходимости снижения веса и увеличения ресурса тормозов [1, 2].

В качестве новых материалов для тормозов были предложены композиционные материалы на основе углерода, которые могут одновременно выполнять функции фрикционного материала, теплопоглотителя и силового элемента. По величине коэффициента трения эти материалы не уступают традиционным, но при этом отличаются существенно более высокой износостойкостью [3]. По поглощению тепла на единицу веса композиционные материалы на основе углерода уступают только бериллию. Их высокая теплопроводность способствует быстрому отводу тепла от тормозов [4].

Дополнительным преимуществом этих материалов при использовании в качестве силовых элементов является тот факт, что их прочность не снижается при повышении температуры [5]. Это качество, в сочетании с низким коэффициентом теплового расширения, приводит к тому, что диапазон условий работы тормозов ограничивается только теплостойкостью примыкающих элементов конструкции.

В работе предлагается использовать фрикционные вкладыши из углерода с нанесением на боковые поверхности теплозащитного покрытия из окиси алюминия. Для облегчения веса каркаса диска конструкция выполнена следующим образом: Крепление вкладышей обеспечивается за счет того, что на боковых поверхностях спиц каркаса выполнены внутренние скосы, образующие треугольный профиль, взаимодействующий с соответствующим профилем боковой поверхности вкладышей. Причем каркас выполнен сборным, состоящим из спиц, скрепленных с кольцом, либо из двух симметричных одинаковых частей.

Каркас тормозного диска представляет собой кольцо с выступами, к которым крепят с помощью заклепок спицы, имеющие в боковой поверхности треугольный профиль. Теплопоглощающие вкладыши устанавливаются между спицами и упираются в них. В другом варианте выполнения диска вкладыши установлены между двумя половинками каркаса. Боковые поверхности вкладышей имеют теплозащитное покрытие из окиси алюминия толщиной 0,3 мм. Оно позволяет предохранить силовые элементы диска от тепловых напряжений, возникающих от градиента температур при его остывании. Спицы имеют возможность некоторого перемещения в плоскости, перпендикулярной к плоскости трения, благодаря чему вкладыши могут самоустанавливаться.

В ходе эксплуатации летательных аппаратов подвижные и неподвижные диски изнашиваются до величины, которая зависит от того, как часто имела место нестабильная циклоидальная вибрация дисков. Еще одно предлагаемое конструктивное усовершенствование решает проблему нежелательных радиальных циклических вибраций с помощью образования на дисках периферических вытянутых кольцевых бороздок на радиальных поверхностях подвижных и неподвижных дисков, таким образом, радиальные борозды играют роль гасителей нежелательных колебаний и сводят к минимуму радиальное перемещение дисков. Это позволяет продлить ресурс тормозных дисков.

Расчет энергоемкости тормоза. Энергоемкость тормозного узла:

$$A_T = \frac{Q \cdot n}{a}, \quad (1)$$

где Q – количество тепла, выделяющегося при работе тормоза; n – количество тормозных устройств в колесе;

$a = 1/427$ ккал/(кг·ч) – механический эквивалент тепла.

Для современных тормозных устройств максимально допустимая температура пакета дисков не должна превышать 500 °С. В результате расчета мы получили температуру пакета дисков больше, чем допустимая. Учитывая, что в тормозных колесах установлены вентиляторы для принудительного охлаждения тормозного пакета, а также стоит тепловой экран из композиционного материала на основе углерода для защиты корпуса колеса от нагрева. И учитывая, что фрикционная пара «углерод – углерод» работает лучше в условиях высоких температур, можно сделать вывод о том, что проектируемое тормозное устройство будет работать в допустимых температурных условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зотов, А. А. Композиционные материалы: классификация, состав и структура, свойства / А. А. Зотов, В. И. Резниченко. – М. : Факториал, 2018. – 132 с.
2. Баженов, С. Л. Механика и технология композиционных материалов / С. Л. Баженов. – М. : Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект», 2014. – 328 с.
3. Смелов, В. Г. Титановые сплавы в аэрокосмической технике: преимущества и ограничения / В. Г. Смелов, А. В. Митрянин // Проблемы и перспективы развития двигателестроения : сборник докладов Международной научно-технической конференции, Самара, 23–25 июня 2021 года. – Самара : Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, 2021. – Т. 1. – С. 204–206.
4. Моисеев, В. Н. Высокопрочные титановые сплавы в авиационных конструкциях / В. Н. Моисеев, Ю. А. Грибков, Ю. И. Захаров // Авиационные материалы и технологии. – 2007. – № 1. – С. 46–51.
5. Болдырева, О. Н. Повышение безопасности при ремонте элементов конструкции летательного аппарата / О. Н. Болдырева, Н. В. Рогов // Комплексные проблемы техносферной безопасности : материалы VI Международной научно-практической конференции : в 3-х ч., Воронеж, 21–22 декабря 2020 года. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2021. – Ч. I. – С. 454–457.

УДК 629.735.33

Д.А. Волков

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

АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КРЕНОМ НЕМАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА

Как известно, адаптивные алгоритмы управления применяются, когда с помощью обычных систем невозможно получение желаемого качества переходного процесса, в первую очередь быстродействия и отсутствие «забросов» управляемого параметра при заданных запасах устойчивости [1]. Такая ситуация характерна в случаях недостаточности и неточности начальной (априорной) информации об объекте управления или существенном изменении характеристик объекта в процессе функционирования. Приведенные аргументы справедливы, в частности, для систем автоматического управления (САУ) неманевренным самолетом в канале крена [2].



Рисунок 1 – Структурная схема САУ креном

Как правило, в таких САУ реализуется типовой закон управления:

$$\delta_{\delta} = k_{\delta}^{\gamma} (\gamma - \gamma_{зад}) + k_{\delta}^{\omega_x} \omega_x, \quad (1)$$

где k_{δ}^{γ} – коэффициент усиления по углу крена, $k_{\delta}^{\omega_x}$ – коэффициент усиления по скорости крена; γ , $\gamma_{зад}$ – текущий и заданный углы крена, ω_x – скорость крена.

В таком законе коэффициенты усиления рассчитываются исходя из известных аэродинамических характеристик самолета [2], требований к переходному процессу и корректируются по скоростному напору и числу М.

В настоящей работе предлагается их адаптивная коррекция с использованием эталонной модели [1, 2]. В качестве такой модели выбрано апериодическое звено второго порядка с желаемыми характеристиками

$$W_{\frac{\gamma}{\gamma_{зад}}}(p) = \frac{1}{0,0169p^2 + 0,26p + 1}.$$

На основании сравнения сигнала крена от математической модели самолета $\gamma(t)$ и выхода эталонной модели $\gamma_{эм}(t)$ вычисляется ошибка (невязка)

$$e(t) = \gamma(t) - \gamma_{эм}(t).$$

Используя значения такой ошибки, корректируются коэффициенты усиления в законе (1) по методике, изложенной в [1]:

$$\widehat{k}_{\delta}^{\gamma} = k_{\delta 0}^{\gamma} + k_e \int (\gamma - \gamma_{зад}) edt + k_{\dot{e}} \int (\gamma - \gamma_{зад}) \dot{e} dt, \quad (2)$$

$$\widehat{k}_{\delta}^{\omega_x} = k_{\delta 0}^{\omega_x} + k_e \int \omega_x edt + k_{\dot{e}} \int \omega_x \dot{e} dt, \quad (3)$$

где $k_{\delta 0}^{\gamma}$, $k_{\delta 0}^{\omega_x}$ – начальные значения коэффициентов усиления; k_e , $k_{\dot{e}}$ – коэффициенты адаптации по ошибке (невязке) и скорости ошибки.

В ходе численного эксперимента с помощью программы Matlab-Simulink были получены результаты работы адапционного алгоритма (2, 3), показанные на рисунках 2 и 3.

Начальные значения коэффициентов усиления (1) не соответствовали текущим характеристикам самолета в канале крена. В качестве входного сигнала был выбран сигнал в виде суммы синусоид с различными амплитудами и частотами. Видна сходимость коэффициентов начиная с 30-й секунды моделирования.

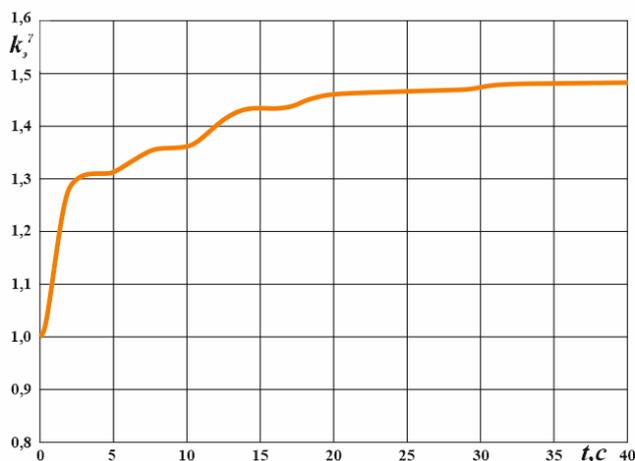


Рисунок 2 – Коэффициент усиления по углу крена

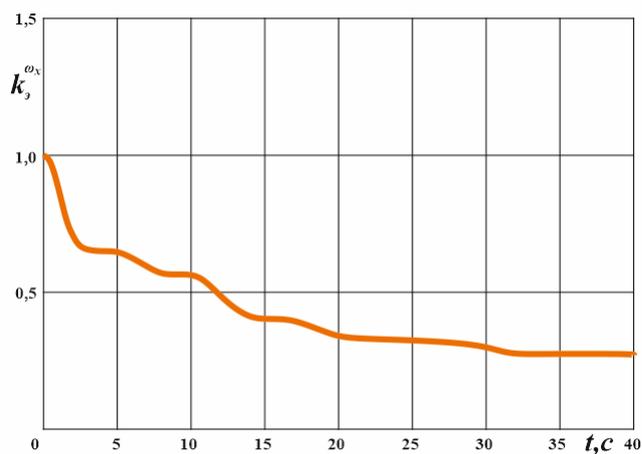


Рисунок 3 – Коэффициент усиления по углу крена

Выводы по работе:

1. Найден алгоритм адаптивного управления с эталонной моделью двух коэффициентов в канале крена.
2. Определен порядок выбора коэффициентов адаптации.
3. Найденный алгоритм адаптации применим для любых каналов и объектов управления.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ким, Д. П. Теория автоматического управления : учеб. пособие / Д. П. Ким. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 1987. – Т. 2 : Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. – 240 с.
2. Верещиков, Д. В. Системы управления летательных аппаратов / Д. В. Верещиков, С. В. Николаев, Д. В. Разуваев. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 320 с.

УДК 629.735.33

Д.А. Волков, А.Д. Кузнецов

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

К ВОПРОСУ АДАПТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ КОЭФФИЦИЕНТОВ УСИЛЕНИЯ ЗАКОНА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ КРЕНОМ НЕМАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА

Бурное развитие цифровой вычислительной техники позволяет реализовывать сложные современные алгоритмы управления, что способствует улучшению свойства летательных аппаратов. К наиболее перспективным разработкам в этой области следует отнести адаптивные системы управления, которые способны корректировать характер управления самолетом путем адаптации ее под изменяющиеся внешние факторы и собственные свойства как объекта управления. Принцип адаптации управления активно реализуется на многих современных самолетах, в том числе на самолетах Су-30СМ, Як-130, Су-35. Однако, на военно-транспортных самолетах системы адаптивного применения до сих пор не реализованы, хотя их применение привело бы к значительному улучшению характеристик устойчивости и управляемости, а также обеспечило бы высокое качество переходных процессов на различных этапах и режимах полета самолета, в том числе в

системах автоматического управления креном (САУ). Типовой закон управления элеронами имеет вид [1]:

$$\delta_{\omega} = k_{\omega}^{\gamma} (\gamma - \gamma_{\text{зад}}) + k_{\omega}^{\omega_x} \omega_x, \quad (1)$$

где k_{ω}^{γ} – коэффициент усиления по углу крена, $k_{\omega}^{\omega_x}$ – коэффициент усиления по скорости крена; γ , $\gamma_{\text{зад}}$ – текущий и заданный углы крена, ω_x – скорость крена.

Недостаток существующих САУ заключается в отсутствии точной корректировки коэффициентов усиления k_{ω}^{γ} и $k_{\omega}^{\omega_x}$ закона (1). Эта неточность возникает вследствие учета ограниченного количества эксплуатационных факторов, влияющих на качество переходного процесса. Современные системы учитывают лишь скоростной напор и высоту полета самолета, а такие факторы, как момент инерции летательного аппарата, неточности определения аэродинамических характеристик самолета в аэродинамических трубах, влияние внешних подвесок, а также боевые повреждения воздушного судна, не учитываются.

В настоящее время существует множество видов систем адаптивного управления. В зависимости от того, происходит ли оценка характеристик объекта управления или нет, их можно разделить на систему с настраиваемой моделью (идентификатором) и систему с эталонной моделью, которая подлежит рассмотрению. Принцип работы ее заключается в следующем: адаптивная система управления использует эталонную модель для сравнения ее выходного сигнала с выходным сигналом объекта управления и определения необходимых корректировок или изменений в работу системы. Сам процесс корректировки программы управления происходит за счет изменения коэффициентов усиления.

К преимуществам этой системы относят быстроту адаптации к изменяющимся условиям и требованиям, повышения эффективности и производительности системы, а также улучшение точности и надежности ее работы.

Таким образом, в целях повышения качества переходных процессов, эффективности САУ креном необходимо более точно корректировать коэффициенты усиления закона управления (1).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Михалев, И. А. Системы автоматического управления полетом / И. А. Михалев, Б. Н. Окоемов, М. С. Чиклаев. – М. : Машиностроение, 1987. – 240 с.

УДК 629.735.33

Д.А. Волков, А.Д. Кузнецов

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

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПИЛОТАЖНЫХ СТЕНДОВ

Одной из основных тенденций развития современных боевых летательных аппаратов является автоматизация всех режимов полета, поэтому роль автоматических устройств для управления современными самолетами неуклонно возрастает [1]. В этой связи авиационный специалист должен иметь твердые знания о назначении, устройстве, работе, правилах эксплуатации подобных устройств. До настоящего времени изучение «физики работы» таких устройств не вызывала значительных трудностей и проводилось в основном теоретически с использованием математического аппарата, так как «все было довольно наглядно и просто»,

а именно: на начальном этапе автоматизации эти устройства предназначались для выполнения отдельных функций по улучшению характеристик управляемости, а впоследствии и устойчивости и буквально «вставлялись» в механическую проводку управления. Примером таких устройств являются автоматы изменения загрузки рычагов управления (АРЗ), автоматы управляемости (АРУ) или изменения передаточного числа, также автоматы повышения демпфирования, автоматы повышения устойчивости по перегрузке и т. д.

Однако в связи со значительным ростом количества автоматизируемых функций отдельные устройства были объединены в единую систему управления, что привело к существенному усложнению структуры и алгоритмов ее работы (рисунок 1).

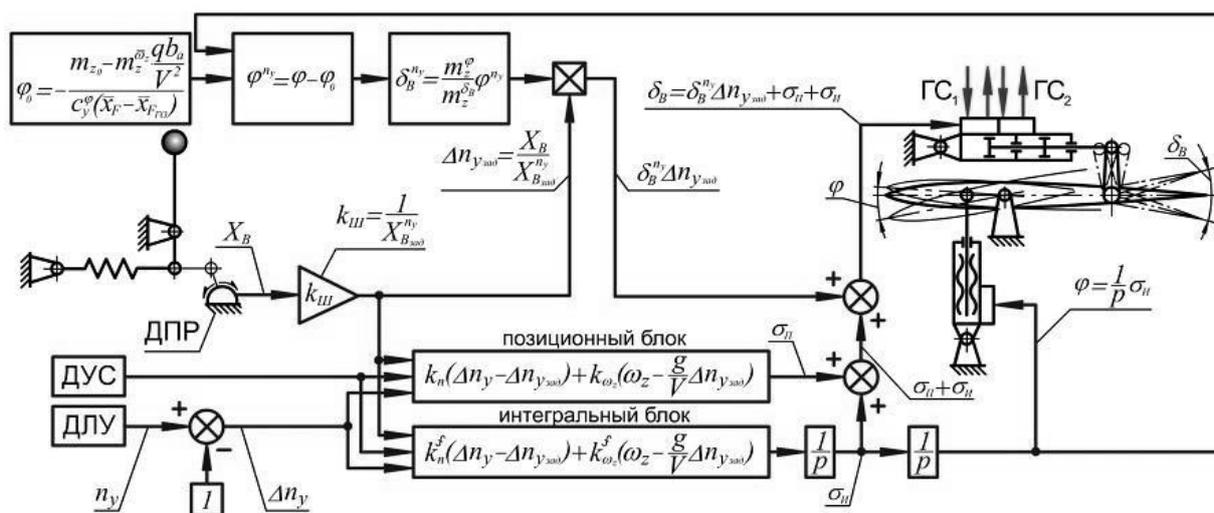


Рисунок 1 – Схема продольного канала неманевренного самолета

В итоге современная система управления – это комплексная система с переменными коэффициентами, переменной структурой и элементами самонастройки. Кроме того, в современных условиях каждый разработчик применяет свою «философию» построения и работы системы и неохотно делится соответствующими знаниями.

При использовании только традиционных средств обучения не всегда удастся раскрыть в полном объеме всю многогранность систем управления современных боевых летательных аппаратов и достичь высокого качества подготовки авиационных специалистов в данной области, что может привести к неблагоприятным последствиям при эксплуатации авиационной техники этими специалистами.

Для решения этих проблем в целях «визуализации» логики работы сложнейших алгоритмов системы управления целесообразно использовать в учебном процессе полунатурное моделирование на пилотажных стендах [2].

Основными элементами типового пилотажного стенда являются имитаторы условий работы летчика (макет кабины с пилотажно-навигационными приборами, рычагами управления, имитаторами загрузки этих рычагов, внешней визуальной обстановки и акустических воздействий) и математическая модель динамики летательного аппарата в реальном масштабе времени, которая реализуется на ЭВМ во взаимодействии с реальными элементами систем управления.

На современном этапе возможно приобретение подобных стендов высокого качества в ЦНТУ «Динамика». Однако в целях организации углубленной военно-научной работы курсантов, а также для сокращения затрат, повышения адаптивности стендового оборудования для решения разнообразных задач целесообразнее самостоятельно изготавливать пилотажные стенды.

При создании стендов особое внимание уделяется программному обеспечению, от качества которого во многом зависит достоверность результатов моделирования. Наиболее приспособленным для решения этой задачи являются программные комплексы:

- 1) Matlab-Simulink с прикладными библиотеками FlightSim – для создания и сопровождения математических моделей динамики самолета с системой управления (рисунок 2);
- 2) FlightGear – для отображения закабинной обстановки;
- 3) Desksim – для создания и сопровождения кадров пилотажно-навигационной индикации.

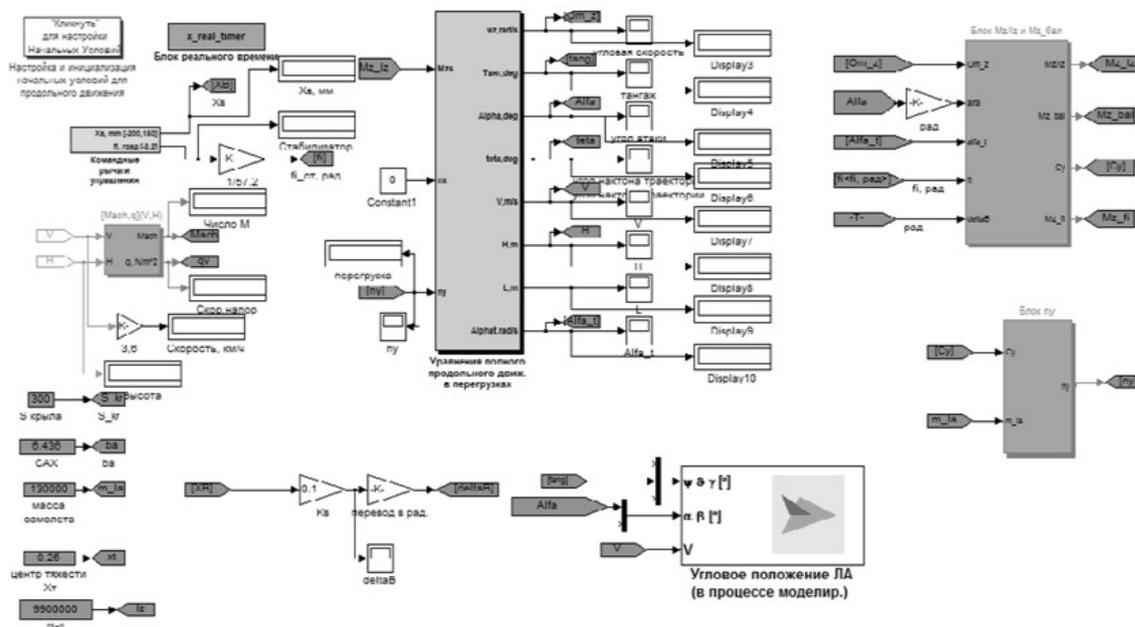


Рисунок 2 – Общий вид Simulink-модели

Применение современного программного обеспечения значительно упрощает обучение, повышает его наглядность и доступность для широкого круга обучаемых.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аэродинамика и динамика полета магистральных самолетов / под ред. Г. С. Бюшгенса. – М. ; Пекин : Изд. отдел ЦАГИ – авиа-издательство КНР, 1995. – 772 с.
2. Аэродинамика, устойчивость и управляемость сверхзвуковых самолетов / под ред. Г. С. Бюшгенса. – М. : Наука. Физматлит, 1998. – 816 с.

УДК 392.6

Д.А. Ганичкин, В.А. Астахов

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

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ АВИОНИКИ В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

В современном мире авиация играет неоспоримую роль в глобальной экономике и связи между народами. Авионика – одна из самых важных систем, обеспечивающих безопасность и эффективность воздушных перевозок. Эта технология, включающая в себя широкий спектр электронных и информационных систем, повсеместно применяется на современных воздушных судах. Эта работа призвана рассмотреть роль и значимость

авионики в современной авиации, а также осветить ее применение и последние тенденции в этой отрасли.

Авионика становится более эффективной в плане навигации. Авиация произвела революцию в том, как мы путешествуем и исследуем мир. За эти годы разработка авиационного оборудования сыграла решающую роль в обеспечении безопасности, эффективности и точности авиаперелетов. Среди различных компонентов авиационного оборудования навигационные системы стали одним из наиболее важных аспектов. Навигационные системы позволяют пилотам определять точное местоположение, перемещаться по сложному воздушному пространству и обеспечивать плавный и надежный полет. Разработка авиационного оборудования может быть прослежена до начала 20-го века, когда авиация была в зачаточном состоянии. В течение этого периода навигационные системы были рудиментарными и в значительной степени зависели от визуальных сигналов, таких как ориентиры и карты. Пилоты шли по рекам, дорогам и железным дорогам, часто полагаясь на компасы и рудиментарную радиосвязь. Тем не менее по мере того, как авиация прогрессировала и самолеты начали летать на больших высотах и на более длительных расстояниях, стала очевидной потребность в более продвинутых навигационных системах [1].

В последние годы достижения в области технологий, такие как спутниковые системы увеличения (SBA) и многосенсорные навигационные системы, имеют дальнейшие расширенные возможности авиационной навигации. SBA, такие как широкая система увеличения площади (WAAS), обеспечивают дополнительную точность и целостность сигналов GPS, что позволяет пилотам ориентироваться с еще большей точностью. Многосенсорные навигационные системы объединяют входы от различных датчиков, таких как GPS, инерционные датчики и радар, чтобы предоставить избыточную и надежную информацию о навигации. Сегодня авиационные навигационные системы достигли беспрецедентного уровня сложности и интеграции. Интегрированные навигационные системы объединяют несколько датчиков, таких как GPS, инерционные датчики и радионавигационные средства, чтобы предоставить пилотам точную и избыточную навигационную информацию. Эти системы также включают в себя продвинутые дисплеи авионики и системы управления полетами, что обеспечивает точную и автоматизированную навигацию и планирование маршрутов. Будущие тенденции:

Разработка авиационного оборудования и навигационных систем продолжает быстро развиваться. Будущие тенденции включают интеграцию спутниковых систем увеличения (SBA) и наземных систем увеличения (GBA) для повышения точности и целостности навигационных сигналов. Кроме того, ожидается, что внедрение передовых технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, еще больше улучшит авиационное оборудование и навигационные системы, обеспечивая автономные операции и повышая общую эффективность и безопасность.

Традиционно воздушные суда оснащены гидравлическими и пневматическими системами для управления различными системами, такими как шасси, тормоза и управление поверхностями. Однако, с развитием электроники и разработкой электрических систем питания (EPS), возрос интерес к электрической авионике. Электрические системы питания позволяют улучшить эффективность, надежность и гибкость управления всех систем воздушного судна. Они также способствуют снижению веса воздушного судна и его экологической эффективности. Применение электрических систем питания также открывает новые возможности для использования электрического привода воздушных судов, что может значительно повысить их энергоэффективность и снизить выбросы. Это один из самых активных крупных трендов в авионике. Электрические системы питания в авиации являются новой и инновационной технологией, которая заменяет или дополняет традиционные гидравлические и пневматические системы. EPS использует электрическую энергию для питания различных систем на борту воздушного судна. Одним из основных преимуществ EPS является его высокая эффективность. Традиционные гидравлические системы требуют использования насосов и гидромоторов для создания давления, что неэффективно с точки зрения энергопотребления. EPS же позволяет эффективнее использовать энергию и снижает

потери. Также EPS обладает большей гибкостью в управлении системой. Используя электронику и цифровые системы управления, можно легко регулировать и контролировать работу систем на борту воздушного судна. Это позволяет более точно управлять поверхностями управления, шасси, тормозами и другими системами. EPS также имеет преимущества в отношении снижения веса [2].

Историческое развитие авиационного оборудования и систем навигации было непрерывным процессом инноваций и улучшения. От первых дней визуальной навигации до современной эпохи передовых спутниковых систем, каждая веха способствовала безопасности, эффективности и надежности авиационных операций. Поскольку технологии продолжают продвигаться, в будущем придерживается еще более многообещающих достижений в авиационном оборудовании и навигационных системах, прокладывая путь к новой эре авиации.

Авиационная индустрия играет решающую роль в национальной экономике, причем производство и поддержание самолетов имеет большое значение. Тем не менее, отрасль сталкивается с проблемами с точки зрения объемов производства и конкурентоспособности на мировом рынке. Чтобы решить эти проблемы и повысить эффективность отрасли, необходимо внедрить цифровые устройства и технологии. Растущий спрос на воздушный транспорт и высокие затраты, связанные с эксплуатационными самолетами, привели к растущему рынку услуг по техническому обслуживанию и ремонту. Чтобы оставаться конкурентоспособным на этом рынке, авиакомпании обращаются к цифровым технологиям как средство повышения эффективности и снижения затрат. Реализация цифровых устройств и технологий позволяет непрерывно поток данных по всей цепочке поставок, оптимизируя обмен информацией и облегчая использование инноваций в производстве и операциях. Использование передовых технологий, таких как искусственный интеллект и машинное обучение, дополнительно улучшает процессы обслуживания и ремонта, что позволяет обеспечить более эффективные проверки и анализ данных. Международные организации и государственные инициаторы также продвигают внедрение цифровых технологий в авиационной промышленности для повышения безопасности производительности и пассажиров. Использование устройств системы передачи данных (IoT) и сбор больших объемов данных позволяют авиакомпаниям выявлять неисправности и потенциальные сбои на раннем этапе, что приводит к более эффективному обслуживанию и сокращению времени простоя. В целом, цифровизация трансформирует отрасль технического обслуживания самолетов за счет изменения бизнес-моделей, повышения эффективности и упрощения процессов принятия решений. Анализ современных требований для управленческой группы в гражданских самолетах и необходимость внедрения цифровых устройств имеет решающее значение для разработки и модернизации бортового оборудования. Комплексная работа должна охватывать широкий спектр гражданских и военных самолетов и вертолетов, каждый из которых имеет различные требования в зависимости от их предназначения. Основным критерием синтеза панели управления является минимизация общей стоимости на протяжении всего его жизненного цикла, одновременно повышая ее эффективность. Это может быть достигнуто посредством стандартизации и объединения аппаратных и программных модулей, а также информации и оборудования. Авиационная отрасль за эти годы стала свидетелем значительных достижений в технологиях, что привело к внедрению цифровых устройств в различные области самолета. Одной из областей, в которой наблюдались существенные изменения, является панель управления в гражданских самолетах. Панель управления, также известная как кабина, играет решающую роль в контроле и мониторинге систем самолета, обеспечивая безопасные и эффективные полеты [3, 4].

В последние годы навигационные устройства и дисплеи в самолетах продолжали развиваться, включая более продвинутые технологии и возможности. Многофункциональные дисплеи (MFD) стали обычным явлением в современных самолетах, что позволяет пилотам получить доступ к широкому спектру информации на одном экране. MFD могут отображать навигационные диаграммы, погодный радар, информацию о трафике и даже интегрироваться с другими системами, такими как автопилот самолета. Кроме того, интеграция

навигационных устройств с другими системами авионики, такими как система управления полетами (FMS), еще больше расширила возможности навигационных дисплеев. FMS позволяет пилотам планировать и управлять своими рейсами, используя расширенные инструменты планирования маршрута, данные о производительности и информацию о погоде в реальном времени. Эти интегрированные системы предоставляют пилотам полную и точную картину своего полета, позволяя им принимать обоснованные решения и оптимизировать свои маршруты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Кучерявый, А. А. Авионика : учебное пособие / А. А. Кучерявый – СПб. : Лань, 2019. – С. 6–39.
2. Кузнецов, С. В. Авиационные электросистемы и авионика : учебное пособие / С. В. Кузнецов. – М. : ИД Академии Жуковского, 2018. – С. 45–77.
3. Авионика: инновации и перспективы. В. Н. Филиппов.
4. Федосов, В. А. Российский проект создания нового поколения интегрированной модульной авионики с открытой архитектурой. Состояние и перспективы / В. А. Федосов // Фазотрон. – 2011. – № 2. – С. 3–8.

УДК 629.7

М.С. Гущеня, С.Г. Куклицкий

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

К ВЫБОРУ ШАССИ ДЛЯ АМФИБИЙНОГО ЛЕГКОГО САМОЛЕТА

В легкой авиации, отбросив экзотику, можно уверенно сказать, что всего две основные схемы шасси:

- трехточечная с носовой опорой;
- трехточечная с хвостовой опорой (костылем).

До войны преобладала схема с хвостовой опорой, затем постепенно вышла вперед схема с носовой опорой, как более прогрессивная. Шасси с хвостовой опорой, однако, не кануло в историю и применяется до сих пор. Окончательный выбор схемы остается за конструктором. В таблице преимущества указаны знаком (+), а знаком (–) – недостатки этих схем.

Таблица – Преимущества и недостатки схем шасси

Оцениваемый параметр	Схема с носовой опорой	Схема с хвостовой опорой
1. Конструктивная сложность	–	+
2. Масса	–	+
3. Лобовое сопротивление	–	+
4. Удобство компоновки	–	+
5. Демпфируемое колебание «шимми»	–	+
6. Наличие дополнительной хвостовой опоры	–	+
7. Проходимость	–	+
8. Обзор в посадочной конфигурации	+	–
9. Устойчивость разбега	+	–
10. Возможность «козла»	+	–
11. Удобство посадки пилота в посадочной конфигурации	+	–
12. Применение тормозов при пробеге	+	–
13. Допустимые максимальные $V_{взл.}$ и $V_{пос.}$	+	–
14. Возможность посадки со сломанной носовой или хвостовой опорой	–	+
15. Сложность переучивания летного состава на альтернативную схему	–	+

Анализ нагрузок, действующих на носовую и хвостовую опоры, показывает, что передняя стойка испытывает гораздо большие нагрузки, чем костыль. Соответственно, для погашения больших нагрузок нужна хорошая амортизация, в то время как даже маленький хвостовой пневматик может и без амортизатора поглотить всю эту работу. Кроме того, из условий проходимости передний пневматик желательно сделать более крупным. Масса опоры еще более возрастает. Заведомо большее лобовое сопротивление передней стойки усугубляется еще и тем, что она располагается в носовой части самолета, где находится главный источник сопротивления. Костыль элементарно komponуется в практически пустом хвосте, а переднюю стойку из условий управляемости и нагружения выгодно располагать поближе к носовой части, как раз там, где уже стоит мотор, моторама, радиаторы, баки, управление и прочее [1].

При движении реактивный момент винта, боковой ветер, неровности аэродрома вызывают разворот самолета вокруг центра масс, а образующиеся при этом на основных стойках силы трения создают относительно центра масс дестабилизирующий момент, который стремится еще более развернуть самолет. Явление «циркуля», когда самолет чертит хвостом фигуру близкую к окружности, на машинах без тормозов наблюдалось довольно часто. Оно сопровождалось сносом шасси, винта, поломкой костыля и внешнего крыла.

Если самолет достаточно крупный и длиннохвостый, то с этим недостатком можно справиться. Но чем самолет короче и миниатюрней, тем большего внимания и мастерства пилота он требует.

Подставим в формулу нагрузки на костыль и несколько разных значений длины хвоста при одном и том же выносе основных стоек, можно убедиться, что чем короче хвост, тем больше нагрузка на костыль и иной раз авиетке приходится отрываться от трех точек, что заставляет усиливать хвост и амортизацию костыля.

Несколько ослабить явление хронической неустойчивости схемы может придание колесам развала $2^\circ - 4^\circ$, так как образующаяся в одной из опор сила трения действует против разворота.

Платой за повышение устойчивости на пробеге станет повышенный износ пневматиков и увеличение длины разбега из-за большего трения. Хвостовые опоры могут быть самоориентирующимися. Но чем меньше самолет, тем желательнее управляемый костыль или самоориентирующийся с фиксацией нейтрального положения.

При посадке с завышенной скоростью с костылем на две точки самолет, ударившись о полосу, стремится опустить хвост (так как основные стойки находятся перед центром масс), угол атаки крыла быстро возрастает, подъемная сила растет, и самолет подсакивает в воздух, но скорость гаснет, и он, парашютируя, «плюхается» на полосу. За сходство поведения самолета с брыкающимся козлом явление получило название «козел». При схеме с носовой стойкой основные колеса расположены позади центра масс, и самолет стремится опустить нос и уменьшить угол атаки. При передней стойке торможение проблем не вызывает. С костылем раннее или резкое торможение способствует опрокидыванию самолета на нос и, далее, на спину. После такой посадки ремонтировать приходится мотор, винт, капот и оперение. С точки зрения безопасности при капотировании, бипланы и высокопланы являются более предпочтительными из-за мощного капота под верхним крылом, защищающего экипаж. У низкопланов имеет смысл усилить каркас фонаря и заголовника. Для уменьшения риска капотирования на крупных машинах увеличивали угол выноса основных стоек. Однако на авиетке это может ощутимо перегрузить хвост (известны случаи, когда не очень жесткий хвост начинал буквально «вилять», доставляя пилоту тему для размышлений о пользе передней стойки). Кроме того, невозможность раннего торможения увеличивает пробег.

Сами тормоза должны находиться на основных колесах шасси. На многих самолетах тормоз располагается на переднем колесе. Делать это нежелательно по следующим причинам:

– если в момент торможения колесо хоть немного повернуто, то это приводит к энергичному кувырку через бок;

– скорости самолетов обычно больше, чем у дельтапланов, и единственный тормоз качественное торможение не обеспечит.

Шасси представляет собой систему опор, необходимых для взлета, посадки, передвижения и стоянки самолета на земле, палубе корабля или воде.

Конструкция опоры состоит:

- опорных элементов – колес, лыж или других устройств, посредством которых самолет соприкасается с поверхностью места базирования (аэродромом);
- силовых элементов – стоек, траверс, подкосов и других, соединяющих опорные элементы с конструкцией фюзеляжа или крыла;
- амортизационной системы;
- тормозных устройств;
- механизмов уборки и выпуска шасси с системой контроля.

Это позволяет:

- воспринимать с помощью шасси, возникающие при соприкосновении самолета с аэродромом статические и динамические нагрузки, предохраняя тем самым конструкцию агрегатов самолета от разрушения;
- рассеивать поглощаемую энергию ударов самолета при посадке и рулении по неровной поверхности, чтобы предотвратить колебания самолета;
- поглощать и рассеивать значительную часть кинетической энергии поступательного движения самолета после его приземления для сокращения длины пробега.

Для взлета и посадки на водную поверхность находят применение шасси типа «Летающая лодка». Характеризуется простотой изготовления, а также возможностью установки колесного типа шасси для посадки на жесткие поверхности без использования сменных шасси-поплавков.

В решении этих задач и состоит выбор шасси амфибийного самолета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Арепьев, А. Н. Проектирование легких пассажирских самолетов / А. Н. Арепьев. – М. : Издательство МАИ, 2006. – 250 с.

УДК 004.4.275

А.Е. Горловой, П.С. Костин, Д.Е. Скоробогатов

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

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ КОРОТКОХОДОВОЙ РУЧКИ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ ДЛЯ АВИАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА

На сегодняшний день авиационные тренажеры занимают одно из лидирующих мест в различных исследованиях, обучении и подготовке летного состава. При этом используется множество различного оборудования, одной из которых является боковая ручка управления (БРУ). Одним из критериев, от которого зависит качество выполнения задачи, является эргономичность арматуры кабины и органов управления. Коммерческие варианты БРУ, обеспечивающие заданный уровень удобства и количества кнопок, имеют высокую стоимость, что приводит к увеличению цены авиационного тренажера.

Для уменьшения стоимости тренажера было принято решение о создании 3D модели БРУ (рисунок 1) в программной среде твердотельного моделирования SolidWorks, в которой в последующем можно будет изменять. На этапе проектирования, одним из преимуществ,

является возможность создания различных конфигураций ручки, где можно задавать ее формфактор, расположение и количество кнопок в зависимости от поставленной задачи.

Создание модели БРУ включает в себя следующие этапы:

- 1) проектирование базы джойстика;
- 2) проектирование самой ручки;
- 3) добавление мелких деталей;
- 4) преобразование детали в пустотелую модель.



Рисунок 1 – Трехмерная модель боковой ручки управления

На первом этапе, создание базы осуществляется посредством вырезания из примитива определенных фигур с помощью команд «вытянутый вырез», «вытянутая бобышка/основание» (рисунок 2). Функционирование команд основано на том, что из одной фигуры, вырезается форма другой, ранее созданной фигуры [1].

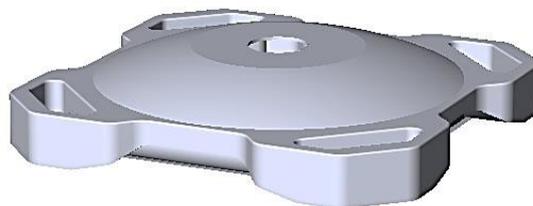


Рисунок 2 – Модель заготовки базы джойстика

На втором этапе, форма рукоятки (рисунок 3) была задана с помощью кривых, соединяющих эскизы на плоскостях. Это позволило создать сложную форму, которая соответствует эргономики руки. При создании применялись следующие инструменты SolidWorks «кривые», «бобышка/основание по сечениям», «скругление», а также ранее упомянутые.



Рисунок 3 – Модель заготовки рукоятки

На третьем этапе, после того как готовы общие формы, добавляются более мелкие детали, такие как кнопки, выступы, ребра, вырезы и т. д. Их добавление осуществляется с помощью создания эскизов на плоскостях заготовок. Помимо ранее используемых инструментов, применялись такие как: «зеркальное отображение», «преобразование объекта». Результат представлен на рисунке 4.

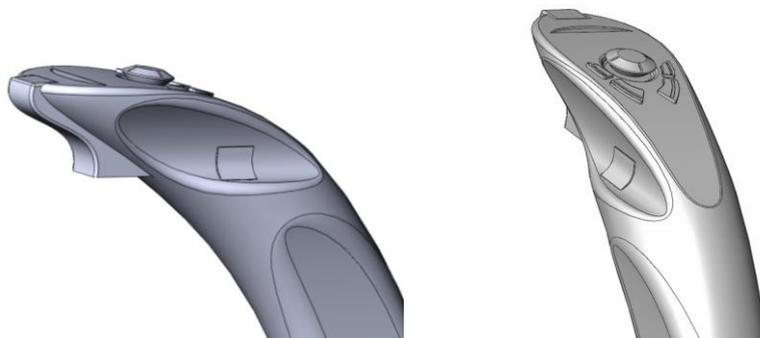


Рисунок 4 – Кнопки на модели рукоятки

Четвертым этапом выполняется придание базе и рукоятке необходимой толщины осуществляется в уже готовой модели ручки с помощью команды «оболочка». Это освобождает внутренние объемы (рисунок 5) для размещения внутри джойстика микросхем и прочих компонентов, необходимых для функционирования БРУ.

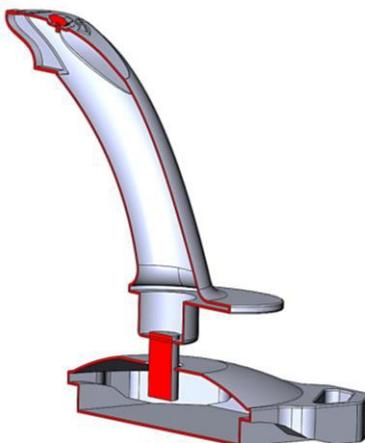


Рисунок 5 – Демонстрация внутреннего пространства джойстика

Использование трехмерного моделирования на этапе проектирования не только значительно ускоряет и упрощает создание определенного объекта, но и позволяет получить необходимую конструкцию и компоновку самой ручки, а также удобное расположение кнопок на ней. Это позволяет добиться высокой степени эргономичности, что положительно влияет на эффективность решения задач. А возможность печати БРУ на 3D-принтере, позволяет удешевить стоимость авиационного тренажера.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Инструменты моделирования Solid Works. – М. : Артём Слаква, 2021. – С. 54–87.

УДК 355.353

А.И. Ефименко, И.В. Чуприков

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

ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРТОЛЕТА НА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ

Грузоподъемность вертолета – это способность вертолета поднять в воздух некоторый груз, выражающийся разностью между располагаемой тягой несущего винта и неизменным весом вертолета (включающим вес конструкции, экипажа и другой постоянной нагрузки). При заданном неизменном весе вертолета его грузоподъемность определяется величиной располагаемой тяги в конкретных условиях.

Большое влияние на величину грузоподъемности оказывает сопротивление частей вертолета $X_{в.о.}$, возникающее при обдувке их струей от винта, так называемой вертикальной обдувке. Сила сопротивления $X_{в.о.}$, создаваемая фюзеляжем или другими агрегатами, находящимися под винтом, зависит от скорости вертикального потока $V_{в.о.}$ (индуктивной скорости), площади миделя S_M агрегата, находящегося в зоне обдувки, и коэффициента сопротивления: $X_{во} = c_x S \frac{\rho V^2}{2}$. Если винт работает на месте, можно считать, что фюзеляж и его детали обдуваются со скоростью, равной индуктивной скорости отбрасывания $V_{во} = v^2 = 2v_1$. Выражая сопротивление фюзеляжа, шасси и других находящихся в струе агрегатов (в том числе крыла) с помощью общего коэффициента сопротивления $c_{x_{вр}}$, можно написать

$$X_{во} = c_{x_{вр}} S_{во} \frac{\rho(2v_1)^2}{2}, \quad (1)$$

где $S_{во}$ – площадь фюзеляжа, находящаяся в струе, взятая в плоскости горизонтального миделевого сечения [1].

Величина $S_{во}$ определяется с учетом поджатия струи винта до радиуса $0,7R-0,8R$ (в зависимости от высоты НВ над фюзеляжем) и с вычетом участков, находящихся в пределах радиуса комлевых сечений лопасти (сопротивление части фюзеляжа, находящейся под втулкой НВ и оголенными лонжеронами, пренебрежимо мало). На рисунке 1 величина $S_{во}$ показана двойной штриховкой.

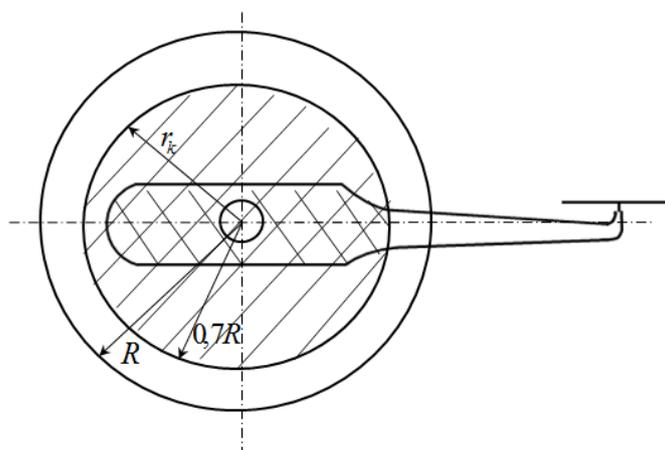


Рисунок 1 – К расчету зоны вертикальной обдувки

Так как $v_1 = \sqrt{\frac{P}{2\rho\chi}}$, то

$$X_{\text{во}} = c_{x_{\text{вп}}} S_{\text{во}} \frac{P}{\chi}, \quad (2)$$

откуда видно, что сопротивление от вертикальной обдувки пропорционально удельной нагрузке на винт. Физически это объясняется увеличением потребных для висения индуктивных скоростей при увеличении P .

Грузоподъемность вертолета с учетом вертикальной обдувки снижается по сравнению с располагаемой тягой винта T на величину $X_{\text{во}}$ и равна

$$G = T - c_{x_{\text{вп}}} S_{\text{во}} \frac{T}{\chi F} = T \left(1 - \frac{c_{x_{\text{вп}}} S_{\text{во}}}{\chi F}\right) = T k_{\text{во}}, \quad (3)$$

где

$$k_{\text{во}} = 1 - \frac{c_{x_{\text{вп}}} S_{\text{во}}}{\chi F}.$$

Коэффициент $k_{\text{во}}$ учитывает потери грузоподъемности от вертикальной обдувки частей вертолета струей от НВ. Он равен 0,98–0,95 для вертолетов без крыла и 0,95–0,9 для вертолетов с крылом. Тогда потери грузоподъемности вследствие вертикальной обдувки могут составлять от 2 % до 10 % [2].

Таким образом для уменьшения этих потерь необходимо уменьшать коэффициент сопротивления агрегатов, находящихся в струе и относительную площадь этих агрегатов. Конечно, совсем устранить эти потери нельзя, так как, например, шасси до отрыва от земли нельзя убрать (можно лишь закрыть обтекателями), а фюзеляж должен иметь какие-то минимальные размеры для размещения грузов, определяемых назначением вертолета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Попов, С. А. Динамика полета. Особенности летно-технических характеристик, характеристики устойчивости и управляемости вертолета / С. А. Попов, К. Ю. Кочегаров, А. Л. Тарасов. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2021. – 114 с.
2. Алаян, О. М. Аэродинамика и динамика полета вертолета / О. М. Алаян, В. Ф. Ромасевич, В. С. Совгиренко. – М. : Воениздат, 1973. – 442 с.

УДК 629.735.33

К.А. Журавский, А.В. Демьянов, А.А. Сердитов

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

ТРАНСПОРТНАЯ АВИАЦИЯ ТОГДА И СЕЙЧАС

Авиация при ее зарождении рассматривалась и применялась только для целей воздушной разведки, бомбежки противника, а также защиты с воздуха своих сил и объектов. Так было в годы Первой мировой войны и оставалось и в первое послевоенное десятилетие. Но бурный рост гражданской авиации и избыток летчиков натолкнул на мысль о создании транспортной авиации, ведь куда быстрее и практичнее переправлять нужные грузы по воздуху, чем колесным или железнодорожным транспортом. Под специальные транспортные задачи (перевозка автомобилей, танков и т. п.) модифицировались уже имеющиеся военные

и гражданские самолеты путем выреза грузовых люков или организации внешней подвески для негабаритных грузов.

Большой толчок развитию транспортной авиации дала Вторая мировая война из-за потребности в оперативной воздушной перевозке грузов больших габаритов. По этой же причине требовалось наличие рампы для быстрой погрузки и выгрузки и значительной по объемам грузовой кабины. Также транспортные самолеты должны были иметь высокие взлетно-посадочные характеристики для возможности частого использования на полевых аэродромах и импровизированных площадках. Это достигалось использованием тормозных парашютов для уменьшения пробега и использованием ракетных ускорителей для снижения длины разбега. Для увеличения же подъемной силы решили использовать систему сдува пограничного слоя. К концу Второй мировой войны определились основные признаки, характерные для транспортных самолетов как отдельного класса летательных аппаратов (ЛА):

- грузовая кабина (ГК) значительных размеров, середина которой расположена вблизи центра тяжести самолета. Размеры ГК определяют размеры фюзеляжа;
- грузовой пол, обладающий значительной прочностью, позволяющий размещать колесную или гусеничную технику и другие грузы, дающие сосредоточенную нагрузку на пол, который оснащается силовыми узлами для швартовки грузов;
- грузовой люк большого размера (сравнимый с максимальным поперечным сечением грузовой кабины), открывающий доступ к заднему или переднему торцу грузовой кабины;
- грузовая рампа, позволяющая колесной или гусеничной технике загружаться в грузовую кабину своим ходом. Для этого наклон рампы обычно составляет 8...12.

Следующим же шагом стало создание грузовых самолетов на базе пассажирских. Такое явление было свойственно в особенности США, которым требовалось переправлять через океан огромное количество грузов. И эта тенденция прослеживалась вплоть до 1950-х годов [1].

Последующим этапом можно считать производство первого в мире тяжелого транспортного самолета в СССР, им стал Ан-22 с максимальной грузоподъемностью 80 тонн. Он задал темп и уже в ближайшем будущем были созданы сверхтяжелые транспортные самолеты Ан-124-100, на котором впервые в мире для самолетов данного класса было получено максимальное аэродинамическое качество $K = 18$.

Можно проследить некоторые тенденции в изменении характеристик ТС во времени (на диаграммах представлены самолеты Ar.232, Me.323, Ан-12, С-130, Ан-22, Ил-76, С-141, С-17, А400М, С-5, Ан-124, Ан-70, КС-390, С-27J, Ан-178, ВАе-146, С-1, С-160, С-295, Ан-72, С-2, Ан- 26, С-133, С-124, Short Belfast) (рисунок 1).

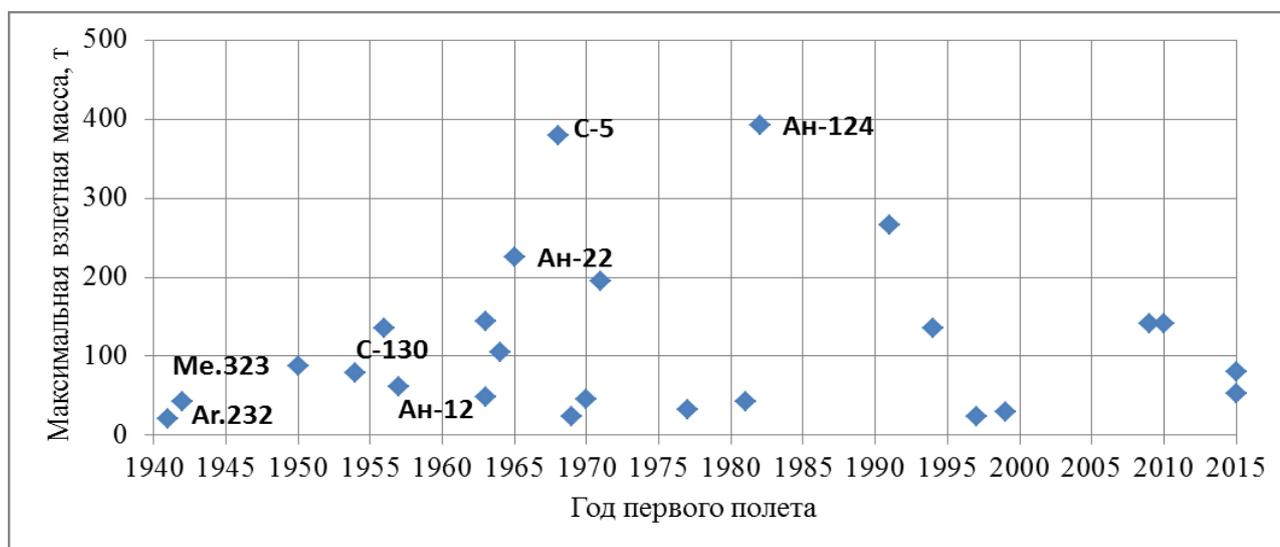


Рисунок 1 – Тенденции в изменении характеристик транспортных самолетов во времени

Как можно заметить, ближе к 1990-м годам тенденция к росту максимальной взлетной массы ясно прослеживалась в авиастроительной отрасли, все хотели самолет, который возьмет больше и пролетит дальше, чем остальные. После же виден спад активности в производстве сверхтяжелых самолетов, потому что до этого их произвели достаточное количество, а создание новых является отнюдь не дешевым делом [2].

В связи с изобилием моделей транспортных самолетов необходимо было систематизировать и разгруппировать их по различным критериям, сейчас наиболее часто применяемая классификация транспортных самолетов – по грузоподъемности и дальности полета. Она предполагает деление на три класса: легкие тактические с массой полезной нагрузки до 10 т, оперативно-тактические среднего класса грузоподъемностью 10–40 т, стратегические тяжелые грузоподъемностью более 40 т.

Самым массовым и, можно сказать, что узнаваемым самолетом транспортной авиации РФ является Ил-76 различных модификаций. Это тяжелый советский и российский транспортный самолет, разработанный в ОКБ Ильюшина, по совместительству первый транспортный самолет СССР, имеющий в качестве силовой установки 4 турбореактивных двигателя. Максимальный взлетный вес его составляет около 210 000 кг, масса топлива 109 тонн, полезной нагрузки – 60. Дальность полета при максимальной загрузке менее 4000 км, скорость на эшелоне 780–850 км/ч, а практический потолок – 13 000 м. Казалось бы, очень хорошая машина, с ресурсом около 30 000 часов или 30 лет эксплуатации. Но производство Ил-76 обходится государству ориентировочно в 5 млрд рублей, так отряд будет стоить 15 млрд, летный час оценивается приблизительно в 2,5–3 млн рублей, при этом не всегда перевозимый груз занимает весь объем грузовой кабины.

«В настоящее время происходит некоторое перераспределение потребностей сектора рынка транспортных самолетов в части увеличения потребности в легких и снижения потребности в тяжелых транспортных самолетах», – считает руководитель направления сводного анализа и контроля программ Дирекции программ военной авиации ОАК Сергей Моисеев. Это обусловлено, прежде всего, опытом боевых действий в локальных конфликтах, где зачастую возникает необходимость оперативно перебросить один-два контейнера грузов или 20–30 человек личного состава на относительно небольшие расстояния с использованием ВПП ограниченной длины в 700–800 м. Использование для этих целей средних военно-транспортных самолетов, например, С-130 нерационально с экономической точки зрения».

Поэтому особо актуальным является вопрос создания дешевого легкого рампового транспортного самолета, который будет прост и надежен.

С примером такого летательного аппарата выступило ОКБ имени Ильюшина, они представили свой Ил-112В, который должен был заменить уже устаревший парк Ан-26. Анонсирован он был первый раз в 2019 году и планировался к массовому поступлению в 2022, но после авиакатастрофы опытного образца самолета было принято решение о приостановлении разработок и смене двигателей с модификации ТВ7-117СТ на ПД-8. В качестве его достоинств можно выделить эффективность потребления топлива, она планируется быть в 2–2,5 раза выше, чем у того же Ан-26 или Ан-24. Грузоподъемность его составляет около 5 т, он имеет рампу в хвостовой части для оперативной погрузки и выгрузки тактических грузов и десантов. Также за счет широкого фюзеляжа, на его борту можно разместить два УАЗ-452, до 50 человек личного состава или 25 парашютистов с экипировкой и вооружением. Основные ТТХ данного самолета: длина 24,15 м, высота 8,89 м, размах крыла 27,6 м, диаметр фюзеляжа 3,29 м. Максимальная взлетная масса самолета 21 т, максимальная полезная нагрузка 5 т. Ил-112В развивает крейсерскую скорость 450–500 км/ч. Максимальная высота полета – 7600 м, а дальность полета с полезной нагрузкой 3,5 т – 2400 км. В качестве силовой установки хотели использовать два двигателя ТВ7-117СТ с максимальной мощностью 3500 л. с., оснащенные воздушными винтами АВ-112, но в последствии было принято решение о переходе на турбовентиляторные двигатели ПД-8.

В качестве западного аналога можно привести CASA C-295 – легкий турбовинтовой транспортный самолет производства Airbus Military. Основные ТТХ: размах крыла – 25,81 м,

длина самолета – 24,40 м, высота самолета – 8,82 м, площадь крыла – 59,10 м², масса: пустого самолета – 11 200 кг, нормальная взлетная – 20 700 кг, максимальная взлетная – 23 200 кг; топливо – 7650 л, тип двигателя – 2 ТВД Pratt Whitney Canada PW127G, мощность – 2х1975 кВт, крейсерская скорость – 482 км/ч, дальность: с 3000 кг – 4600 км; с 6000 кг – 3700 км, дальность с максимальной нагрузкой (9250 кг) – 1300 км, перегоночная дальность – 5400 км, практический потолок – 7620 м, экипаж – 2 чел, полезная нагрузка – 9700 кг.

При этом стоимость 1 единицы Ил-112В прогнозируется в районе 1 млрд рублей. Западные аналоги обходятся чуть дороже, в среднем 1,5–3 млрд. Их летный час оценивается приблизительно в 350–400 тысяч рублей. Это говорит о том, что легкие транспортные самолеты в значительной мере дешевле в производстве и эксплуатации, нежели средние и тяжелые машины данного рода авиации [3].

Таким образом, с целью экономии ресурсов и возможности более быстро решать поставленные задачи по оперативной перевозке грузов и личного состава на небольшие расстояния, а также использования ВПП протяженностью до 1 км, целесообразно и наиболее актуально в наше время создание и поставки на конвейер легких, дешевых и надежных транспортных самолетов. Грузоподъемность их должна лежать в пределах 4–9 тонн при общей максимальной массе около 20–25 тысяч килограмм, крейсерская скорость 450–600 км/ч, практический потолок до 11 км, а дальность полета до 3000 км. При этом нужно стремиться к простоте конструкции, легкости эксплуатации и дешевизне производства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антонов, О. Транспортный самолет сегодня и завтра / О. Антонов, В. Толмачев. – М., 1966. – 320 с.
2. Уголок неба [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.airwar.ru>.
3. Арутюнюев, А. Методика определения рационального облика коммерческого тяжелого рампового грузового самолета на этапе концептуального проектирования из условия его прибыльности : дис. ... канд. техн. наук / А. Арутюнюев, А. Ендогур. – М., 2017. – 40 с.

УДК 629.7.067

С.С. Ивашков, В.А. Голубев, В.В. Дворников

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

К ВОПРОСУ О ПРОБЛЕМЕ ОГРАНИЧЕНИЯ УГЛА АТАКИ И НОРМАЛЬНОЙ ПЕРЕГРУЗКИ НА МАНЕВРЕННЫХ САМОЛЕТАХ

В докладе описаны актуальные проблемы ограничения угла атаки (перегрузки) на маневренных самолетах. Представлены существующие способы формирования ограничителей предельных режимов. Описаны недостатки ограничителей предельных режимов.

Предотвращение выхода самолета на предельные значения параметров движения, таких как угол атаки и нормальная перегрузка, преследует цель повышения безопасности полета путем применения ограничителей предельных режимов (ОПР), которые информируют летчика и воздействуют на командный рычаг управления, препятствуя его дальнейшему перемещению. Эти системы предотвращают выход самолета на такие режимы, где появляются существенные изменения характеристик управляемости и эффективности несущих поверхностей, и имеют место особые виды движения, например сваливание и штопор, обусловленные воздействием инерционных и нелинейных аэродинамических сил [1].

На данный момент все имеющиеся ограничители предельных режимов можно разделить на две группы. К первой группе систем относятся системы, информирующие

летчика о приближении к предельному режиму полета именуемые информационными системами. Ко второй группе относятся системы, которые активно вмешиваются в управление самолета для предотвращения выхода за ограничения, именуемые активными системами.

Из существующих автоматов ограничений углов атаки и перегрузки алгоритм предупреждения летчика следующий:

- срабатывание сигнализации по достижении входным сигналом некоторого фиксированного значения;
- срабатывание с упреждением в зависимости от темпа изменения входного сигнала.

В докладе особое внимание уделяется недостаткам, так как входные сигналы от датчиков аэродинамических углов (ДАУ) и датчиков перегрузок (ДП), или датчиков линейных ускорений (ДЛУ) складываются из собственного полезного сигнала и ошибки (шума). Шумы проявляются по различным причинам: нестационарность обтекания из-за срывных явлений, изменение направления потока в месте расположения датчиков из-за изменения работы двигателя. Собственных колебаний датчиков из-за недостаточно оптимальных форм. Такие шумы имеют различную частоту и амплитуду колебаний, что приводит к «ложному срабатыванию» системы, вводя летчика в заблуждение и вероятному принятию неправильных действий.

Для устранения вероятности ложного срабатывания вводится фильтрация входных сигналов динамическим звеном второго порядка с целью ослабления высокочастотной помехи. Кроме того, вычисление производной угла атаки и перегрузки производится реальным дифференцирующим звеном. Что в свою очередь усложняет системы, а в некоторых случаях увеличивает ее объемно-массовые характеристики, которые недопустимы для маневренных самолетов.

Стоит сказать, что астатические ограничители предельных режимов имеют существенный недостаток, выявленный в процессе эксплуатации самолетов:

- наличие статической ошибки при воздействии возмущающих моментов;
- зависимость статических характеристик управляемости от аэродинамических параметров и, как следствие, изменение их при изменении запаса устойчивости;
- принципиальная невозможность устранения неустойчивости по скорости без применения специальных мер;
- необходимость организации специальных контуров управления или дополнительных устройств для ограничения предельных режимов
- невозможность превышения летчиком установленных ограничений в том случае, если это необходимо в особых случаях. А также при энергичном маневрировании с большими скоростями тангажа и ускорениями, забросы по углу атаки и перегрузке во всех случаях надежно компенсировать не удается.

Независимо от того, что на современных маневренных самолетах установлены ОПР и их вмешательство облегчает работу пилота, но она не может полностью исключить «человеческий» фактор и избежать ошибочных действий летчика. Итак, в настоящее время проблема превышения допустимого угла атаки остается актуальной. Механические ОПР маневренных самолетов не способны в полной мере решить эту проблему. Но с применением нечетких регуляторов данную проблему можно решить и избежать таких редких событий как, сваливание и разрушение конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ 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.

УДК 629.73.02

М.Е. Жданов, С.М. Баранцев

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

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРЫЛА ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ МАССЫ

При подготовке курсантов авиационных вузов на старших курсах обучения выполняются курсовые и дипломные работы по определению проектных параметров летательного аппарата и его конструктивных элементов. Проектирование заключается в определении прочности, жесткости и устойчивости конструктивных элементов, обеспечивающих сопротивляемость конструкции действующим нагрузкам, а также от недопустимо больших перемещений. Увеличение скоростей полета летательных аппаратов и диапазона, выполняемых ими задач, приводит к совершенствованию методик проектирования и расширению параметров, участвующих при создании оптимизационных алгоритмов.

Крыло самолета представляет собой статически неопределимую тонкостенную конструкцию, состоящую из обшивки и каркаса. Каркас включает в себя продольный набор (стрингеры и лонжероны) и поперечный набор (нервюры). Для обеспечения полета самолета на всех допустимых режимах эксплуатации крыло должно обладать при наименьшей массе конструкции достаточной прочностью и жесткостью. В этой связи, решение задачи прочностного расчета крыла с оптимизацией проектных параметров по критерию минимальной массы является актуальной [1].

Для проектирования крыла необходимо построение эпюр поперечных сил и изгибающих моментов по всем сечениям крыла. Для этого необходима информация о геометрии консоли крыла в зависимости от его формы. Сложность расчета геометрических данных в промежуточном сечении крыла состояла в том, что расстояния между сечениями были разными и зависели от положения точек приложения сосредоточенных массовых сил.

Цель выполненной работы – создание алгоритма проектирования крыла самолета в соответствии с критерием минимальной массы.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- определить конструктивно-силовую схему крыла;
- сформировать исходные данные, определяющие его геометрические параметры;
- определить нагрузки, действующие на крыло и построить эпюры;
- выполнить приведение крыла к коробчатому сечению и осуществить прочностной расчет верхней панели на устойчивость, а нижней на прочность методом редуцированных коэффициентов;
- разработать алгоритм, позволяющий выполнить поиск оптимальных геометрических размеров конструктивных элементов: поясов лонжеронов, стрингеров и толщины обшивки.

При создании программы были сформулированы требования к минимальному числу параметров, которые позволяют рассчитать значения геометрических данных для крыльев с различными углами стреловидности и значениями концевой хорды крыла и расположением сосредоточенной нагрузки, действующей в сечениях консоли крыла.

Для определения прочности крыла строим эпюры поперечных сил и изгибающих моментов. Найденная нагрузка позволяла перейти к расчету крыла на прочность и устойчивость. Данный расчет сводился к определению прочности и устойчивости его верхней и нижней панелей на растяжение и сжатие, и производится методом редуцированных коэффициентов. Редуцирование производилось по конструктивному элементу из наиболее прочного материала.

Разработанный алгоритм представлен на рисунке 1.

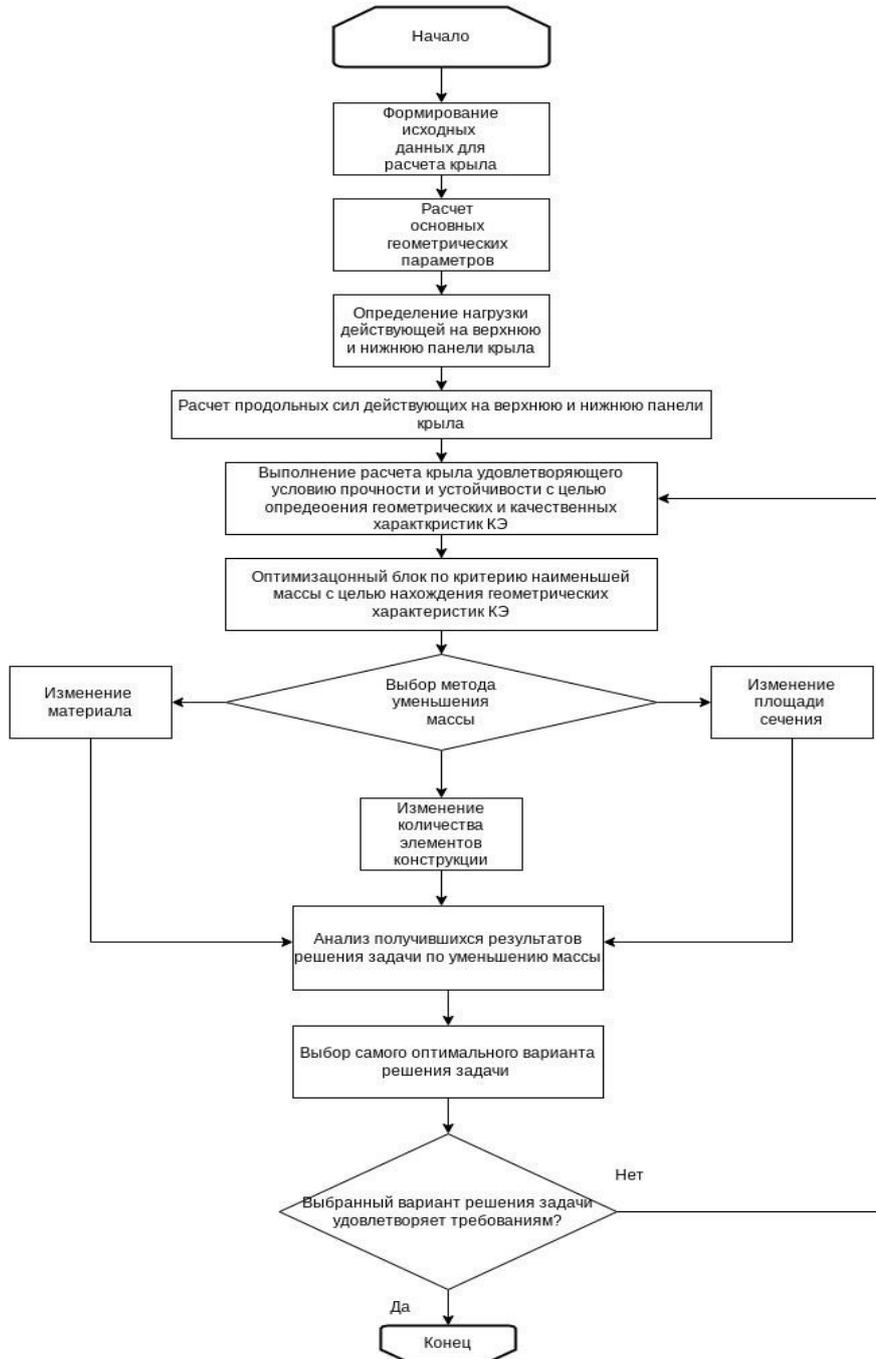


Рисунок 1 – Блок-схема проектирования крыла

Целью расчетов является выполнение оптимизации конструкции крыла по критерию минимальной массы, при его невысокой стоимости. Анализ результатов позволил определить материал, геометрические характеристики и их количество для создания крыла минимальной массы. Данный алгоритм позволяет выполнить определение проектных параметров самолета на стадии проектирования, а также при выполнении курсовых и дипломных проектов. Использование разработанного алгоритма позволит сократить не только стоимость затрат на его изготовление, но и сроки проектирования

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Строительная механика боевых летательных аппаратов: учебник / С. М. Баранцев [и др.]. – Воронеж : ВУНЦ ВВС ВВА, 2020. – 327 с.

УДК 629.7.063.017

И.И. Завялик, Е.Д. Белецкий, М.С. Стороженко

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

ОБЕЗВОЖИВАНИЕ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ТОПЛИВНЫХ, ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И МАСЛЯНЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Эксплуатационно-технические характеристики (надежность, безопасность полета, контролепригодность, эксплуатационная и ремонтная технологичность) авиационной техники (АТ) во многом зависит от качества рабочих жидкостей (РЖ), используемых в топливных, гидравлических и масляных системах. Большинство отказов и неисправностей агрегатов гидросистем воздушного судна (ВС) обусловлены наличием в рабочих жидкостях (РЖ) загрязнений.

Загрязнениями считаются разнообразные по природе твердые частицы, жидкие и газообразные примеси, а также микроорганизмы, наличие которых ухудшает физико-химические свойства РЖ, применяемых в современных ВС.

Загрязнения поступают в топливные, гидравлические и масляные системы различными способами, основными из которых являются:

- эксплуатационные (возникающие в процессе эксплуатации);
- технологические (возникающие в процессе ремонта и технического обслуживания систем вертолета);
- операционные (образуются при транспортировании, хранении, а также заправке и зарядке систем).

К числу нежелательных загрязнений РЖ относится вода, присутствие которой в нефтепродуктах – браковочный показатель качества [1]. Систематическое удаление механических примесей и воды из масел и специальных жидкостей позволит продлить срок службы РЖ, функциональных систем ВС и технологического оборудования.

Вода представляет особую опасность для топливных, гидравлических и масляных систем ВС. Попадая в топливные, гидравлические системы ВС вода становится одним из неконтролируемых факторов их отказа. Основными последствиями наличия воды в гидросистемах являются:

- вода в нефтепродуктах оказывает отрицательное воздействие на этапах транспортировки, хранения, перекачки и очистки. Это в первую очередь, коррозионное поражение элементов хранилищ, трубопроводов, агрегатов и загрязнение РЖ продуктами коррозии, а также создание жизненных условий для микроорганизмов, понижение термоокислительной стабильности, ухудшение фильтруемости и прокачиваемости, повышение электризуемости при прокачке;
- наличие свободной воды и эмульсионной воды в реактивном топливе ВС при понижении температуры в полете приводит к обмерзанию топливных фильтров;
- свободная вода в РЖ активизирует окислительно-восстановительные процессы, протекающие в баках и агрегатах топливных, гидравлических и масляных систем, а это приводит к потере прочности элементов конструкции и снижению ресурса и срока службы;
- незначительное содержание воды в авиационных маслах приводит к увеличению пенообразования, резко интенсифицирует износ трущихся пар прецизионных пар агрегатов.

Применяемые мероприятия по осушке жидкостей не в полной мере обеспечивают требуемый уровень обезвоживания РЖ, исключая отказы и недоработки ресурса по этой причине. Поэтому для повышения эффективности «осушки» и очистки РЖ, используемых при эксплуатации ВС необходимо:

- проведение исследований динамики обводненности РЖ топливных, гидравлических и масляных систем ВС с учетом стадий жизненного цикла, таких как, изготовление, транспортировка, хранение, подготовка и эксплуатация;
- разработка методики тестирования РЖ, заключающаяся в применении конкретной технологии обезвоживания к конкретной РЖ;
- создание нетрадиционных средств очистки с использованием различных физических явлений.

В процессе измерения расхода РЖ на технических средствах заправки, перекачки и транспортировки возможно использование расходомера с емкостным датчиком, определяющим качественно и количественно содержание воды и механических примесей в перекачиваемой РЖ. Принцип работы емкостного датчика основан на использовании конденсаторного измерительного преобразователя, позволяющего предоставлять измерительную информацию об объемах воды и частиц механических примесей, содержащихся в перекачиваемой РЖ.

Экономическая целесообразность обезвоживания РЖ аппаратуры топливных, гидравлических и масляных систем ВС обусловлена следующим:

- увеличением срока службы и надежности работы гидроаппаратуры, вследствие уменьшения загрязненности и обводненности, т. е. повышения чистоты РЖ;
- экономией нефтепродуктов за счет продления сроков службы масел и специальных жидкостей, снижением объемов отбраковки;
- отсутствием затрат на малоэффективные и энергоемкие методы осушки;
- повышением качества выпускаемой продукции за счет применения в процессе изготовления и промывки очищенных масел и специальных жидкостей.

Таким образом, в настоящее время является актуальной задача разработки и совершенствования ресурсосберегающих технологий применения авиационных топлив, масел и специальных жидкостей, которые позволят повысить надежность топливных, гидравлических и масляных систем ВС и непосредственно самих РЖ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тимеркеев, Р. Г. Промышленная чистота и тонкая фильтрация рабочих жидкостей летательных аппаратов / Р. Г. Тимеркеев, В. М. Сапожников. – М. : Машиностроение, 1986. – 152 с.

УДК 621.313.629.73

А.Г. Капустин

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

К перспективным воздушным судам относятся, так называемые, самолеты с полностью электрифицированным оборудованием. Стремление к созданию таких самолетов появилось в результате исследований по программе энергетически эффективного самолета All Electric Aircraft. Одной из особенностей этого самолета является замена всех видов энергии (гидро-, пневмо-, электроэнергии) на борту самолета на электрическую энергию. Это, по мнению специалистов, обеспечит улучшение аэродинамических характеристик самолета, увеличение дальности полета, снижение массы авиадвигателя и самолета, улучшение режимов работы силовой установки, уменьшение расхода топлива и т. д. [1, 2, 3].

Реализация этой программы коренным образом скажется на принципах построения и особенностях функционирования основных бортовых систем и агрегатов самолета В частности, реализация концепции All Electric Aircraft предполагает существенное изменение облика силовой

установки самолета вследствие ликвидации отбора воздуха для системы кондиционирования и противообледенительной системы, устранения пневмо- и гидросистем, интеграции источника электрической энергии с авиационным двигателем, широкого применения электропривода в системах управления авиадвигателем и т. д. [2, 3, 4]. Электрифицированный авиадвигатель не будет иметь коробки приводов. В электрической системе запуска авиадвигателя предполагается применение встроенного стартер-генератора. Вспомогательная силовая установка при этом будет использоваться только для генерирования электрической энергии.

В последние десятилетия уже появились воздушные суда с повышенным уровнем электрификации: Airbus A380 и Boeing 787 Dreamliner, истребитель F-35, беспилотный летательный аппарат «Барракуда» и другие, на которых реализованы многие положения концепции All electric aircraft.

Повышение уровня электрификации на самолете с полностью электрифицированным оборудованием, естественно, будет сопровождаться увеличением мощности как источников электрической энергии, так и системы электроснабжения в целом. Исследования показали, что мощность системы электроснабжения увеличится примерно в 2–3 раза в зависимости от типа воздушного судна, а мощность одного канала генерирования может достигать 300 кВА [3, 5, 6].

Поэтому важным фактором является выбор аварийных источников питания, к которым относятся аккумуляторные батареи. Характеристики и области использования бортовых авиационных аккумуляторных батарей (АБ) зависят от многих факторов – как технических, так и экономических.

Начиная с 2009 года на воздушных судах типа Boeing 787, A350, A380, Citation Jet 4 и др., началась эксплуатация литий-ионных батарей (Li-Ion), которые при заданной мощности меньше по габаритам и легче прочих типов аккумуляторов (приблизительно в 2 раза легче никель-кадмиевых) [4, 5]. Требования к перспективным авиационным батареям и технологиям их изготовления определяются требованиями по улучшению массовых характеристик и созданию систем электроснабжения высокого напряжения, обусловленных электрификацией самолетов при переходе от гидравлических и пневматических исполнительных систем на электрические. На сегодня только литий-ионные батареи подходят для решения такой задачи и в состоянии обеспечить более высокие уровни напряжения. В свете этих подходов и разработаны литий-ионные батареи, которые смогут отвечать таким новым требованиям [5, 6].

Литий-ионных батареи считаются одними из самых перспективных источников автономного питания, но при этом до сих пор остаются одними из самых дорогих. Они имеют высокую энергетическую плотность, порядка 100 Вт·ч/кг, и обеспечивают примерно 300–500 циклов «заряд-разряд». Аккумуляторы имеют очень низкую скорость саморазряда (примерно 3 % – 5 % в первый месяц, затем уменьшение до 1 % – 3 % в месяц, дополнительно около 3 % потребляет схема управления). Кроме того, при одинаковых габаритах литиевые батареи работают втрое дольше, по сравнению с Ni-Cd аккумуляторами, и у них отсутствует «эффект памяти», то есть их не надо полностью разряжать до конца перед перезарядкой. Эти батареи необходимо хранить в заряженном состоянии, так как у них имеется эффект старения, даже если аккумулятор не используется. К недостаткам можно отнести зависимость емкости от температуры (при низких температурах время работы таких батарей существенно уменьшается); высокая цена и пожароопасность. Известно, что в 33 случаях возгорания аккумуляторных батарей на борту воздушных судов, зафиксированных FAA, в 80 % случаев были виноваты именно литий-ионные батареи. Пожароопасность этих батарей проистекает из-за наличия в аккумуляторе катода, сделанного из литий-кобальтового оксида LiCo₂. Оказалось, что при нагреве литий-кобальтовый оксид начинает разлагаться с выделением кислорода, который начинает активно «выжигать» полимерный электролит. Температура еще более повышается, процесс переходит в соседние ячейки аккумулятора, и начинается цепная реакция, которая протекает как самоускоряющийся процесс, приводящий к пожару батареи. Этот процесс называется «тепловым разгоном» батареи или «процессом вредного

цикла» и заканчивается он, как правило, пожаром батареи. Начаться «тепловой разгон» может из-за чрезмерного заряда батареи, вызывающего ее разогрев [3, 4, 6].

Для устранения этого явления литий-ионные батареи, катод которых сделан из литий-кобальтового оксида, заменили более современным литий-фосфатными, катод которых гораздо более устойчив к нагреву, а сама батарея заметно менее подвержена термическому разгону. Кроме того, эти батареи имеют «банки» с менее плотной компоновкой элементов, что в теории уменьшает риск развития термического разгона. Также ведутся работы по созданию негорючих литиевых батарей с электролитом, который будет неподвержен быстрому окислению. Для обеспечения пожарной безопасности каждый аккумулятор должен быть оборудован электрической микроконтроллерной системой управления, чтобы ограничить максимальное напряжение каждого элемента во время зарядки и предотвратить критичное понижение напряжения элемента при разряде. Кроме того, системой ограничивается максимальный ток заряда-разряда и контролируется температура элемента батареи.

Еще одной из последних разработок в литиевой технологии являются Li-Polymer аккумуляторы. Потенциально они дешевле Li-Ion аккумуляторов, но на сегодняшний день все же остаются дорогими источниками питания. Эти аккумуляторы весьма компактны и легки. По конструкции они подобны своим предшественникам, но используют гелиевый электролит, поэтому могут иметь нестандартную форму. Эти источники обладают высокой энергетической плотностью (до 160 Вт·ч/кг) и малым током разряда, причем нынешние образцы имеют очень большое количество циклов «заряд-разряд» – около 1000. Принципиально Li-Ion и полимерно-литиевые аккумуляторы не различаются, но последние имеют одно важное преимущество: их рабочим веществом является гель (смесь полимера и электролита) и поэтому утечка жидкости становится просто невозможной [2, 3, 4].

В настоящее время разработаны специальные силовые литий-полимерные аккумуляторы, которые могут отдавать ток в 10 и более раз, превышающий численное значение емкости.

Преимущества литий-полимерных аккумуляторов: большая плотность энергии на единицу объема и массы; низкий саморазряд; малая толщина элементов (от 1 мм); возможность получать очень гибкие формы; небольшой перепад напряжения по мере разряда; количество рабочих циклов – от 300 до 500.

Недостатки литий-полимерных аккумуляторов: более высокая стоимость по сравнению с NiCd аккумуляторами; аккумуляторы пожароопасны при перезаряде или при перегреве (во избежание этого эффекта литиевые аккумуляторы должны быть снабжены встроенным микроконтроллером, который контролирует заряд аккумулятора по специальному алгоритму, не допуская его перезаряд и перегрева); диапазон рабочих температур литий-полимерных аккумуляторов ограничен (они плохо работают при отрицательных температурах); 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 °С до 10 °С. Перезаряд уменьшает емкость таких аккумуляторов.

Кроме того, предлагается использовать для запаса энергии, как дополнение к традиционным аккумуляторам, суперконденсаторы (их еще называют ионисторами) и топливные химические элементы. Ионистор представляет собой нечто среднее между традиционным конденсатором и химическим источником тока. Главная особенность ионистора – использование пористых материалов вроде активированного угля или вспененных металлов. Достоинства – долговечность, а главное, большие токи зарядки и разрядки [2, 3, 4, 6].

Таким образом, в ближайшей перспективе не следует ожидать применения на борту воздушных судов новых электрохимических систем аккумуляторных батарей. Вместе с тем несомненной является необходимость дальнейшего совершенствования конструкции уже хорошо освоенных промышленностью аккумуляторных батарей, рассмотренных выше

типов. Наиболее вероятны два направления совершенствования аккумуляторных батарей. Первое – улучшение конструкции и совершенствование технологии производства аккумуляторов и батарей. Второе – разработка принципиально новых аварийных систем электроснабжения, обеспечивающих существенное повышение безопасности полета воздушных судов. Для этого в полете необходимо непрерывно контролировать состояние аккумуляторных батарей, как аварийных источников электроэнергии. Кроме того, важно обеспечить подзаряд батарей в полете по определенной программе, если, например, перед вылетом значительная часть емкости батарей была израсходована. Решение такой задачи возможно лишь при наличии определенных датчиков в самой аккумуляторной батарее. Следовательно, в конструкции аккумуляторных батарей возможно появление новых элементов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Newsru.com [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.newsru.com/world/25jan2013/dreamliner.html>.
2. Деловой авиационный портал ato.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ato.ru/blogs/blog-alekseya-sinickogo/kak-boeing-nadeetsya-reshit-problemu-s-litiumnymi-batareyami-dlya>.
3. Aircraft Electrical Power Systems – Charged with Opportunities [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.aerospace.frost.com.
4. European Aeronautic Defense and Space Company [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.airbus.com.
5. McLoughlin, Adam. More Electric Aircraft Forum. Engine Powerplant Electrical Systems. 2009 MOET Project Consortium [Электронный ресурс] / Adam McLoughlin. – Режим доступа: www.moetproject.eu.
6. Abdelhafez, A. A. A Review of More-Electric Aircraft / A. A. Abdelhafez, A. J. Forsyth // 13th International Conference on AEROSPACE SCIENCES & AVIATION TECHNOLOGY, ASAT-13, May 26–28, 2009. – М., 2009. – P. 23–35.

УДК 629.135

В.Н. Макаренко, Г.С. Киселев

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

К ВОПРОСУ ЗЕМНОГО РЕЗОНАНСА

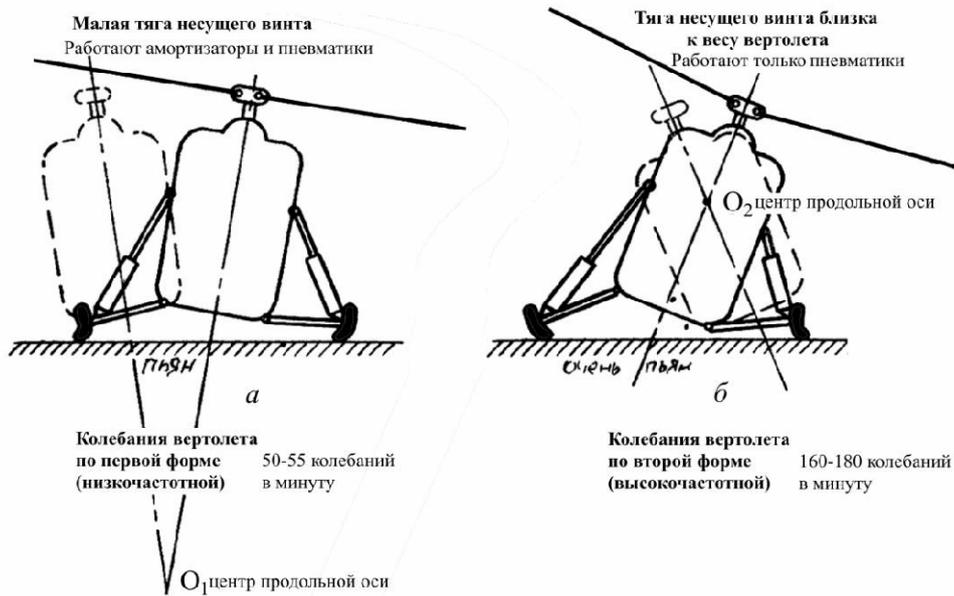
Земным резонансом называют самовозбуждающиеся колебания вертолета на шасси, сопровождающиеся колебаниями лопастей несущего винта (НВ) в плоскости его вращения. Они происходят с резко возрастающей амплитудой и могут привести к разрушению вертолета. Колебания возбуждаются неуравновешенной центробежной силой лопастей НВ. Начальное смещение лопастей может быть вызвано резким порывом ветра, грубой посадкой, наездом одного из колес главной опоры шасси (ГОШ) на неровность и т. д. [1].

Земной резонанс представляет собой поперечные колебания. Для одновинтового вертолета характерны две формы поперечных колебаний на шасси:

- колебания вокруг продольной оси, расположенной на значительном расстоянии под центром масс (рисунки 1, а), которые называются колебаниями *первой* формы;
- колебания вокруг продольной оси, проходящей около центра масс вертолета (рисунки 1, б), или колебания *второй* формы.

Различие форм колебаний объясняется разной жесткостью шасси при обжатой и не обжатой амортизации. При малой тяге НВ, когда нагрузка на стойки значительна, их

упругость определяется совместными деформациями амортизаторов и пневматиков. При этом наблюдаются колебания вертолета *первой* формы. Частота таких колебаний обычно мала (примерно 55...55 колебаний в минуту). При колебаниях по первой форме вертолет раскачивается на шасси, перемещаясь параллельно земной поверхности.



a – колебания по первой форме; *б* – колебания по второй форме

Рисунок 1 – Земной резонанс вертолета

Когда тяга НВ почти равна весу вертолета, штоки амортизаторов выходят до упора. При этом амортизатор ведет себя как жесткая тяга и упругость шасси определяется только пневматиками. Вертолет может колебаться только за счет обжатия пневматиков, поворачиваясь относительно центра масс, то есть по *второй* форме колебаний. Поскольку жесткость шасси при неработающих амортизаторах гораздо больше, то частота колебаний второй формы существенно выше (160...180 колебаний в минуту).

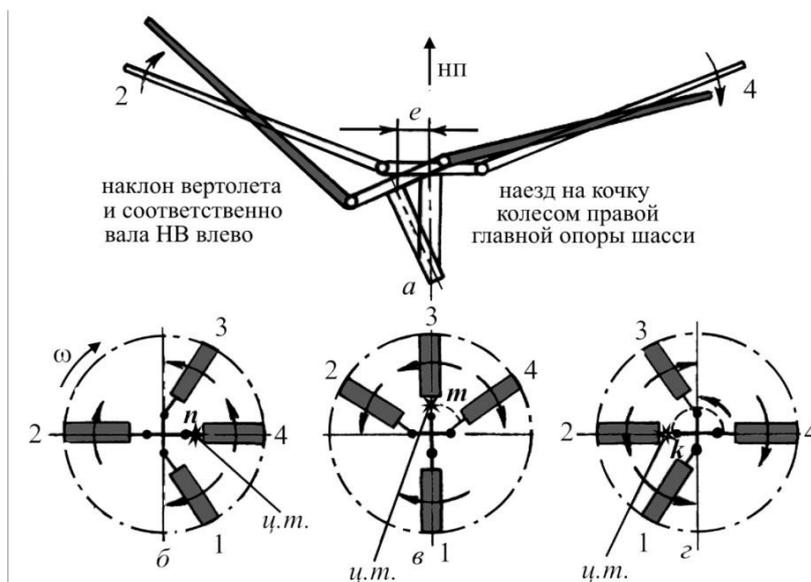
Процесс возникновения и развития колебаний типа «земной резонанс» поясняет рисунок 2. Предположим, что вследствие наезда на кочку колесом правой ГОШ вертолет резко накренился влево и втулка НВ сместилась на величину *e* (рисунок 2, *a*).

Для наглядности рассуждений будем считать, что в этот момент лопасти 1, 2, 3 и 4 находились соответственно в азимутах 0° , 90° , 180° и 270° . В силу инерции при резком отклонении втулки НВ лопасти 1 и 3 повернутся относительно ВШ (рисунок 2, *б*), угол взмаха лопасти 2 увеличится, а лопасти 4 уменьшится (рисунок 2, *a*). В результате центр масс НВ окажется смещенным от оси вращения в некоторую точку *n*, что приведет к появлению неуравновешенной центробежной силы. Вследствие вращения НВ и колебаний лопастей под воздействием центробежных и кориолисовых сил общий центр масс лопастей перемещается по окружности вокруг оси вала НВ (рисунок 2, *в*, *г*).

При этом вращающаяся неуравновешенная центробежная сила начинает раскачивать вертолет. При совпадении частоты ее вращения с частотой собственных колебаний вертолета на шасси наступает *резонанс*. Это приводит к дальнейшему увеличению раскачки вертолета и возникновению самовозбуждающихся колебаний (*земного резонанса*). Источником энергии, обеспечивающим развитие колебаний, являются силовая установка (СУ) вертолета и вращающийся НВ.

Для предотвращения земного резонанса необходимо вывести частоты собственных колебаний вертолета на шасси за пределы рабочего диапазона частоты вращения НВ. Исходя из этого, амортизация вертолетов проектируется таким образом, чтобы частота колебаний

вертолета на шасси по *второй* форме была выше частоты вращения НВ, а по *первой* форме – ниже [2].



a – изменение угла взмаха лопастей; *б* – положение лопастей в момент накренения вертолета; *в* – положение лопастей через 1/4 периода их колебаний относительно ВШ; *г* – положение лопастей через 1/2 периода их колебаний относительно ВШ; *n, m, k* – положения центра масс НВ

Рисунок 2 – Колебания лопастей при земном резонансе

Первая задача решается путем применения более жестких пневматиков, особенно на сопротивление боковым смещениям. Снижение частоты колебаний вертолета по первой форме возможно за счет уменьшения жесткости амортизаторов.

Однако в процессе раскрутки НВ при определенной частоте его вращения создаются условия для земного резонанса по *первой* форме. В случае возникновения нарастающих колебаний вертолета необходимо быстро уменьшить шаг и частоту вращения НВ. Если колебания при этом не прекращаются, следует выключить двигатели.

Земной резонанс по *второй* форме может возникнуть при превышении максимальной частоты вращения НВ или же при снижении собственной частоты колебаний вертолета по *второй* форме вследствие повышенной скорости руления и неправильной зарядки пневматиков и амортизаторов.

Для устранения земного резонанса кроме разведения частот необходимо соответствующее демпфирование колебаний лопастей в плоскости вращения и колебаний вертолета на шасси. Демпфирование колебаний лопастей осуществляется с помощью гидравлических демпферов. Рассеивание энергии колебаний вертолета происходит в амортизаторах главных опор шасси.

Для рассеивания энергии колебаний по *первой* форме используются амортизаторы с увеличенным торможением жидкости на обратном ходе. Площадь отверстия для жидкости на прямом ходе выбирается из условий посадочного удара, а на обратном – из условий предотвращения земного резонанса.

В амортизаторах современных вертолетов используются специальные противорезонансные клапаны, которые устанавливаются в диафрагме штока амортизационной стойки. Применение противорезонансных клапанов обеспечивает демпфирование колебаний вертолета и оптимальный уровень нагрузок при посадке.

Земной резонанс по *второй* форме происходит при малой нагрузке на стойки, недостаточной для обжатия амортизаторов, поэтому они не рассеивают энергию колебаний. Для демпфирования этих колебаний необходимы дополнительные амортизаторы *низкого*

давления, работающие при малых нагрузках на стойки. По этой причине на вертолетах широко используются двухкамерные амортизаторы. Начальное давление газа и площадь сечения штока амортизатора низкого давления выбираются такими, чтобы он полностью обжимался до начала обжатия амортизатора высокого давления. Благодаря этому при малых нагрузках на шасси будет работать только амортизатор низкого давления. При больших нагрузках он полностью обжимается и колебания демпфируются амортизатором высокого давления.

Наиболее опасны неисправности гидродемпферов вертикальных шарниров лопастей несущего винта. К возникновению земного резонанса может привести также неправильная зарядка пневматиков и амортизаторов шасси. Наиболее опасными ошибками в пилотировании являются случаи грубой посадки на одну стойку ГОШ или отрыв одного колеса при взлете с разбегом, руление при сильном боковом ветре.

Таким образом, рассмотренные выше конструктивные мероприятия при правильной эксплуатации вертолета гарантируют подавление колебаний типа «земной резонанс». Однако нарушение правил эксплуатации шасси, несущей системы и ошибки в пилотировании могут вызвать эти опасные колебания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фатеева, С. С. Основы конструкции вертолетов под редакцией / С. С. Фатеева. – М. : Воениздат, 1990. – 380 с.
2. Вертолеты : справочник по аэродинамике, динамике полета, конструкции, оборудованию и технической эксплуатации / А. М. Володко [и др.] ; под ред. А. М. Володко. – М. : Воениздат, 1992. – 557 с.

УДК 004.925.83

А.А. Колот, П.С. Костин, В.В. Дворников

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

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ОСНОВНОЙ ОПОРЫ И ТОРМОЗНОГО КОЛЕСА САМОЛЕТА

В работе рассмотрен вариант повышения качества эксплуатации летательного аппарата посредством внедрения в рабочий процесс трехмерных моделей.

Летательный аппарат – это сложная механическая система, которая состоит из множества элементов, агрегатов и механизмов, в которой самостоятельно, без учебных пособий и наглядных примеров разобраться практически невозможно. Данный процесс усложняет тот факт, что большинство элементов невозможно увидеть, не разобрав или разрушив конструкцию. С данной проблемой сталкивается инженерно-технический состав при обслуживании летательного аппарата. В связи с этим, в целях повышения удобства и качества обслуживания, для наглядного примера и использования модели в процессе эксплуатации авиационной техники, было принято решение о создании базы для формирования наглядного учебного пособия по изучению основной опоры шасси самолета и двух тормозных колес, в виде 3D-модели с применением программы Blender 3D. 3D-модель не занимает места и позволяет рассмотреть, как деталь выглядит в общем виде, так и каждый ее элемент по отдельности [1].

Blender 3D – программа для 3D моделирования, анимации, визуализации и создания визуальных эффектов. Визуализация выполняется компьютером, который обеспечивает сцену и создает набор растровых изображений, которые в последующем анимируются и при

рендере (рендер или отрисовка – процесс получения изображения по модели с помощью компьютерной программы) создается секвенция изображений – кадров, которые переводятся в видео файл.

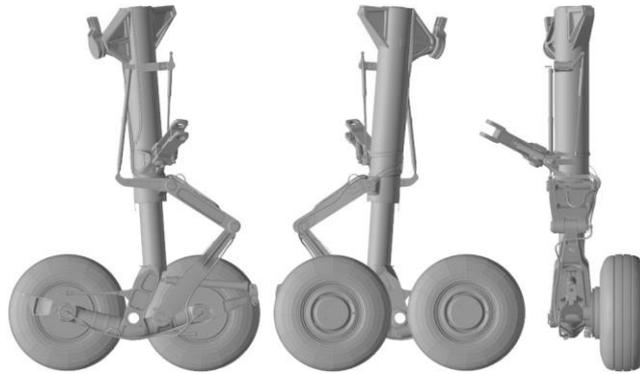


Рисунок 1 – Опора шасси (три вида)

В процессе работы были детально смоделированы два тормозных колеса, включающих в себя:

- пневматик;
- пакет тормозных дисков;
- вентилятор;
- уплотнительные элементы;
- направляющие;
- тахогенератор;
- барабан с ребордой и стопорным кольцом;
- корпус диска тормоза с блоком цилиндров;
- опорные роликовые подшипники;
- элементы крепления и фиксации.



Рисунок 2 – Тормозное колесо в разнесенном виде

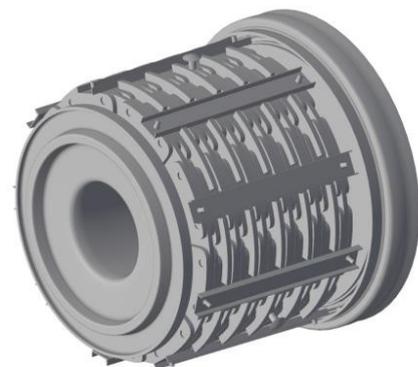


Рисунок 3 – Пакет тормозных дисков на корпусе тормоза

И основная опора шасси, в которую входят такие элементы как:

- амортизатор;
- балка;
- тормозные тяги;
- пяточный амортизатор;

- трубопроводы гидросистемы и электрические кабели;
- тяга запрокидывания;
- элементы крепления стойки к фюзеляжу;
- элементы крепления и фиксации.

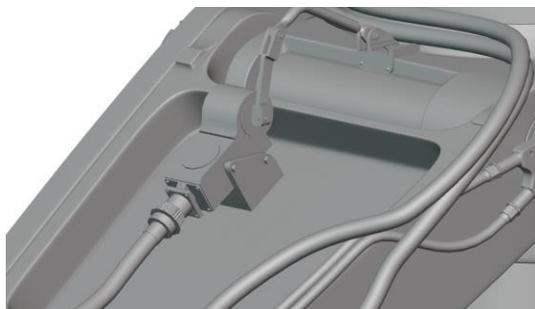


Рисунок 4 – Датчик перегрузки на двузвеннике

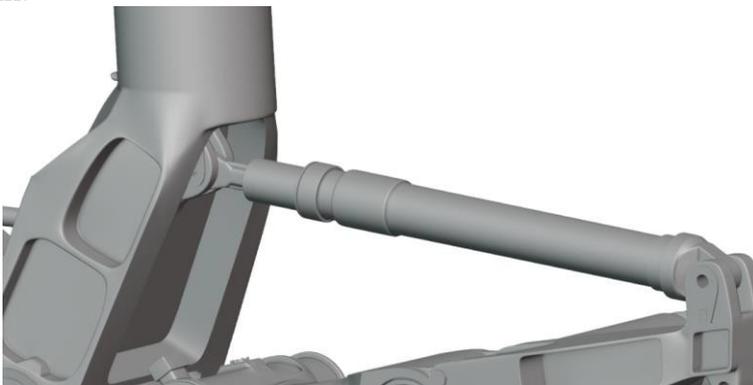


Рисунок 5 – Пяточный амортизатор

Достоинством 3D-модели является гибкость ее применения, например:

- создание анимационного ролика, в котором отражены принципы работы отдельного агрегата, механизма или системы в целом;
- интерактивное приложение с возможностью детально рассмотреть, с разных ракурсов каждый ее элемент;
- использование рендеров в качестве графической части для их последующей интеграции в технологические карты [2, 3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горелик, А. Г. Самоучитель 3ds max / А. Г. Горелик. – М., 2020. – 156 с.
2. Слаква, А. Д. Инструменты моделирования в Blender / А. Д. Слаква. – М., 2021. – 207 с.
3. Слаква, А. Д. Руководство по Cycles / А. Д. Слаква. – М., 2019. – 318 с.

УДК 004.925.83

А.А. Колот, П.С. Костин, В.В. Дворников

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

ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА

В работе рассмотрен вариант повышения удобства эксплуатации летательного аппарата посредством внедрения в рабочий процесс трехмерных моделей.

В процессе эксплуатации инженерный состав сталкивается с рядом трудностей, связанных со сложностью конструкции тех или иных систем. Одной из жизненно важных для летательного аппарата является гидравлическая система. В связи с этим принято решение о создании трехмерной электронной модели гидравлической системы самолета при помощи программы Blender 3D [1].

Blender 3D – программа для 3D моделирования, анимации, визуализации и создания визуальных эффектов. Визуализация выполняется компьютером, который обеспечивает сцену и создает набор растровых изображений, которые в последующем анимируются и при рендере (рендер или отрисовка – процесс получения изображения по модели с помощью

компьютерной программы) создается секвенция изображений – кадров, которые переводятся в видео файл.

Для ознакомления с системой в руководствах по технической эксплуатации представлены принципиальные схемы гидросистемы с ее подробным описанием. Гораздо нагляднее рассматривать эту систему непосредственно на самолете, но тут возникает проблема удобства, ведь большинство агрегатов скрыты под обшивкой фюзеляжа планера и недоступны для взгляда наблюдателя. Для решения этой проблемы поставлена задача, позволить, используя модель, легко определить взаимосвязь между агрегатами системы и их фактическое расположение на самолете [2].



Рисунок 1 – Обвод планера самолета

В ходе создания трехмерной модели был смоделирован планер самолета, смоделированы и размещены в обводы планера такие элементы системы как:

- гидробак;
- гидронасос;
- гидроаккумулятор;
- гидравлические фильтры;
- топливомасляный теплообменник;
- двигатель;
- выносная коробка агрегатов;
- двигательная коробка агрегатов.

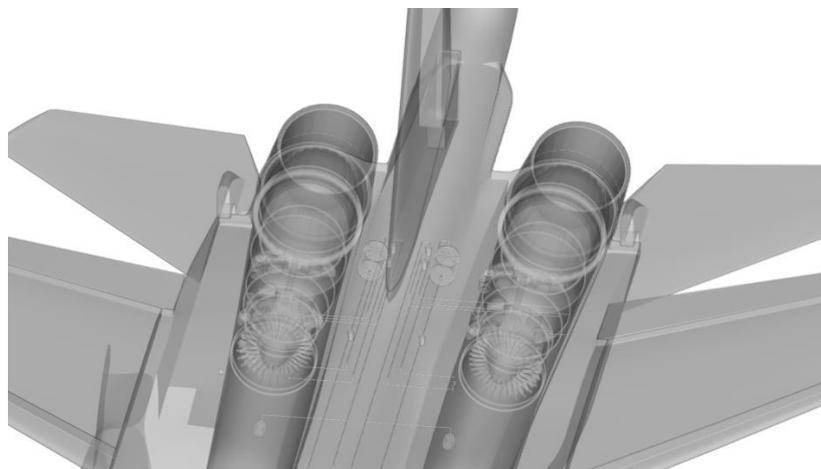


Рисунок 2 – Элементы гидросистемы на прозрачном планере

Достоинством 3D-модели является гибкость ее применения, например:

- создание анимационного ролика, в котором отражены принципы работы отдельного агрегата, механизма или системы в целом;
- интерактивное приложение с возможностью детально рассмотреть, с разных ракурсов каждый ее элемент;
- использование рендеров в качестве графической части для их последующей интеграции в технологические карты [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горелик, А. Г. Самоучитель 3ds max / А. Г. Горелик. – М., 2020. – 156 с.
2. Слаква, А. Д. Инструменты моделирования в Blender / А. Д. Слаква. – М., 2021. – 207 с.
3. Слаква, А. Д. Руководство по Cycles / А. Д. Слаква. – М., 2019. – 318 с.

УДК 629.7.063.017

И.И. Завялик, Р.С. Корчагин, А.Н. Школьников

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

ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРО-ГАЗОВЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Управление воздушных судов (ВС) представляет собой сложный комплекс электромеханических и гидравлических систем (ГС), узлов, элементов и агрегатов.

Надежная работа гидропривода ВС определяется конструктивным совершенством, качеством изготовления элементов и агрегатов, уровнем технической культуры их обслуживания, обеспечением чистоты рабочей жидкости (РЖ), технологической последовательностью и высокой точностью выполнения монтажно-демонтажных, регулировочных и проверочных работ.

Статистика показывает, что в процессе эксплуатации имеют место отказы агрегатов ГС вследствие загрязнения РЖ. Мелкие частицы механических примесей, попадая в ГС ВС, проникают в распределительные устройства, вызывают увеличение сил трения в золотниковых парах агрегатов, а в отдельных случаях – их заклинивание.

Соблюдение требований к чистоте ГС в процессе эксплуатации ВС позволяет повысить ее безотказность и уменьшить эксплуатационные расходы в среднем на 50 %. Решение проблемы чистоты РЖ ГС – сложная комплексная задача, разрешимая только при одновременном выполнении очистки агрегатов и систем от загрязнений, РЖ от механических примесей и контроля загрязненности самой жидкости.

Для оценки загрязненности РЖ используются такие показатели, как масса частиц загрязнений в единице объема РЖ (мг/л или %) и объем механических примесей в единице объема РЖ. Объемный показатель загрязненности C выражается в процентах и определяется выражением

$$C = \frac{V_{\text{загр}}}{V_{\text{пробыРЖ}}} 100 \%, \quad (1)$$

где $V_{\text{загр}}$, – количество частиц различных размеров загрязнений в единице объема РЖ; $V_{\text{пробыРЖ}}$ – объем РЖ.

В процессе эксплуатации ГС фильтры обеспечивают требуемую кондиционность РЖ, работая в режимах полнопоточной или пропорциональной фильтрации в различных линиях

ГС ВС. В то же время чистота ГС напрямую связана с ее герметичностью, поскольку замена или дозаправка масла всегда связана с внесением в систему дополнительных загрязнений.

Основные методы контроля содержания твердых частиц в РЖ гидравлических самолетных систем основаны на:

- использовании сил тяжести;
- эффекта рассеивания света твердыми частицами (визуальные, оптические и фотоэлектрические методы);
- измерении электропроводности или диэлектрической проницаемости частиц загрязнений и разности массовой плотности частиц и РЖ (ультразвуковые методы).

Одним из методов соответствия кондиционности РЖ является использование счетчика частиц загрязнений. При этом проба масла отбирается, как правило, из сливной линии перед фильтром через некоторое время после выключения ГС с целью обеспечения необходимого уровня перемешивания РЖ. Широкое распространение получили приборы для непрерывного контроля массовой концентрации загрязнений в РЖ. Большое применение получили отечественные приборы для проверки чистоты рабочей жидкости ПКЖ-902, АС-110 и ряд других, а среди зарубежных наиболее распространены приборы фирмы «Parker» и «Hydak». Принцип действия этих приборов основан на измерении емкости конденсатора датчика, которая изменяется пропорционально общему количеству различного рода загрязнений в контролируемом потоке РЖ [1].

В основе работы ПКЖ-902 заложен принцип гидравлической развертки пробы РЖ при проливке ее через мерный капилляр. В процессе эксплуатации прибора предусмотрены два возможных варианта контроля чистоты РЖ:

- контроль отдельных проб жидкости;
- контроль чистоты жидкости в потоке.

Для снижения систематических погрешностей, возникающих по причине содержания газа в РЖ, в данном приборе установлен циклон-сепаратор и датчик контроля статического давления.

Поскольку приведенные в ГОСТ 17216–2001 соотношения между количествами частиц различных размерных групп в РЖ обычно не соблюдаются, допускается устанавливать классы чистоты 8–14 по индексу загрязненности z , который вычисляют по формуле [2]

$$z = (10n_{10} + 25n_{25} + 50n_{50} + 100n_{100} + 200n_{200} + 400n_B) \cdot 10^{-3}, \quad (2)$$

где n_{10} , n_{25} , n_{50} , n_{100} , n_{200} , n_B – число частиц и волокон в 100 см^3 РЖ размером частиц соответственно в интервалах $5 \dots 10$, $10 \dots 25$, $50 \dots 100$, $100 \dots 200$ мкм.

Таким образом, при контроле кондиционности РЖ важную роль играет выбор места слива пробы или установки приборов автоматизированного контроля. Это место должно быть не только легкодоступным, но и наиболее информативным, т. е. максимально отражать работоспособность ГС, наличие продуктов износа агрегатов и надежность функционирования фильтров.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Никитин, Г. А. Влияние загрязненности жидкости на надежность работы гидросистем летательных аппаратов / Г. А. Никитин. – М. : Машиностроение, 2003. – 144 с.
2. ГОСТ 17216-01. Промышленная чистота. Классы чистоты жидкостей. – М. : Издательство стандартов, 2002. – 12 с.

УДК 620.9.5001.5

П.С. Костин, А.А. Мальченко, А.А. Федотов

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НАСОСА ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В настоящее время сложно представить летательный аппарат, в котором не используется гидравлическая система. В ее проектирование заложен сложный технологический процесс, который непосредственно должен опираться на эксперимент. Однако дальнейшее повышение качества проектирования при одновременном сокращении сроков и затрат возможно только при использовании современных технологий, компьютерной техники, программного обеспечения и т. д. [1]. SimHydraulics – это отдельная библиотека пакета Simulink среды MATLAB, предназначенная для моделирования гидравлических систем. SimHydraulics объединяет воедино функциональные возможности продуктов SimPowerSystems, SimMechanics и SimDriveline, позволяя разработчикам систем имитировать взаимосвязанную работу контроллеров и остального оборудования. С помощью продукта SimHydraulics инженеры могут рассчитывать давление и напор жидкости в системах, построенных на базе стандартных и нестандартных компонентов. Предлагаемые инструменты позволяют смоделировать преобразование гидравлической энергии в крутящий момент, приводящий в действие различные механизмы, а также оценить эффект, вызванный открытием и закрытием клапанов. Однако для правильного функционирования системы необходимо, чтобы производительность насоса соответствовала данным из технического описания конкретного воздушного судна.

В качестве блока, который необходим для создания давления в имитационной модели, рассмотрим нерегулируемый роторный насос (Fixed-Displacement Pump). Его математическая модель и описание хорошо представлено в MATLAB в разделе Help, но проблема определения максимальной производительности данного блока остается актуальной. Для определения данной характеристики необходимо рассмотреть окно параметров блока Fixed-Displacement Pump (рисунок 1).

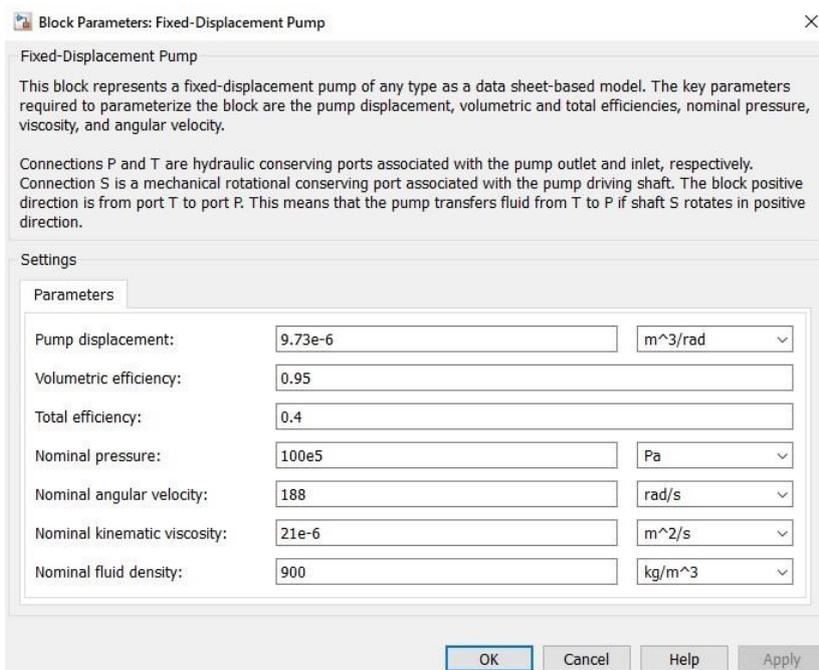


Рисунок 1 – Окно параметров блока Fixed-Displacement Pump

Для определения производительности нам необходимо изменять всего два параметра из данного окна:

1. Pump displacement – рабочий объем насоса, то есть какой объем рабочей жидкости будет производить наш насос за один радиан.

2. Nominal angular velocity – номинальная угловая скорость приводного вала насоса.

Для определения производительности в конкретной статье использовалось техническое описание Ту-22МЗ, где она составила для аналогового насоса НП-103-2 третьей гидросистемы 110 л/мин. При этом параметр Nominal angular velocity будем оставлять стандартным для данного блока, и он составляет 188 рад/с.

Соответственно для создания в магистрали нагнетания расхода жидкости 110 л/мин необходимо произвести расчет рабочего объема и изменить его в окне параметров нашего имитационного насоса, для этого используем формулу

$$V = W \cdot \omega, \quad (1)$$

где V – производительность насоса, м³/с; W – рабочий объем насоса, м³/рад; ω – номинальная угловая скорость приводного вала насоса, рад/с.

Используя данную формулу, можно без проблем находить необходимый нам параметр для определения максимальной производительности. В нашем случае для создания необходимой характеристики при имитационном моделировании (рисунок 2) рабочий объем насоса составил $9,73 \cdot 10^{-6}$.

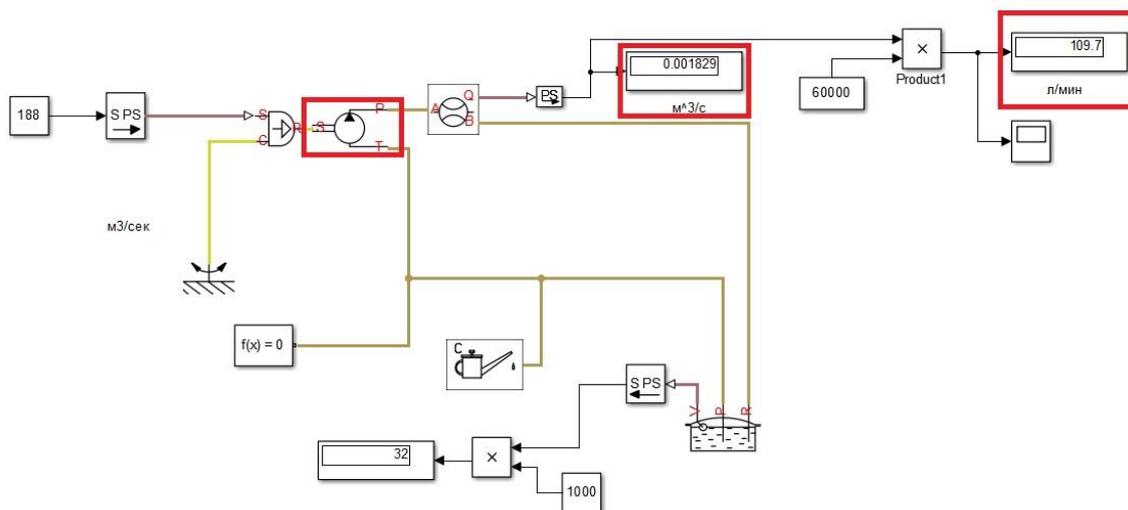


Рисунок 2 – Имитационное моделирование при необходимой производительности насоса

Таким образом, имитационное моделирование упрощает процесс проектирования гидравлических систем на современных летательных аппаратах, а выведенная формула позволяет точно определять максимальную производительность насоса в соответствии с аналоговым и обеспечивать правильность функционирования имитационной гидравлической системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. FLOW-3D в проектировании машиностроительной гидравлики / Я. А. Даршт [и др.] // САПР и графика. – 2000. – № 8. – С. 50–55.

УДК 62-98

А.М. Кривицкий, А.И. Рипинский

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КРЫЛА
В АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЕ**

В ходе разработки перспективных летательных аппаратов внимание уделяется вопросам совершенствования обтекания тел потоком газа, что необходимо для уменьшения расхода авиационного топлива и повышения экономичности полетов, увеличения дальности полета и пассажировместимости перспективных самолетов и, в конечном счете, для увеличения их конкурентоспособности. Одним из направлений работы по улучшению аэродинамических характеристик является исследование моделей крыльев в ходе продувки их в аэродинамических трубах (АДТ), а также в компьютерных программах типа Ансис для изучения структуры течения и физических процессов, происходящих на поверхности летательного аппарата, в частном случае, крыле.

С другой стороны, изучение обтекания реальных крыльев в наземных условиях позволяет уже на ранних этапах создания самолета получить предварительные данные о состоянии течения над крылом и проверить действенность разрабатываемых способов улучшения обтекания. Таким образом, сопоставление результатов летных и трубных экспериментов также является актуальной задачей, поскольку определяет возможности воссоздания в наземных условиях «натурной» структуры течения при проведении исследований в аэродинамической трубе. Кроме того, для изучения фундаментальных свойств тех явлений, которые были обнаружены в полете, и для поиска новых способов воздействия на течение необходимы всесторонние исследования в аэродинамических трубах не только на реальных крыльях, но и на их моделях [1, с. 42–44].

Целью работы является исследование характеристик профиля крыла в аэродинамической трубе и сравнение их с характеристиками, полученными с помощью компьютерных программ и выяснение достоверности результатов исследования.

Несмотря на высокий современный уровень и точность компьютерного моделирования течений газа, определение аэродинамических характеристик моделей летательных аппаратов экспериментальными методами остается актуальным. Основным инструментом в таких исследованиях являются аэродинамические трубы, которые дают возможность увидеть реальное обтекание профилей. В данной работе используется АДТ, находящаяся в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации» (БГАА) г. Минска.

Основными аэродинамическими характеристиками, необходимые в данном исследовании являются: коэффициент подъемной силы, коэффициент лобового сопротивления и аэродинамическое качество. Измерение их возможно весовым методом при помощи тензометрических датчиков. Этот метод один из распространенных видов исследований в экспериментальной аэродинамике. При весовых испытаниях уменьшенную в несколько раз модель летательного аппарата или профиля крыла закрепляют в рабочей части аэродинамической трубы на приборе, называемом аэродинамическими весами.

Сущность весовых испытаний, заключается в непосредственном измерении силы лобового сопротивления и подъемной силы, действующих на летательный аппарат либо профиль крыла с помощью тензометров. Далее по формулам рассчитываются аэродинамические силы и аэродинамические коэффициенты. По результатам строятся графики зависимости коэффициентов подъемной силы и лобового сопротивления от угла атаки, и графики зависимости аэродинамического качества от угла атаки. Сравниваются аэродинамические качества различных летательных аппаратов и делаются выводы об их аэродинамическом совершенстве. Чем больше аэродинамическое качество крыла, тем оно совершеннее.

В рамках данного исследования разрабатывается методика продувки профиля крыла в АДТ НТЦ 19.02. Экспериментальная модель профиля крыла крепится на державке тензометрических весов, помещенных в рабочую часть АДТ и позволяющие измерять два параметра: подъемную силу и лобовое сопротивление. По результатам измерений рассчитываются коэффициенты подъемной силы и лобового сопротивления и аэродинамическое качество модели крыла по формулам

$$C_y = \frac{2 \cdot Y}{\rho \cdot v^2 \cdot S}; \quad C_x = \frac{2 \cdot X}{\rho \cdot v^2 \cdot S}; \quad K = \frac{C_y}{C_x},$$

где Y – подъемная сила; X – сила лобового сопротивления; ρ – плотность воздуха; v – скорость набегающего потока; S – площадь крыла.

По результатам строятся графики зависимости коэффициентов подъемной силы и лобового сопротивления от угла атаки, и графики зависимости аэродинамического качества от угла атаки модели крыла.

Таким образом, данное исследование по продувке крыла в аэродинамической трубе дает возможность изучить аэродинамические характеристики моделей крыльев самолета разной формы, а также зависимость этих характеристик от угла атаки. Также данный способ исследования дает возможность получить информацию о совершенстве той или иной модели еще на этапе проектирования, что экономически целесообразно.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прицкер, Д. М. Аэродинамика / Д. М. Прицкер, Г. И. Сахаров. – М. : Машиностроение, 1968. – С. 42–44.
2. Николаев, Л. Ф. Аэродинамика и динамика полета транспортных самолетов / Л. Ф. Николаев. – М. : Транспорт, 1990. – С. 17–24.
3. Кокунина, Л. Х. Основы аэродинамики / Л. Х. Кокунина. – М. : Транспорт, 1982. – С. 47–59.

УДК 621.4

А.А. Нагула, П.В. Лашевский, М.Д. Манкевич

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Вследствие стремительного развития гражданской авиации и появления авиационных электрических двигателей часто возникают споры о выгоды эксплуатации определенного типа двигателя. В данном исследовании представлен сравнительный анализ двух типов авиационных двигателей: электрического и поршневого. По итогам работы будет выявлен наиболее экономичный, эффективный и экологичный тип двигателя.

Внедрение электрических двигателей в авиацию началось сравнительно недавно. Из-за возросшего интереса общественности к экологическим средствам передвижения у авиаконструкторов появилась задача создания экологичного двигателя. Начался новый этап в развитии авиационной техники. В настоящий момент заметны значительные изменения в данном вопросе. Однако в ходе эксплуатации данного типа двигателей выяснилось, что его экологичность весьма сомнительна, и топливная эффективность значительно ниже, чем у поршневых двигателей. Соответственно появилась необходимость в сравнительном анализе электрического и поршневого двигателей, чтобы выяснить, есть ли смысл развиваться в данном направлении [1].

Количество электролетов и компаний, занимающихся их разработкой, мало. Стоит отметить, что разработка нового электрического самолета сложна и сталкивается с вопросами официального оформления воздушного судна, что занимает достаточно большой временной промежуток и приводит к дополнительным денежным затратам. По этой причине большинство корпораций действуют двумя путями: одни заменяют на проверенных временем самолетах поршневые двигатели и устанавливают инновационные электрические силовые установки; другие начинают конструировать электролет с нуля. В каждом из способов есть свои плюсы и минусы. Но для сравнительного анализа подойдут электролеты, разработанные первым способом. Для исследования было решено взять двигатели компании MAGNIX, установленные на самолетах Cessna 208B Electric и Cessna 208B, и двигатели PIPISTREL и Engine Rotax, установленные на самолетах Pipistrel Velis Electro и Pipistrel Velis CLUB. Основные характеристики для сравнения авиационных двигателей представлены в таблице. По этой таблице можно выявить наиболее эффективный и экономичный двигатель. Размеры воздушных судов – одинаковые (Cessna 208B, Cessna 208B electric; Pipistrel Velis Electro, Pipistrel Velis CLUB), соответственно, одинаковыми будут и их аэродинамические свойства. Именно в таком, и только таком случае, можно в полной мере оценить достоинства и недостатки двигателей и провести их сравнительный анализ.

Таблица – Сравнительный анализ авиационных электрических двигателей и авиационных поршневых двигателей

	Cessna 208B electric	Cessna 208B	Pipistrel Velis Electro	Pipistrel Velis CLUB	Alice Eviation
Страна производитель	США	США	Словения	Словения	Израиль
Название двигателя	Magni500	Pratt Whitney Canada PT6A-114A	Pipistrel E-811	Rotax 912S3	2×magni650
Тип двигателя	электрический	поршневой	электрический	Поршневой	электрический
Мощность	720 л. с.	675 л. с.	78,3 л. с.	100 л. с.	2×720 л. с.
Вес двигателя	135 кг	160 кг	72,8 кг	59,8 кг	2×135 кг
Дальность полета	160 км	1660 км	200 км	1189 км	460 км
Время полета	1 ч	3 ч	1 ч	5,5 ч	1 ч
Макс. скорость	160 км/ч	314 км/ч	181 км/ч	302 км/ч	481 км/ч
Число мест	7 чел.	15 чел.	2 чел.	2 чел.	11 чел.
Полезная нагрузка	780 кг	1354 кг	172 кг	260 кг	1250 кг
Цена за час полета	–	–	\$3	\$18	\$200
Время зарядки	30 мин	–	2 ч	–	30 мин

Исходя из таблицы можно найти важные для сравнения характеристики. Взяв за образец самолеты Pipistrel Velis Electro и Pipistrel Velis CLUB можно посмотреть сколько будет стоить полет на одинаковое примерно расстояние. Взяв за расстояние 1200 км, можно рассчитать примерную цену за такой полет. Для Pipistrel Velis Electro это будет примерно \$36, а для Pipistrel Velis CLUB это будет примерно \$99. Так можно из этого заметить, что электрический самолет выходит дешевле [2, 3].

Но важный показатель для всех Дальность полета – это характеристика, которая выявляет недостатки электрических двигателей и преимущества поршневых двигателей, причем в сравнительной характеристике выглядит это очень контрастно. Дальность полета у Cessna 208B Electric с электрическим двигателем – 160 км, а у Cessna 208B с поршневым двигателем – 1660 км. Так и у Pipistrel Velis Electro – 200 км, а у Pipistrel Velis CLUB – 1189 км. Разница в дальности полета колоссальна, и составляет приблизительно 1000–1500 км.

Также велика и разница во времени полета, которая может варьироваться от 2 до 4,5 часов.

Еще можно определить время полета самолета на то же расстояние – 1200 км. Для самолета Pipistrel Velis Electro для этого нужно еще прибавить время заправки, которое составляет примерно 2 часа. Самолет Pipistrel Velis CLUB не нуждается в такой частой дозаправке. У данного самолета она происходит быстро и нужна только раз в 5,5 часов. 16,5 часов нужно для преодоления данного расстояния самолету Pipistrel Velis Electro, что намного дольше, чем на Pipistrel Velis CLUB – 5,5 часа. Из этого можно выяснить, что электрический самолет затратит больше времени на преодоления данного расстояния.

Максимальная скорость у Pipistrel Velis Electro составляет 181 км/ч, в то время как у Pipistrel Velis CLUB максимальная скорость составит 302 км/ч. Тоже самое можно наблюдать и в случае с воздушными судами Cessna 208B Electric и Cessna 208B, где максимальная скорость электролета будет меньше, чем максимальная скорость воздушного судна с поршневым двигателем [4].

Все представленные самолеты были одномоторными, но самолет с двумя моторами может выполнять более сложные задачи. Ярким примером является AliceEviation. Он является самолетом, который сможет выполнять региональные перевозки дешевле чем поршневые самолеты. Час полета на электролете стоит примерно \$200, что сильно выделяется по сравнению с полетом на \$400 самолета похожего класса. Такая экономия обусловлена не большим временем полета, составляющим 1 час, небольшой дистанцией, до 460 км, и делает его привлекательным для компаний с небольшим радиусом полетов.

Проведя сравнительный анализ, вывод напрашивается сам собой. Можно наблюдать слишком большую разницу между такими данными как: дальность полета, время полета, максимальная и крейсерская скорости, а также полезная нагрузка. Если оценивать характеристики данных типов двигателей, то поршневые двигатели эффективнее и выгоднее электрических в скорости, времени и возможности перевозки грузов и людей. Но и не стоит забывать про расходы на полет, где электрические самолеты за счет не такого дорогого электричества, значительно обгоняют конкурентов.

Однако электрические двигатели возникли с целью создания экологичного транспорта. А является ли он таким на самом деле [5]?

Если рассматривать экологичность двигателей с точки зрения их работы, то, конечно, наиболее экологичным окажется электрический двигатель, так как во время его работы не загрязняет атмосферу вредными веществами. Однако, это только «вершина» айсберга. Необходимо учитывать воздействие на экологию как процесса выработки электроэнергии для питания электрического двигателя, так и последующую утилизацию использованных батарей [6, 7].

Пока электрические двигатели отстают от своих поршневых «собратьев» по основным техническим характеристикам, но и не обеспечивают полную экологичность всего «жизненного» цикла.

Но уже сейчас очевиден прогресс в использовании электрических двигателей в других отраслях, например, автомобилестроении, и вытеснение ими двигателей на ископаемом топливе [8].

Уверены, что и в авиации будущее за электрическими двигателями, для чего необходимо совершить «технологическую революцию» как в совершенствовании их эксплуатационных характеристик, так и в последующей утилизации отработанных батарей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. MagniX [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.emobility-engineering.com/magnix-magni350-650-and-magnidrive-100/>. – Дата доступа: 17.10.2023.
2. Velis Electro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Velis_Electro. – Дата доступа: 16.10.2023.

3. Velis Electro [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pipistrel.ad/pipistrel/entrainement/velis-electro>. – Дата доступа: 28.09.2023.
4. Cessna 208 Caravan [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avia.pro/blog/cessna-208-caravan>. – Дата доступа: 06.10.2023.
5. All-Electric Cessna 208B Takes to the Skies! [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://mentourpilot.com/all-electric-cessna-208b-takes-to-the-skies/>. – Дата доступа: 28.09.2023.
6. Pipistrel Velis CLUB [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.pipistrel-aircraft.com/products/velis-club/#1680717339675-b6d1143d-a61a>. – Дата доступа: 03.10.2023.
7. AliceEviation [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.eviation.com/>. – Дата доступа: 19.10.2023.
8. Eviation Alice [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://en.wikipedia.org/wiki/Eviation_Alice. – Дата доступа: 09.10.2023.

УДК 533.6.013

А.Д. Кузнецов

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

АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПАРИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОПАДАНИЯ НЕМАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА В СПУТНЫЙ СЛЕД

В современных условиях, в связи с применением высокоточного оружия, обостряется проблема сохранения военных самолетов на аэродромах базирования, в частности, самолетов неманевренной категории, обладающих большой размерностью. В этой связи, для уменьшения потерь авиационной техники, нужно создать условия для выхода из-под удара противника за минимальное время. Для самолетов большой размерности одним из главных факторов, определяющих время выхода из-под удара противника, является интервал времени между взлетающими самолетами, который регламентируется нормами безопасности полетов при действии спутного следа. Такая ситуация объясняется увеличением интенсивности спутного следа из-за увеличения нагрузки, действующей на погонный метр размаха крыла, а также увеличением периода времени активности спутного следа из-за увеличения размаха крыла самолета. Для уменьшения влияния последствий воздействия спутного следа на взлетающий самолет разработаны как организационные, так и технические мероприятия. Организационные мероприятия предусматривают объяснение летчикам основных характеристик спутного следа данного типа самолета и рекомендуемых действий при попадании самолета в след. Технические мероприятия заключаются в использовании различных систем, парирующих возмущающие воздействия спутного следа. К подобным системам главным образом относятся системы автоматического управления (САУ). Исследования показывают, что САУ, включенная в режим стабилизации углового положения, при попадании самолета в след существенно повышает вероятность парирования его последствий [1]. Однако перечисленные мероприятия не позволяют значительно сократить временной интервал между взлетающими самолетами.

Одним из перспективных способов парирования последствий воздействия спутного следа является внедрение активных систем управления [2], позволяющих выдерживать заданные угловые и траекторные параметры полета при попадании самолета в спутный след. Принцип их действия заключается в размещении датчика линейных ускорений непосредственно вблизи органа управления (элерона) с целью отклонения органа управления примерно в фазе со скоростью точки приложения его подъемной силы, что позволяет париовать возмущающие моменты, вызванные влиянием спутного следа.

Таким образом, для повышения боевой эффективности самолетов неманевренной категории, обладающих большой размерностью, а, в частности сокращения времени выхода их из-под удара противника, весьма актуальным является внедрение нового способа активного управления в каналах крена и тангажа неманевренного самолета, автоматически парирующего последствия попадания в спутный след.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы дистанционного управления магистральных самолетов / Б. С. Алешин [и др.]. – М. : Наука, 2013. – 292 с.
2. Активные системы управления самолетов / Б. С. Алешин [и др.]; Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н. Е. Жуковского. – М. : Наука, 2016. – 216 с.

УДК 623.746.174

Д.П. Литвинов, З.Н. Агаев, Н.А. Ивахненко

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

СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ЭКИПАЖА ВЕРТОЛЕТА

Поражение оборудования и некоторых систем воздушного судна экипаж может определить по изменению различных параметров функционального состояния этих систем.

Как показывает опыт боевых действий, из всех частей планера, лопасть несущего винта (НВ) вертолета, является элементом, вносящим наибольший вклад в уязвимость воздушного судна [1].

Это объясняется тем, что:

во-первых, наличие относительно большой площади НВ (в плане) по сравнению с другими частями планера увеличивает вероятность попадания снарядов и осколков в него;

во-вторых, НВ создает подъемную силу и тягу, необходимую для осуществления перемещения вертолета в атмосфере. Кроме того, он позволяет осуществлять продольное и поперечное управление летательным аппаратом на всех режимах полета, то его разрушение во многих случаях приводит к сбитию воздушного судна;

в-третьих, несимметричные повреждения НВ приводят к развитию резонансных явлений на лопастях и возникновению флаттера.

Лопасть НВ – самая нагруженная часть вертолета. На лопасти НВ действуют:

– аэродинамические силы: подъемная сила в вертикальной плоскости и сила лобового сопротивления в плоскости вращения;

– изгибающий момент;

– центробежная сила;

– крутящий момент;

– инерционные силы;

– собственный вес [1].

Лопасть, в процессе вращения, совершает изгибные колебания как балка, однако дополнительно на нее действует центробежная сила, которая по своему характеру является восстанавливающей – растягивающая лопасть, она стремится вернуть ее в неизогнутое состояние. Центробежная сила вызывает растяжение лонжерона. Под действием центробежной силы, величина которой значительна (десятки тонн), в поперечном сечении лонжерона возникают большие нормальные напряжения.

Пробоины в элементах конструкции лопасти НВ вертолета 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 повреждений элементов лопасти НВ вертолета, а также оценка степени опасности выявленных повреждений и принятие ответственных решений по выбору дальнейшего режима полета вертолета.

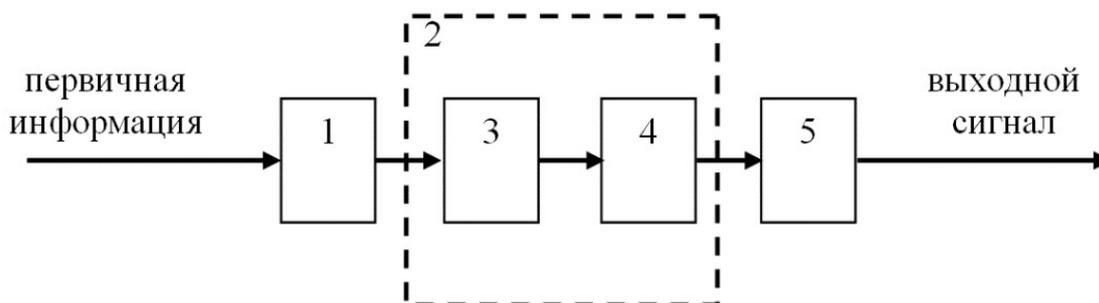
Одним из важнейших направлений в обеспечении безопасности полета является оснащение вертолета техническими средствами, позволяющими свести к минимуму вероятность ошибки летчика. Таким же направлением является требование живучести – обеспечение высокой вероятности выполнения задачи полета при возникновении критических ситуаций, вызванных повреждениями силовой конструкции лопасти несущего винта вертолета в боевых условиях. В данной ситуации существует возможность разрушения лопасти при создании предельных перегрузок в процессе маневрирования, что может привести к катастрофическим последствиям.

Создание бортовой интеллектуальной системы поддержки экипажа позволяет летчику безбоязненно управлять вертолетом после воздействия средств поражения противника.

Введение новой системы диагностирования лопасти НВ 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.

Под системой интеллектуальной поддержки экипажа (СИПЭ) понимают совокупность средств и методов, позволяющих собирать, перемещать, обрабатывать и передавать отобранную информацию. СИПЭ при воздействии средств поражения по вертолету и повреждении лопасти несущего винта дает возможность определить допустимые перегрузки и скорость при маневрировании вертолета и выдает рекомендации летчику о дальнейшем продолжении полета с учетом допустимой перегрузки, скорости.

Для решения данной задачи предлагается встроит в лонжерон лопасти несущего винта вертолета датчики напряжения и деформации, которые способны точно прогнозировать функциональное состояние лопасти несущего винта вертолета в процессе выполнения боевого задания. Сигнал от датчиков будет поступать в бортовую интеллектуальную систему поддержки экипажа (СИПЭ), что позволит летчику безбоязненно управлять вертолетом после воздействия по вертолету средствами поражения противника. Схема функциональная СИПЭ показана на рисунке 1.



1 – датчик первичной информации; 2 – вычислитель, состоящий из блока обработки информации (3), блока формирования команд (4); 5 – исполнительное устройство

Рисунок 1 – Схема функциональная СИПЭ

Применение данной системы позволит летчику получать информацию о фактическом техническом состоянии лопасти НВ вертолета в полете, что позволит правильно принять решение на выполнение дальнейшего полетного задания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Володко, А. М. Вертолет в Афганистане / А. М. Володко, В. А. Горшков. – М. : Воениздат, 1993. – 216 с.

2. Вильдгрубе, Л. С. Вертолеты. Расчет интегральных аэродинамических характеристик и летно-технических данных / Л. С. Вильдгрубе. – М. : Машиностроение, 1977. – 152 с.

УДК 629.7

Д.Т. Магомедов, В.В. Берулин

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

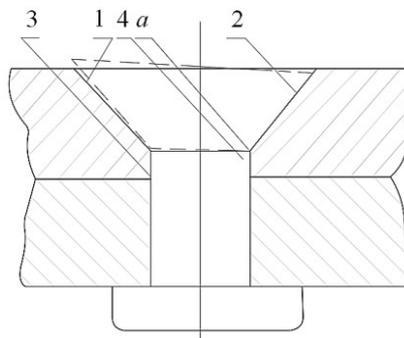
ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА ОБШИВКИ ВОЗДУШНОГО СУДНА В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ

Накопленный к настоящему времени большой опыт применения воздушных судов показывает их высокую эксплуатационную надежность, но имеющиеся достаточно хорошие тактико-технические характеристики в среднеевропейских природно-климатических условиях не всегда обладают достаточной долговечностью при применении в других климатических условиях [1]. Например, влажные тропики характеризуются высокой относительной влажностью (средняя относительная влажность за год – 85 %), высокой температурой воздуха (средняя температура за год – 27 °С), морозящими дождями, резкими колебаниями температуры воздуха и густыми туманами. Жарко-дождливый сезон продолжается с мая по октябрь и ему на смену приходит холодный малождливый сезон, длящийся с ноября по апрель. В этих условиях развитие процесса коррозионной усталости элементов конструкции воздушного судна многократно ускоряется. Целью работы является повышение надежности при ремонте элементов конструкции воздушного судна, эксплуатируемого в условиях повышенной влажности.

В условиях большой влажности процесс коррозии развивается очень быстро, поэтому эксплуатация воздушного судна усложняется. Таким образом, надежность и безопасность эксплуатации воздушного судна становятся основной проблемой обеспечения высокой усталостной прочности элементов конструкции воздушного судна. Опыт эксплуатации в тропическом климате выявил характерные дефекты элементов конструкции воздушного судна, такие как: коррозия обшивки и сот лопасти несущего винта вертолета, разрушение лакокрасочного покрытия и ослабление заклепок. Контроль состояния заклепочного соединения осуществляется визуально-оптическим методом неразрушающего контроля (невооруженным глазом, а также с применением жестких и гибких эндоскопов и луп). При визуальном осмотре ослабленных заклепок по внешним признакам выявляются такие признаки как: качание заклепки, наличие перекоса закладной головки в гнезде, «дымление» и образование «венчика» вокруг закладной головки. Ослабление заклепочного шва ведет к преждевременному расшатыванию и разрушению соединений. При установке заклепки закладная головка плотно прилегает к заклепанному листу по поверхностям 1 и 2 (рисунок 1).

В процессе эксплуатации в тропическом климате подвижность соединения возрастает, и могут появляться зазоры между закладной головкой и гнездом. При этом лист, действуя на поверхности 1 и 3 закладной головки, начинает срезать и изгибать заклепку, но зазоры небольшие, и головка опирается на поверхность 2 листа. Стержень заклепки со стороны

поверхности 3 удлиняется и происходит перекосяк закладной головки заклепки с вращением около точки *a*. Вследствие этого средняя линия заклепки, по которой производились замеры, удлиняется.



1, 2 – зенкованная поверхность; 3 – просверленная поверхность;
4 – стержень заклепки; *a* – точка между закладной головкой и стержнем заклепки

Рисунок 1 – Заклепочное соединение

Ослабление заклепочного соединения происходит из-за увеличения относительной подвижности его элементов, вследствие чего начинается деформация заклепок. Результаты проведенных испытаний подтяжки заклепок в заклепочных соединениях показали, что выносливость при повторных статических испытаниях возрастает на величину 0,2 мм. Из этого следует, что подтяжку заклепок в заклепочных соединениях необходимо производить после существенного ослабления заклепок, когда будет заметно визуальное образование «венчика» вокруг закладной головки.

Обшивка является наиболее уязвимым элементом с точки зрения возможных повреждений, она принимает первый удар от постороннего предмета [1]. Одной из особенностей ремонта обшивки является необходимость проведения ремонтных работ обратным методом клепки (односторонний подход). Для применения прямого метода клепки требуется установка дополнительных технологических лючков, а это ведет к дополнительному ослаблению обшивки за счет выреза и увеличению трудоемкости ремонта [2]. При обратном методе клепки применяются специальные заклепки (стержневые с трубчатым концом стержня, с высоким сопротивлением срезу, гайко-пистоны, заклепки с сердечником). Недостаток метода заключается в том, что прочность заклепочного соединения на 80 % ниже прочности аналогичного соединения и из-за отсутствия доступа к замыкающим головкам заклепок затруднен контроль качества заклепочного шва. Поэтому ремонт обшивки при применении специальных заклепок не всегда целесообразен и возможен по условию прочности и выносливости ремонтируемого элемента конструкции. Отмеченные выше недостатки в значительной степени могут быть устранены при применении клепано-клеевых и клеевых соединений. Одним из основных недостатков клеевых соединений являются низкие показатели прочности при совместном действии отрыва и сдвига.

Недостаточная изученность свойств при применении клепано-клеевых соединений в условиях повышенной влажности не позволяет оценить их надежность и возможности дальнейшего использования по назначению. Таким образом, возникает необходимость в проведении исследований прочности и выносливости клепано-клеевых соединений после ремонта элементов конструкции воздушного судна в условиях повышенной влажности. С этой целью был проведен полный факторный эксперимент. При однофакторном дисперсионном анализе данные группировались по трем уровням исследуемого фактора. Были изготовлены три вида образцов, первые – образцы со специальными заклепками без применения клеевой пленки. Вторые – те же образцы, но с применением клеевой пленки. Третьи – образцы, склеенные клеевой пленкой. Параметры заклепочного соединения (шаг, расстояние от края листа, материал заклепок и образцов, диаметр заклепок) у образцов

первого и второго вида были одинаковыми. Для углубленного исследования прочности клепадно-клеевых соединений были использованы следующие виды специальных заклепок: гайко-пистоны, заклепки с сердечником и стержневые с трубчатым концом стержня. Основным показателем, характеризующим прочность заклепочного соединения, является коэффициент прочности шва:

$$\varphi = \frac{P_{ш}}{P_{л}},$$

где $P_{ш}$ – разрушающее усилие заклепочного шва; $P_{л}$ – разрушающее усилие целого листа.

Результаты испытаний показывают, что разрушения образцов во всех случаях происходили от разрушения среза заклепок и клеевого шва. Анализ результатов испытаний показывает, что у образцов со специальными заклепками без применения клеевой пленки происходило к уменьшению несущей способности в два раза быстрее по сравнению с клепадно-клеевыми образцами. Коэффициенты прочности у образцов с клеевым соединением соответствуют коэффициентам образцов со специальными заклепками без применения клеевой пленки.

Неравномерность нагружения заклепочного соединения зависит от числа заклепок, и расстояние между ними называют шагом заклепок (t). Неравномерность распределения нагрузки выражается коэффициентом k_p .

$$k_p = \frac{P_{\max} m}{P},$$

где P_{\max} – максимальная нагрузка; P – растягивающая суммарная нагрузка; m – число заклепок в шве.

Изменение коэффициента k_p от числа заклепок, представлено на рисунке 2.

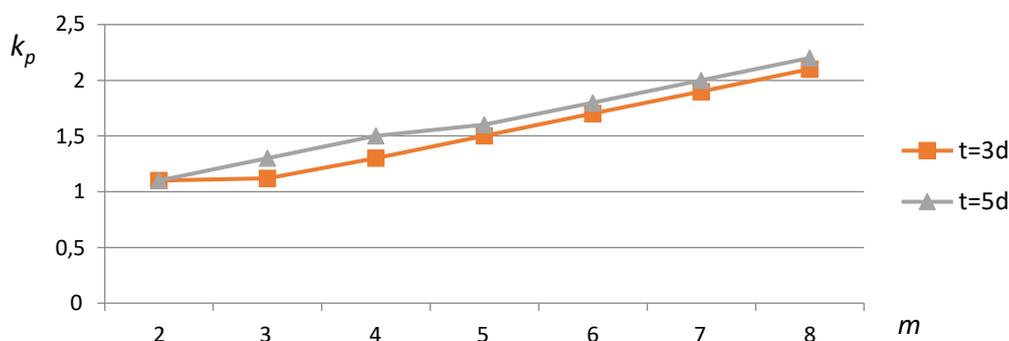


Рисунок 2 – График зависимости коэффициента k_p от числа заклепок

На графике видно, что коэффициент неравномерности нагружения заклепок увеличивается с количеством заклепок. Шаг заклепок равный $5d$ при ремонте обшивки воздушного судна (слабонагруженный лист обшивки) дает возможность использования специальных заклепок с применением клеевой пленки.

Таким образом, в процессе эксплуатации воздушного судна в условиях повышенной влажности в обшивке происходит ослабление заклепок. В результате проведенных исследований, подтяжку заклепок рекомендуется производить после существенного ослабления заклепок, когда будет видно визуально образование «венчика» вокруг закладной головки.

При повреждении обшивки воздушного судна для ремонта целесообразно применение клепадно-клеевое соединения, потому что применение специальных заклепок с использованием клеевой пленки увеличивает прочность соединения в два раза за счет заклепок, которые прижимают клеевое соединение. Проведенные исследования показали, что увеличение шага

заклепок возможно за счет применения клеевой пленки, следовательно, уменьшится число заклепок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Болдырева, О. Н. Повышение безопасности при ремонте элементов конструкции летательного аппарата / О. Н. Болдырева, Н. В. Рогов // Комплексные проблемы техносферной безопасности : материалы VI Международной научно-практической конференции : в 3-х частях, Воронеж, 21–22 декабря 2020 года. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2021. – Ч. I. – С. 454–457.

2. Ткаченко, П. Н. Ремонт поврежденной обшивки планера воздушного судна с односторонним подходом / П. Н. Ткаченко, Л. М. Трофимов // Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации) : материалы IX Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Иркутск, 24–26 апреля 2019 года. – Иркутск : Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. – С. 227–234.

УДК 629.135

В.Н. Макаренко, А.А. Ильин

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

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОГРАНИЧЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ПОЛЕТА СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТОЛЕТОВ

Появление боевых вертолетов оказало революционное воздействие на облик вооруженных сил, изменив тактику и характер боевых действий. В свете требований концепции «воздушной мобильности» применение винтокрылых машин носит массовый характер. Сочетая в себе качества самолета, автомобиля-вездехода, носителя вооружения, медицинского блока, спецсредств и другие, вертолет занял среди летательных аппаратов весьма важное место. Немыслимо представить современные Вооруженные силы без боевых вертолетов. Они нашли широкое применение во всех силовых структурах и силах специальных операций.

Большое внимание в учебном процессе в инженерных авиационных учебных заведениях уделяется изучению современного состояния и перспектив развития боевых вертолетов.

Несмотря на оснащение современных вертолетов сложным радиоэлектронным оборудованием, прицельно-навигационными комплексами и эффективным вооружением, по-прежнему определяющими являются летно-технические характеристики вертолета, позволяющие осуществлять вертикальный взлет с ограниченных площадок, расположенных на больших высотах, а также выполнять боевые задачи в поступательном полете и при энергичном маневрировании. Указанные летно-технические характеристики определяются в основном аэродинамической компоновкой вертолета и его отдельных частей.

При всех достоинствах вертолетов существенным их недостатком является относительно небольшая крейсерская скорость полета. Так средние ударные и транспортно-боевые вертолеты всех стран мира развивают максимальные скорости горизонтального полета порядка 300...320 км/ч. Это и есть верхний предел скорости для вертолетов классической схемы, как одновинтовых с рулевым винтом, так и двухвинтовых.

Высокая крейсерская скорость полета влияет на количество боевых вылетов за войсковую операцию и повышает боевую живучесть воздушного судна за счет сокращения времени нахождения в зоне ПВО противника.

И все же главная проблема на пути создания перспективных вертолетов – не столько повышение крейсерской скорости полета как таковой, а увеличение аэродинамического качества несущего винта и вертолета в целом. Повышение скорости – это частная задача. И только комплексное решение задачи повышения аэродинамического качества за счет применения новых схем несущего винта, новых подходов к обеспечению поступательного движения вертолета, улучшения всей аэродинамики вертолета, использования более эффективных силовых установок и др. даст тот выигрыш в скорости, дальности и грузоподъемности, который позволит говорить о создании нового поколения вертолетной техники – с принципиально новыми характеристиками.

Современные турбовинтовые самолеты развивают скорости, близкие к трансзвуковым скоростям (до 900 км/ч). Вертолеты же этого себе позволить не могут. В чем же причина относительно невысокой скорости полета вертолетов? Ответ прост – в особенности расположения несущего винта. Он предназначен не только для создания подъемной силы, но и для пропульсивной (движущей) силы. Для работы лопастей НВ принципиальное значение имеет их угол азимутального положения ψ . Так в азимуте $\psi = 180^\circ$ результирующая скорость набегающего потока на лопасть максимальная и может достигать критической (волновой кризис лопасти). Такое обтекание характерно наличием скачков уплотнения, т. е. повышенным сопротивлением вращения лопасти (рисунок 1). Это одно из ограничений скорости полета вертолета.

Какое же другое ограничение? Известно, что на режиме косоугольного обтекания углы атаки элементов лопастей меняются по азимуту: в азимуте $\psi = 90^\circ$ углы атаки наименьшие, в азимуте $\psi = 270^\circ$ – наибольшие.

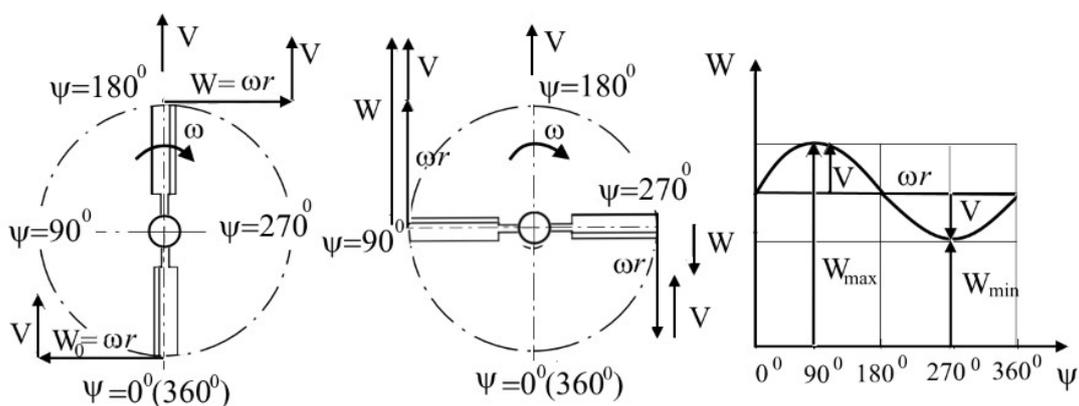


Рисунок 1 – Изменение результирующей скорости элемента лопасти W по азимуту

Чем больше скорость полета, тем больше углы атаки у концевых элементов лопасти в азимуте 270° (рисунок 2). Увеличение шага приводит к дальнейшему увеличению углов атаки. Если у концевых элементов углы атаки становятся равными критическим, то на конце лопасти образуется срыв потока, аналогичный срыву потока с крыла самолета.

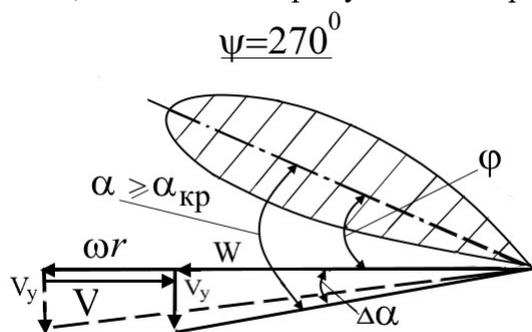


Рисунок 2 – Срыв потока с концов лопастей в азимуте $\psi = 270^\circ$

Кроме того, с увеличением скорости полета расширяются зоны обратного обтекания (рисунок 3), то есть зоны, где сечения лопасти обтекаются уже не с носка профиля, а с «хвостика». Например, при скорости полета 520 км/ч до 83 % лопасти будет находиться в этой зоне и обтекаться с хвостика профиля, снижая аэродинамическое качество винта и ставя проблему балансировки вертолета в ряд главных [1].

Картина распределения результирующих скоростей элементов лопастей по их длинам в азимутах 90° и 270° представлена на рисунке 4. Она поясняет причины возникновения этих зон.

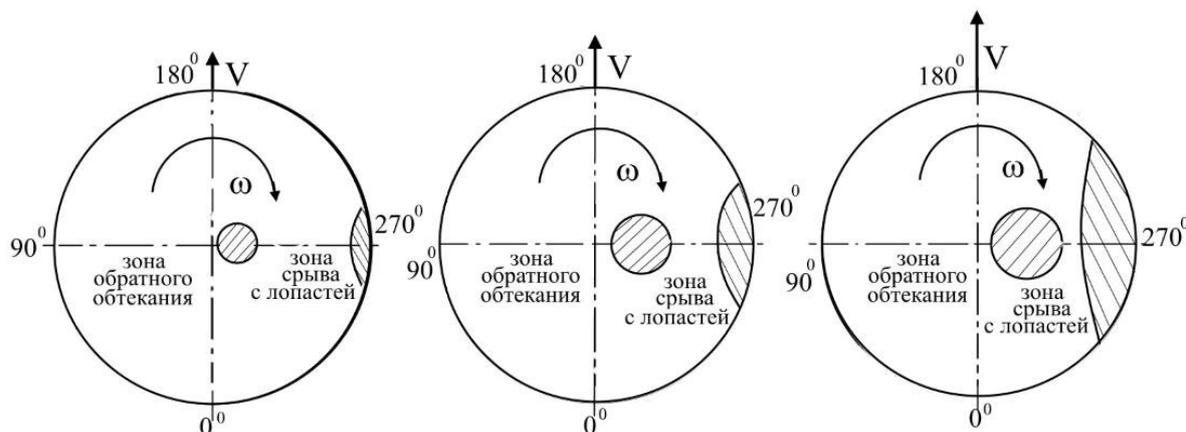


Рисунок 3 – Расширение зон обратного обтекания и срыва с лопастей в азимуте $\psi = 270^\circ$ в зависимости от роста скорости полета вертолета

Расширение зон срыва и обратного обтекания приводит к уменьшению силы тяги несущего винта и вызывает сильную тряску (см. рисунок 3). Полет в условиях срыва потока продолжать невозможно, поэтому скорость полета может увеличиваться до тех пор, пока углы атаки концевых элементов лопастей не станут близкими к критическим скоростям [2]. Такое ограничение скорости полета называется ограничением по срыву потока в азимуте 270° .



Рисунок 4 – Зоны срыва с лопастей и обратного обтекания в азимуте $\psi = 270^\circ$

Еще одна проблема увеличения скорости полета вертолета связана со снижением эффективности несущего винта как средства создания пропульсивной (движущей) силы. На скоростях более 350 км/ч отмечается существенное падение пропульсивного коэффициента полезного действия несущего винта.

Таким образом, рассмотренные факторы существенно ограничивают скорости полета современных вертолетов. Пути повышения аэродинамического качества несущих винтов в целом и скорости полета вертолетов в частности играют значительную роль в разработке и создании перспективных винтокрылых машин.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вертолеты: справочник по аэродинамике, динамике полета, конструкции, оборудованию и технической эксплуатации / А. М. Володко [и др.] ; под ред. А. М. Володко. – М. : Воениздат, 1992. – 557 с.

2. Аэромеханика / под ред. А. И. Желанникова. – Воронеж : Издание ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2007. – 250 с.

УДК 681.518.5

А.Н. Сажин, В.А. Макаренко, И.Ю. Калашников

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

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КРЫЛА

В общем случае нагружение ЛА и его частей в каждый момент времени определяется маневренными нагрузками, соответствующими особенностями режима полета [1]. Однако при одних и тех же нагрузках прочность конструкции ЛА может существенно меняться, например, при наличии повреждений. Поэтому возникает необходимость прогнозирования напряженно-деформированного состояния конструкции, что решается применением искусственной нейронной сети (НС), интегрированной в один из вычислительных блоков самолета.

В связи с необходимостью проведения большого количества испытаний для получения массива данных, составляющего обучающую выборку перспективной нейронной сети, решено применить модель динамики полета самолета, значительно упрощающую поставленную задачу.

Прогнозирование осуществляется на основе коэффициента подъемной силы, получаемого на выходе из нейронной сети и необходимого для дальнейших вычислений нормальной перегрузки самолета во всем диапазоне высот и скоростей.

Одним из преимуществ применения Neural Network Toolbox в Matlab&Simulink [2] является возможность создания отдельного нейросетевого блока, позволяющего применять полученную ИНС в режиме реального времени и вычислять величину нормальной перегрузки самолета непосредственно в процессе моделирования.

Если рассматривать самолет как абсолютно твердое тело, то при вращении его по крену в каждом сечении крыла на удалении от центра масс будут возникать дополнительные перегрузки, вызванные моментами от поверхностных сил (рисунок 1) [3].

На основании значений, полученных в ходе прогнозирования НС, представляется возможность вычисления нормальной перегрузки в каждом сечении крыла. Так, для точки «А» рисунка 1 применяются выражения:

$$n_{y_A} = n_{y_{ц.м.}} + \Delta n_{y_A} = n_{y_{ц.м.}} + \frac{\varepsilon_x}{g} l;$$

$$n_{x_A} = n_{x_{ц.м.}} + \Delta n_{x_A} = n_{x_{ц.м.}} + \frac{\omega_x^2}{g} l,$$

где $n_{y_{ц.м.}}$, $n_{x_{ц.м.}}$ – составляющие перегрузки самолета; ε_x – угловое ускорение относительно продольной оси самолета; ω_x – угловая скорость самолета относительно продольной оси.

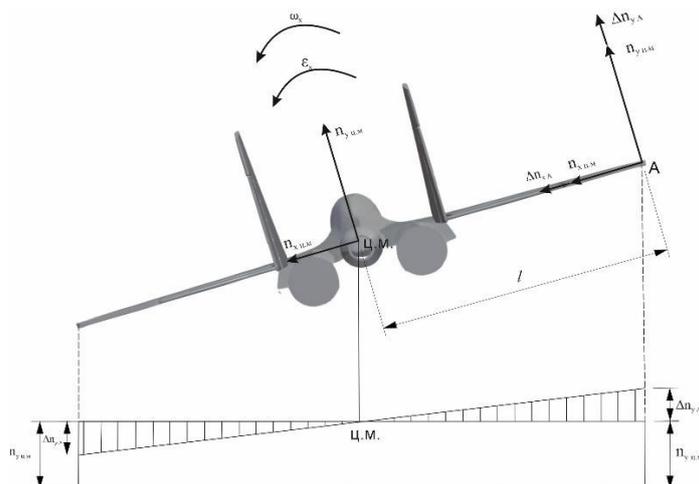


Рисунок – Изменение перегрузки по длине крыла

Исходя из этого, целесообразно говорить о дальнейшем применении системы прогнозирования напряженно-деформированного состояния крыла для различных случаев нагружения, а также с учетом нарушения целостности его конструкции.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Конструкция и прочность летательных аппаратов : учебник для вузов ВВС / О. В. Болховитинов, И. И. Вольнов, В. С. Захарченко, В. И. Калашников, С. Д. Константинов, Г. Е. Михалев, С. Н. Павлов, М. П. Подоляк, С. С. Румянцев, А. М. Хайров ; под ред. О. В. Болховитинова. – М. : ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2004. – 678 с.
2. Доррер, М. Г. Моделирование нейронных сетей в системе MatLab : лабораторный практикум / М. Г. Доррер. – Красноярск : СибГУ им. М. Ф. Решетнева, 2021. – 98 с.
3. Горбатенко, С. А. Механика полёта. Общие сведения. Уравнения движения / Горбатенко С. А., Макашов Э. М., Полушкин Ю. Ф., Шефтель Л. В. – «Машиностроение». – Москва, 1969. – 420 с.

УДК 629.7.02

И.К. Макаров, Д.В. Разуваев

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

ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ НАТУРНОЙ МОДЕЛИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ИНДИКАТОРА

Одним из наиболее важным этапом подготовки летного состава является практическая отработка пилотирования летательного аппарата. В настоящее время для решения этой задачи активно применяются авиационные тренажеры, информационно-управляющее поле кабины которых повторяет пилотируемый летчиком летательный аппарат [1, 2, 3]. Схожие по конструктиву с тренажерами, пилотажные стенды, применяются авиационными специалистами для разработки различных систем летательного аппарата и оценки их эффективности. И в том, и в другом случае эффективность решаемых на специализированных стендах задач зависит в том числе от степени оснащения их оборудованием, применяемом на летательных аппаратах-прототипах. В качестве такого оборудования, наиболее востребованного летчиком

в ходе выполнения задач пилотирования, является многофункциональный цифровой индикатор (МФЦИ), отображающий текущие полетные параметры, навигационную информацию и состояние систем, которыми оснащен летательный аппарат. Имеющиеся в продаже МФЦИ – дороги и узконаправлены, так как исключают возможность корректировки их программного кода.

Перечисленные особенности формируют необходимость в разработке имитационной натурной модели многофункционального цифрового индикатора, с возможностью его использования на пилотажных стендах или авиационных тренажерах при проведении практических упражнений с летным или инженерным составом.

В рамках сформулированной цели, силами сотрудников кафедры, разработана трехмерная CAD-модель разрабатываемого МФЦИ, на рисунке 1 представлены ее составные части и сборка.

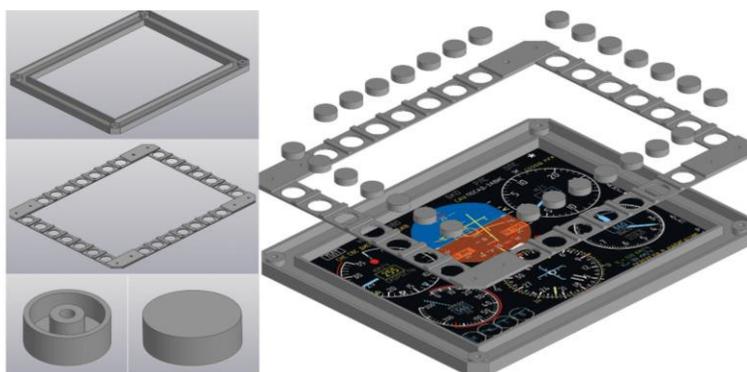


Рисунок 1 – Трехмерная CAD-модель разрабатываемого МФЦИ

В качестве вычислительного ядра выбран микроконтроллер Arduino Nano обладающий рядом преимуществ: компактный размер; большое количество аналоговых и цифровых портов (14 цифровых входов/выходов, 6 из которых могут использоваться как ШИМ – выходы, 8 аналоговых входов); низкая стоимость; высокая производительность.

Изготовление корпуса имитационной натурной модели МФЦИ осуществлялось с использованием аддитивных технологий на принтере Tevo Tornado с программным обеспечением Ultimaker Cura, представленных на рисунке 2.

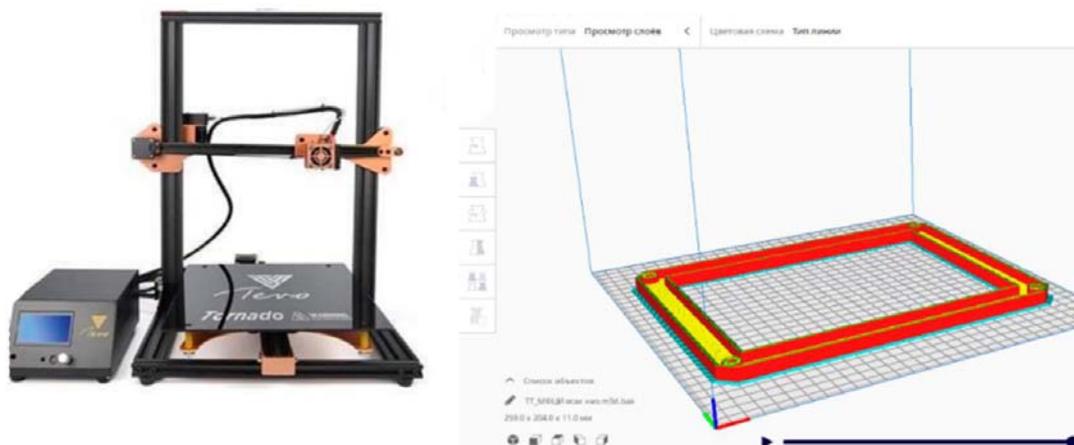


Рисунок 2 – Принтер Tevo Tornado с программным обеспечением Ultimaker Cura применяемый для изготовления корпуса имитационной натурной модели МФЦИ

В качестве материала для печати был выбран PETG пластик, который прекрасно противостоит различному воздействию со стороны окружающей среды. Он имеет хорошую

гибкость, низкий коэффициент усадки, прекрасные адгезионные свойства, при печати отсутствует неприятный запах.

Для реализации снятия логического сигнала с 28 кнопок разрабатываемой МФЦИ, они были подключены путем последовательного соединения к аналоговым входам микроконтроллера Arduino, причем между каждой кнопкой установлен резистор номиналом 1 кОм. При последовательном подключении резисторов, их сопротивление складывается. Таким образом, каждой кнопке присваивается свое сопротивление. На рисунке 3 представлена принципиальная схема подключения кнопок к микроконтроллеру и фото с размещенной электрической цепью в корпусе МФЦИ.



Рисунок 3 – Принципиальная схема подключения кнопок к микроконтроллеру и фото с размещенной электрической цепью в корпусе МФЦИ

Разработка пилотажных кадров МФЦИ осуществлялась в программе Macromedia Flash Professional на языке программирования ActionScript 3.0. Он является объектно-ориентируемым языком программирования, один из диалектов ECMAScript, который добавляет интерактивность, обработку данных и многие другие возможности, реализуемые в Flash-приложениях.

На рисунке 4 представлены разработанные имитационные модели МФЦИ с отображенными на них пилотажно-навигационными кадрами.

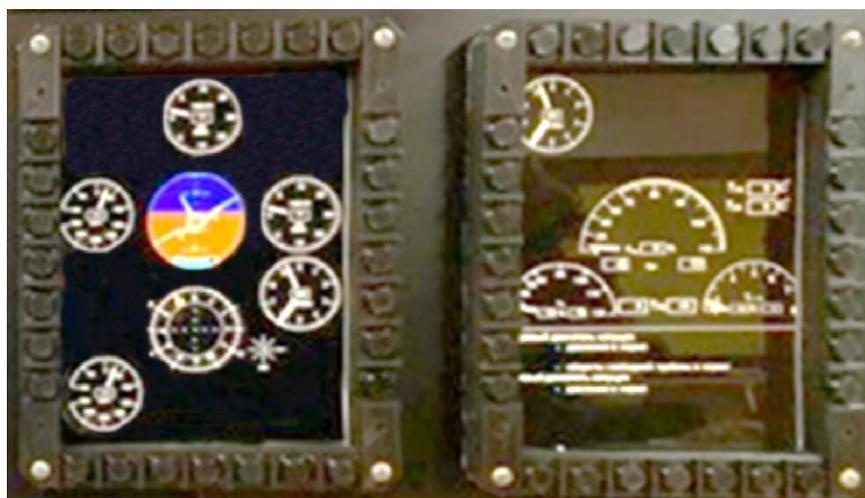


Рисунок 4 – разработанные имитационные модели МФЦИ с отображенными на них пилотажно-навигационными кадрами

Применение разработанных имитационных натуральных моделей МФЦИ в составе пилотажных стендов и тренажеров, позволит повысить эффективность решаемых на них задач авиационными специалистами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Прокофьев, И. О. Авиационные тренажеры : учебно-методическое пособие по проведению практических занятий / И. О. Прокофьев. – М., 2021. – 264 с.
2. Бондер, В. А. Авиационные тренажеры / В. А. Бондер, Р. А. Закиров, И. И. Смирнова. – М. : Машиностроение, 1978. – 192 с.
3. Шишкова, В. Е. Авиационные пилотажные стенды / В. Е. Шишкова, В. А. Мустафина. – М. : Машиностроение, 2003. – 228 с.

УДК 620.9.5001.5

А.А. Мальченко, В.В. Дворников, А.А. Федотов

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

ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО КЛАПАНА

Процесс пилотирования летательным аппаратом является сложной задачей для экипажа, который заключается в постоянном контроле за параметрами различных систем и положением самолета в пространстве.

Раньше для выполнения различных видов маневров летчику необходимо было постоянно отклонять рулевые поверхности, преодолевая шарнирный момент. Современный этап науки и техники позволяет устанавливать в контур управления самолетом гидравлические приводы, которые значительно облегчают процесс управления самолетом, так как за счет давления, создаваемое гидравлической системой, позволяют летчику-оператору отклонять рулевые поверхности в широком диапазоне высот и скоростей полета.

Давление на входе в гидравлический привод, обеспечивает перемещения штока гидроцилиндра, который в свою очередь передает управляющее воздействие на рулевую поверхность, поэтому для поддержания заданного давления используют гидравлические клапаны.

Для анализа функционирования гидравлической системы при падении давления в одной из магистрали нагнетания к гидравлическому приводу, было принято решение разработать имитационную модель гидравлической системы с использованием гидравлического клапана (рисунок 1) с помощью возможностей программного обеспечения Matlab&Simulink и встроенной в него библиотеки Simscape SimHydraulics.

SimHydraulics – это отдельная библиотека пакета Simulink среды MATLAB, предназначенная для моделирования гидравлических систем. SimHydraulics объединяет воедино функциональные возможности продуктов SimPowerSystems, SimMechanics и SimDriveline, позволяя разработчикам систем имитировать взаимосвязанную работу контроллеров и остального оборудования.

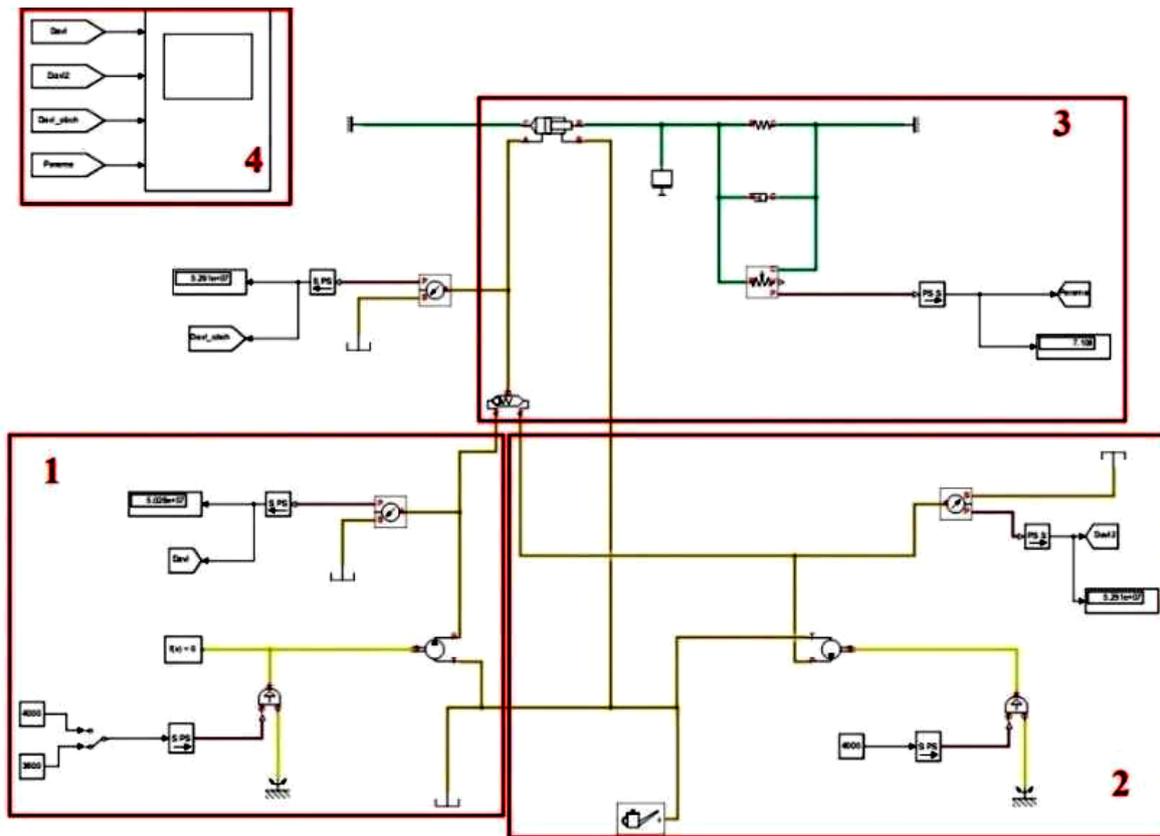


Рисунок 1 – Имитационная модель гидравлической системы с использованием гидравлического клапана

На рисунке представлена имитационная модель, которую можно разделить на:

1. Магистраль нагнетания от первой гидросистемы, в которую входят блоки Simulink-библиотеки такие как: идеальны датчик угловой скорости «Ideal Angular Velocity Source», насос постоянной производительности «Fixed-Displacement Pump», датчик давления «Hydraulic Pressure Sensor», блок связи с атмосферой «Hydraulic Reference».

2. Магистраль нагнетания от второй гидросистемы, в которую входят блоки, которые аналогичны первой подсистеме, за исключением блока источника гидравлической жидкости «Hydraulic Fluid».

3. Магистраль, в которую включены блоки: гидравлический клапан «Shuttle Valve» [1] (рисунок 2), гидропривод двустороннего действия «Double-Acting Hydraulic Cylinder», масса, которую должен перемещать гидропривод «Mass», пружина «Translational Spring» и демпфер «Translational Damper» для создания шарнирного момента, который будет воспринимать блок гидроцилиндра, перемещение штока гидроцилиндра «Ideal Translational Motion Sensor».

4. Блок «Score» для регистрации данных: давление в первой гидросистеме, давление во второй гидросистеме, давление на входе к каналу гидроцилиндра.

Так первые две системы нагнетают рабочую жидкость, на вход в гидравлический клапан. Гидравлический клапан «Shuttle Valve» предназначен для пропускания потока жидкости в одном направлении, при отсутствии управляющего воздействия, и в обоих направлениях, при наличии управляющего воздействия. Клапан имеет два входных порта A и A1 и один порт выхода B. Клапан направляет поток или между портами A и B или между портами A1 и B.

Под управляющим воздействием будем понимать разницу давлений, которое регистрируется между входными портами A и A1.

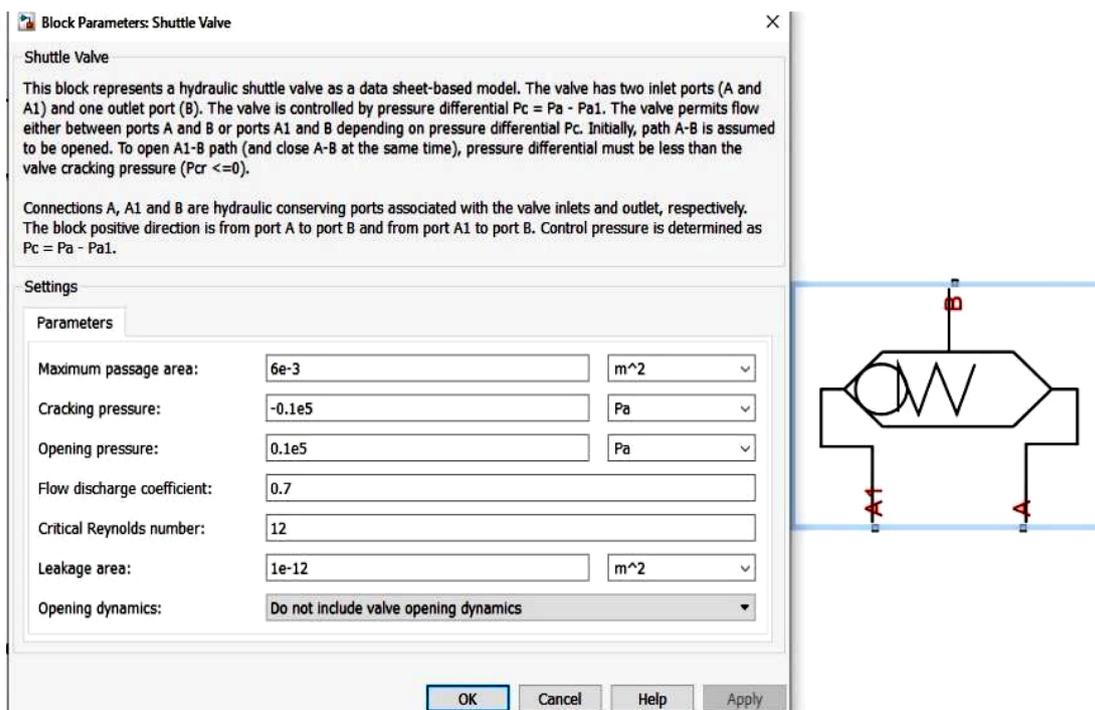


Рисунок 2 – Блок гидравлического клапана с окном параметров

Необходимо отметить, что первоначально канал A1 – B открыт, а канал A – B соответственно находится в закрытом состоянии. Поэтому при имитационном моделировании необходимо создавать ситуацию, при которой давление в одной из гидросистем будет изменяться. Для этого используем блок «Manual Switch» и подключаем к его входу две статические безразмерные величины, которые далее за счет использования блока «Simulink-PS Converter» конвертируются в обороты в минуту (рисунок 3).

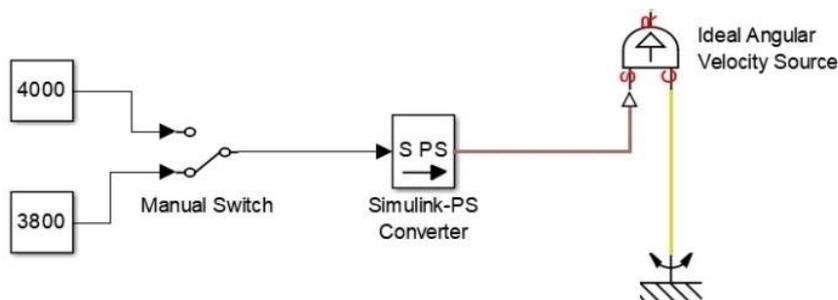


Рисунок 3 – Имитация изменения числа оборотов в минуту за счет блока «Manual Switch»

Для анализа функционирования гидравлической системы с использованием гидравлического клапана были зарегистрированы значения давлений в системе при моделировании следующих ситуаций:

1. Давление в первой и второй гидросистемах поддерживалось постоянным и равным друг другу (рисунок 4, а);
2. Давление в первой гидросистеме уменьшилось за счет изменения количества оборотов вращения ротора насоса постоянной производительности с помощью блока переключения «Manual Switch» (рисунок 4, б)

Из графической зависимости видно, что как только произошло падение давления в первой гидросистеме (красная линия), гидравлический клапан перекрыл канал с меньшим давлением A1 – B и открыл канал A – B при этом общее давление в системе (зеленая линия) поддерживается постоянным.

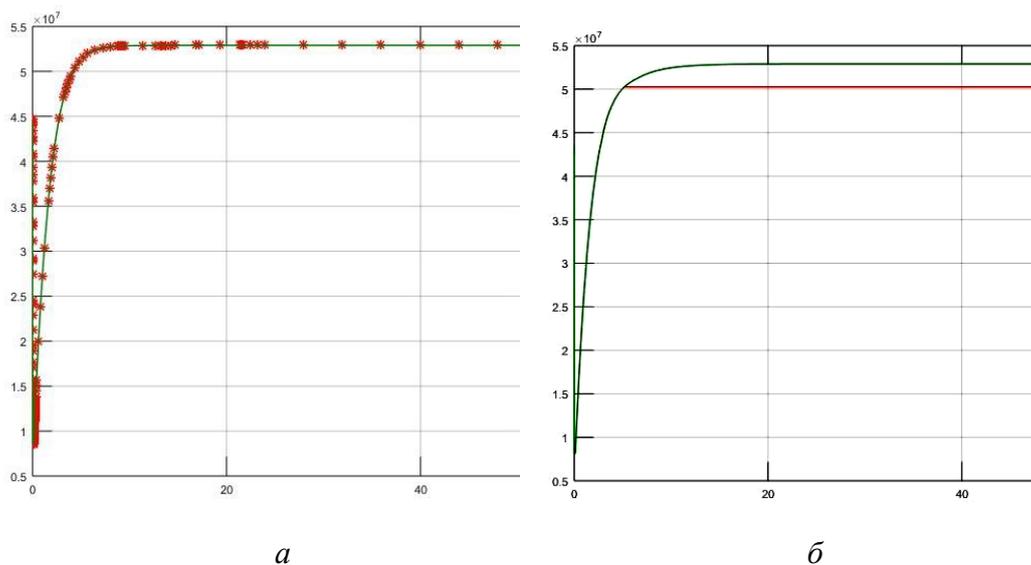


Рисунок 4 – Графические зависимости давления от времени моделирования

Таким образом можно сделать вывод, что для обеспечения надежности работы гидравлической системы при отказе какого-либо агрегата, приводящего к снижению давления необходимо устанавливать гидравлический клапан, который обеспечивает поддержание давления на уровне, необходимом для нормального функционирования гидропривода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Математическое моделирование динамических процессов в гидроприводе с дискретным регулятором потока жидкости / Е. В. Шахматов [и др.] // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2013. – № 1 (39). – С. 157–167.

УДК 629.735.3

С.В. Синявская, А.А. Олейникова, Д.А. Гамза

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИЛ-76 И ЕГО МОДИФИКАЦИИ В СРАВНЕНИИ С ЕГО АМЕРИКАНСКИМ АНАЛОГОМ

Ил-76 – это легендарный транспортный самолет, разработанный в СССР в 1967 году. Он стал символом мощи и надежности в мировой авиации. Самолет способен перевозить огромные грузы на дальние расстояния и выполнять множество различных задач, включая доставку гуманитарной помощи, военные и гражданские перевозки, а также выполнение военных миссий. Ил-76 имеет ряд характеристик, которые делают его непревзойденным в своем классе.

В свою очередь самолет С-141В, который был разработан в 1963 году в США и использовался для перевозки грузов и военных на большие расстояния, а также для проведения множества операций в разных уголках мира.

Ил-76 также известный как «Кандагар» широко использовался во время советско-афганской войны в Афганистане (1979–1989 гг.). Кандагар, как один из крупных городов в южной части страны, был активно использован военными силами СССР в качестве базы и аэродрома для размещения Ил-76 и других военных самолетов. Самолет выполнял множество задач, таких как:

1. Доставка войск и техники: использовался для перевозки военных подразделений, боевой техники, амуниции и другого оборудования из различных регионов СССР в Кандагар. Это позволяло усилить присутствие советских сил в южной части Афганистана.

2. Поставка грузов: выполнял множество грузовых рейсов, доставляя различные материалы, продовольствие, медицинские препараты и другие необходимые ресурсы для советских войск и местного населения.

3. Эвакуация раненых: использовался для эвакуации раненых солдат и гражданских лиц из Кандагара в госпитали и медицинские учреждения в других регионах Афганистана и СССР. Это позволяло обеспечить необходимую медицинскую помощь и спасение жизней.

4. Проведение разведывательных операций: мог выполнять задачи разведки и наблюдения, осуществляя полеты над территорией Афганистана. Это позволяло собирать информацию о движении вражеских сил, обеспечивая тактическое преимущество для советских войск.

5. Поддержка боевых операций: мог выполнять бомбардировочные и боевые задачи, а также поддерживать советские войска в бою, предоставляя им необходимую поддержку и снабжение [1].

Таким образом, самолет играл важную роль в доставке войск, грузов и помощи во время советско-афганской войны в Кандагаре, способствуя выполнению стратегических задач советских военных сил.

Ил-76 и его модификации активно используются во многих странах мира для выполнения различных задач.

В настоящее время существует несколько модификаций Ил-76, включая Ил-76Т, Ил-76ТД, Ил-76ТДП, Ил-76М, Ил-76МД, Ил-76МДК и Ил-76ЛЛ. Каждая модификация имеет свои уникальные характеристики и способности, которые позволяют использовать самолет для различных задач.

Ил-76Т – это модификация, которая была создана для перевозки грузов на большие расстояния. Он имеет увеличенный объем грузового отсека и дополнительный топливный бак, может перевозить до 60 тонн груза.

Ил-76ТДП – пожарный самолет, оснащенный четырьмя турбовинтовыми двигателями (далее – ТВД), которые обеспечивают высокую скорость и маневренность в воздухе. Способен брать на борт до 44 000 кг воды и покрывать ею площадь 500-100 м в течение 6 с или сбрасывать на очаг пожара 44 пожарных-парашютиста и 5 000 кг спецоборудования.

Ил-76М – специализированная военная версия Ил-76Т с пушечным вооружением, системой с дипольными отражателями и установкой помех;

Ил-76МД и ИЛ-76ТД – это модификации, которые были созданы для военных целей. Они имеют улучшенную защиту от ракет и более мощные двигатели ТВД Д-30КП-1.

Ил-76МДК – модифицированная версия тяжелого военно-транспортного самолета, созданная по заказу Роскосмоса, самолет используется для подготовки космонавтов к работе в невесомости. Таких самолетов для тренировки космонавтов в условиях искусственной невесомости было построено всего три [2].

Самолет Ил-76 МДК поднимался на высоту 6000 м, затем под углом 45° с максимальной скоростью набирал высоту до 9000 м. Набрав нужную скорость, самолет отключал двигатели в высшей точке параболы и начиналось свободное падение. Во время переваливания самолета через вершину параболы для последующего снижения и возникает режим невесомости длительностью от 25 до 28 с. Затем самолет снижался до высоты 6000 м.

Ил-76ЛЛ (1991 г.) – летающая лаборатория для отработки перспективных двигателей. Он предназначен для летных испытаний и исследований авиационного турбовинтового двигателя ТВ7-117СТ разработки АО «Климов» для транспортного самолета Ил-112. Техническое оснащение летающей лаборатории позволяет определять параметры и характеристики опытного двигателя на всех режимах работы во всем диапазоне высот и скоростей самолета Ил-112, исследовать характеристики системы автоматического управления двигателя и винта, определять уровень нагружения элементов конструкции двигателя и лопастей винта, осуществлять регистрацию, отображение и передачу информации на наземный пункт управления летным экспериментом.

ИЛ-76 и его модификации продолжают оставаться важными транспортными самолетами, которые успешно выполняют свои задачи в различных условиях.

C-141В – это американский военно-транспортный самолет, который был использован во многих операциях ВВС США, включая Вьетнамскую войну, Персидскую войну и войну в Ираке. Он также был использован для гуманитарных миссий, например, для доставки грузов и помощи при бедствиях. Однако, C-141В был постепенно заменен на новый военно-транспортный самолет C-17 Globemaster III, который имеет большую грузоподъемность и более современную технологию. В настоящее время, большинство C-141В были выведены из эксплуатации, но некоторые из них все еще используются в гражданской авиации и для других целей.

Данный самолет имеет несколько модификаций, которые были разработаны для разных целей. Первая серийная модификация – C-141А, конструктивно выполненная по нормальной схеме с высокорасположенным стреловидным крылом, Т-образным хвостовым оперением и четырьмя турбореактивными двигателями, установленными на пилонах под крылом. Фюзеляж самолета спроектирован по принципу безопасно повреждаемой конструкции и выполнен с применением алюминиевого сплава с высокой трещиностойкостью. Имеются ограничители трещин в виде накладок из титана.

Следующей модификацией является C-141С, она имела новую авионику и систему навигации, а также была произведена замена некоторых механических и электромеханических систем на радиоэлектронные [3].

В целом, ИЛ-76 и C-141В являются очень похожими самолетами, которые были созданы для транспортировки грузов и войск. Однако каждый из этих самолетов имеет свои уникальные характеристики, которые мы рассмотрим в таблице.

Сравнивая два типа самолета, можно сделать вывод, что C-141В и ИЛ-76 имеют сходства в своей конструкции и возможностях. Они были разработаны для разных целей и применяются в разных частях мира. Оба самолета являются надежными и эффективными в своих задачах.

Таблица – Сравнительные характеристики Ил-76 и C-141В

Критерии сравнения	Ил-76	C-141В
Год создания	1967 год	1963 год
Длина	46,6 м	51,74 м
Размах крыльев	50,5 м	48,74 м
Площадь крыла	300 м ²	299,88 м ²
Высота	14,46 м	12,27 м
Максимальная взлетная масса	190 000 кг	146 000 кг
Максимальная дальность полета	Около 4 000 км	Около 5 500 км
Максимальная скорость	Около 900 км/ч	Около 933 км/ч
Вместимость	Может вместить до 126 пассажиров или 145 солдат	Может вместить около 90 пассажиров или 154 солдат
Грузоподъемность	Способен перевозить до 50 тонн груза	Способен перевозить до 40 тонн груза
Двигатели	Имеет 4 двигателя Д-30КП-2, которые обеспечивают мощность для поднятия грузов на большие высоты	Имеет 4 двигателя Pratt & Whitney TF33-P-7, которые также обеспечивают достаточную мощность для поднятия грузов на большие высоты
Модификации	Ил-76Т, Ил-76ТД, Ил-76ТДП, Ил-76М, Ил-76МД, Ил-76МДК и Ил-76ЛЛ	C-141В, C-141А, C-141С
Использование	Широко используется для военных и гражданских целей, включая перевозку грузов, военных десантов и борьбу с лесными пожарами	Также использовался для военных целей, но был заменен на C-17 Globemaster III

В целом, ИЛ-76 и С-141В являются двумя великими достижениями авиационной индустрии. Благодаря своим модификациям, оба самолета продолжают служить военным и гражданским целям по всему миру. Однако ИЛ-76 более распространен в странах бывшего СССР и используется в военных целях, а С-141В больше применяется в США и других странах НАТО для транспортировки грузов и войск.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фролова, Л. М. Самолет Ил-76 : учеб. пособие / Л. М. Фролова – М. : Военное изд., 1990. – 147 с.
2. Самолет Ил-76МД: инструкция по технической эксплуатации : в 6 ч. – М. : Военное издательство, 1978. – Ч. 2 – 283 с.
3. Кудишин, И. Раритеты американской авиации / И. Кудишин – М. : АСТ Апрель, 2001. – 161 с.

УДК 629.7

Э.Ж. Павлушкин, Д.Д. Леде, В.А. Красковский

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СБОРА ПОЛЕТНЫХ ДАННЫХ С ВНЕДРЕНИЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ «ГОНЕЦ» НА ВОЗДУШНЫЕ СУДА BOEING 737

Модернизация системы сбора полетных данных воздушного судна (ВС) путем внедрения спутниковой связи является актуальной и заключается в предотвращении потери данных полета ВС при полном разрушении самописца за счет передачи их в облачное хранилище. Целью модернизации является внедрение системы спутниковой связи «Гонец» в систему сбора полетных данных воздушного судна (ВС) Boeing 737.

На сегодняшний день особое внимание привлекает к себе система спутниковой связи «Гонец», являющаяся российской разработкой и имеющая большие перспективы [1]. Разработка системы «Гонец» началась в 1989 году. Данная система в своем составе имеет 15 низкоорбитальных спутников, обеспечивающих полное покрытие земной поверхности и минимальную временную задержку при передаче данных. Последние спутники, имеющие современную элементную базу, были выведены на орбиту в 2015 и 2022 годах. Увеличение количества спутников приводит к уменьшению времени ожидания связи между абонентами и временем передачи информации (рисунок 1).



Рисунок 1 – Типовая система связи с использованием системы «Гонец»

Информация с борта ВС может передаваться как без участия наземных региональных станций, то есть данные с ВС передаются на спутник [2], а после на стационарный носитель, так и с участием этих станций. Наиболее скоростным терминалом является судовая станция «Гонец» (СЗС «Гонец»). Данные абонентские терминалы питаются напряжением 12 В постоянного тока, а сеть питания на борту ВС 28 В постоянного тока. Для понижения напряжения был разработан блок питания на базе модуля XL4015.

Модернизированная система сбора полетных данных с использованием спутниковой связи «Гонец» представлена на рисунке 2.

Внедряемая спутниковая связь независима от регистраторов параметров ВС при отказе штатной системы регистрации. Информация с цифровых датчиков поступает в блок сбора данных без интерфейсов для последующей передачи. Данные в виде напряжений с аналоговых датчиков выдаются через интерфейсный модуль, который преобразует данные с этих датчиков в необходимый формат [3]. Все данные с блока сбора полетных данных так поступают на абонентский терминал и далее на антенну.

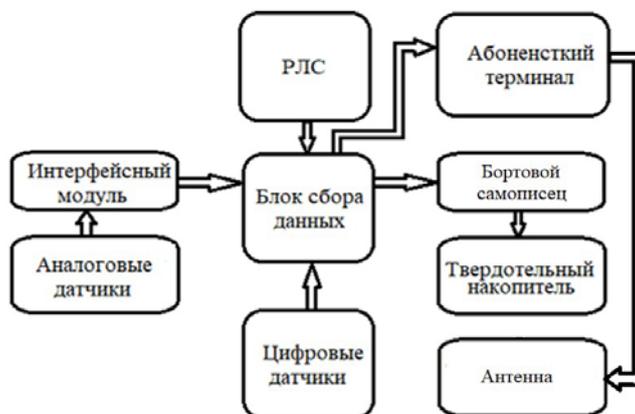


Рисунок 2 – Структурная схема системы сбора полетных данных с использованием спутниковой связи «Гонец»

Для передачи данных по спутниковой связи выбрана обогреваемая антенна ССА-Д2-1М устойчивая к обледенению до 25 мм [4], устанавливаемая на верхней части самолета как можно ближе к осевой линии самолета, на достаточном расстоянии от других антенн ВС и с горизонтальным расположением.

Принципиальная электрическая схема системы сбора полетных данных с использованием спутниковой связи «Гонец» представлена на рисунке 3. В модернизированную систему сбора полетных данных внедрено два реле, два переключателя, блока питания, сам абонентский терминал и антенна для передачи данных. Система спутниковой связи «Гонец» включается только при наличии отказа, угрожающего безопасности полета ВС в воздухе. Система сбора полетных данных на ВС Boeing 737 выявляет в системах ВС такие отказы и выдает соответствующие сигналы. Напряжение питания для системы подается от панели автоматов защиты сети (АЗС). При выявлении отказа с блока сбора данных выдается сигнал на реле состояние системы, по срабатыванию которого сигнал заземления подается на блок контроля. Именно этот сигнал будет задействован для запуска спутниковой связи. Для работы системы необходимо наличие реле К2 для контроля нахождения ВС в воздухе и реле К1 для сигнализации наличия отказа. При нахождении ВС на земле с отключенными АЗС контакты реле К2 находятся в нормально замкнутом, а реле К1 – в нормально разомкнутом положении. При подаче напряжения на борт ВС на земле, контакт реле К2 переключаются, тем самым замыкая цепь питания реле К1. Плюс 28 В поступает на управляющую катушку, которая запитывается от АЗС, а минус – от концевого выключателя при обжатых стойках шасси. При отрыве ВС, концевые выключатели, расположенные на стойках шасси перестают выдавать минус на реле К2, тем самым переводя контакты в исходное состояние – нормально замкнутое. Питание от АЗС через реле К2 подается на управляющую обмотку реле К1. Сигнал заземления для работы системы подается от реле состояния работы системы

при выявлении отказа. При отсутствии отказов в воздухе, на управляющей обмотке реле К1 подается только плюс через реле К2 от АЗС. Система находится в готовности. При появлении неисправности, блок сбора полетных данных выдает сигнал на реле контроля работы системы, тем самым замыкая контакт цепи на минус, которая так же подается на управляющую обмотку реле К1, тем самым вызывая его срабатывание. Замыкается контакт питания с АЗС на цепь, идущую к блоку питания. Он необходим, так как напряжение питания абонентского терминала составляет 12 В, а напряжение на борту ВС 28 В. Блок питания, состоящий из предохранителя F1, двух потенциометров R1, R2, дисплея D1 и модуля M1, минус имеет общий, а плюс поступает с реле К1, тем самым включая его в работу, следовательно, и абонентский терминал. На последний поступают данные в том же виде, что и на самописец, и передаются через антенну.

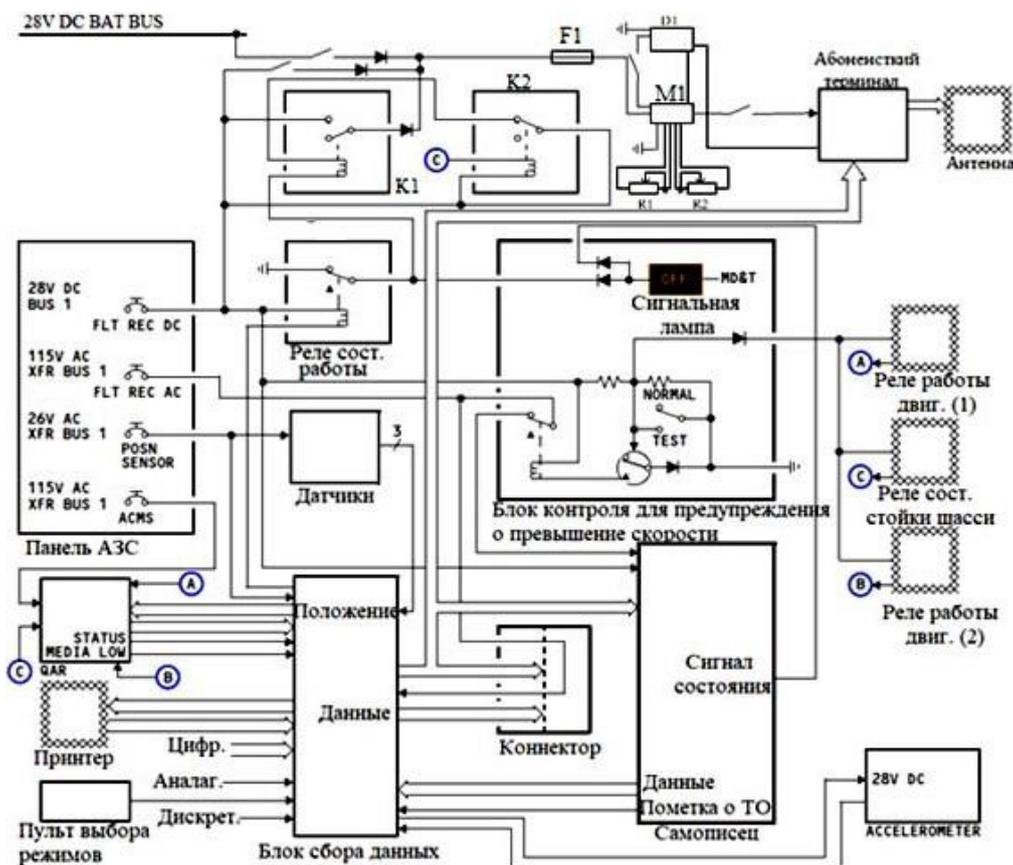


Рисунок 3 – Принципиальная электрическая схема системы сбора полетных данных с использованием спутниковой связи «Гонец»

Модернизированная система сбора полетных данных имеет резервирование для принудительного запуска системы спутниковой связи в случае отказа автоматики. Один коммутатор устанавливается в цепь от АЗС на вход блока питания при штатной работе ВС, тем самым принудительно подавая сигнал на запуск системы, а второй – для работы аварийной сети питания от аккумуляторных батарей при отказе преобразователей, генераторов основной сети питания переменным током. Для исключения возможных ложных срабатываний и наводок, в цепь включены диоды.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гонец. Спутниковая связь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gonets.ru. – Дата доступа: 28.09.2023.

2. Связь и радионавигация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: cirspb.ru/. – Дата доступа: 28.09.2023.

3. Clean CSS [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.cleancss.com>. – Дата доступа: 28.09.2023.

4. Приложение 15 к Конвенции о международной гражданской авиации «Службы аэронавигационной информации». – Монреаль : ИКАО, 2018. – 60 с.

УДК 629.7.017.1

А.И. Маслиев, М.А. Корнеев, А.С. Фимушин

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

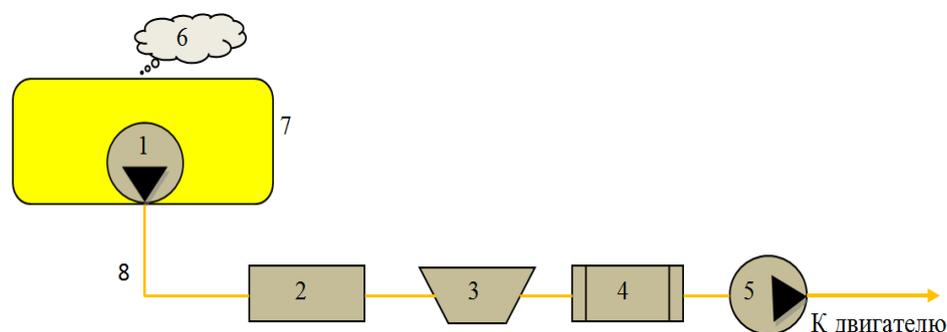
ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ О НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВАХ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Наиболее эффективным способом решения задач контроля и прогнозирования технического состояния объекта в условиях большого количества информации является использование искусственного интеллекта. Одним из направлений развития искусственного интеллекта, основанного на применении компьютерных технологий, является фаззи-логика (нечеткая логика).

Рассмотрим возможность применения теории о нечетких множествах (фаззи-логики) для определения технического состояния авиационной техники. В качестве примера приведем возможность использования нечеткой логики для диагностики технического состояния топливной системы воздушного по восьми заданным параметрам ее функционирования.

На рисунке 1 представлена упрощенная схема топливной системы воздушного судна, которая состоит из восьми элементов.

Примем, что каждый из элементов топливной системы может находиться в двух состояниях исправном и неисправном, а также, что одновременно не могут отказать два и более элемента. Кроме того, маловероятные отказы бака, трубопроводов и датчика расходомера, для упрощения системы рассматривать не будем. В итоге получим пять вероятных отказов: отказ системы наддува 6; отказ насоса подкачки 1; засорение фильтра 2; закрытие пожарного крана 4; отказ насоса подкачки на двигателе 5.



1 – насос подкачки; 2 – фильтр; 3 – датчик расходомера; 4 – пожарный кран;
5 – насос подкачки на двигателе; 6 – система наддува; 7 – бак; 8 – трубопроводы

Рисунок 1 – Схема топливной системы

Известно, что работоспособность объекта характеризуется различными параметрами (частота вращения, давление, температура и т. д.). Параметрами, с помощью которых можно распознать состояние топливной системы, являются: избыточное давление P_6 в системе поддавливания; напряжение V и сила тока I в цепи питания подкачивающего насоса; давление за подкачивающим насосом $P_{н.п.}$; давление за фильтром $P_ф$; давление за двигательным подкачивающим насосом $P_{д.п.н.}$; расход топлива W ; положение пожарного крана [1].

В таблице представлены значения параметров топливной системы при ее работоспособном состоянии, а также при различных видах отказов.

Таблица – Параметры топливной системы

№ параметра	Признаки	Состояния					
		C_0 система исправна	C_1 нет наддува	C_2 отказ ПН	C_3 засор. фильтра	C_4 закрытие ПК	C_5 отказ ДПН
X_1	$P_6, \text{Па} \cdot 10$	0,1–0,3	0	0,19	0,19	0,19	0,19
X_2	$V, \text{В}$	24–28	26	7	26	26	26
X_3	$I, \text{А}$	48–55	50	44	50	50	50
X_4	$P_{н.п.}, \text{Па} \cdot 10$	0,8–1,2	0,7	0,2	0,95	1,35	1,35
X_5	$P_ф, \text{Па} \cdot 10$	0,1–0,3	0,05	0	0	0	1
X_6	$P_{д.п.н.}, \text{Па} \cdot 10$	2,1–2,5	2,25	2	2,3	0,2	1
X_7	$W, \text{м}^3/\text{ч}$	3 900	4 250	3 750	4 000	0	2 400
X_8	Полож. ПК	Открыт	Открыт	Открыт	Открыт	Закрыт	Открыт

Каждый параметр, указанный в таблице, характеризующий работу топливной системы, обозначим входной переменной « X_n », где n – номер рассматриваемого параметра.

Введем для каждого параметра топливной системы лингвистические переменные, которые будут характеризовать их нахождение в заданных (работоспособных и неработоспособных) пределах. Такими переменными будут: «ОТКАЗ» и «РАБОТА». Графически, данные зависимости представлены на рисунке 2.

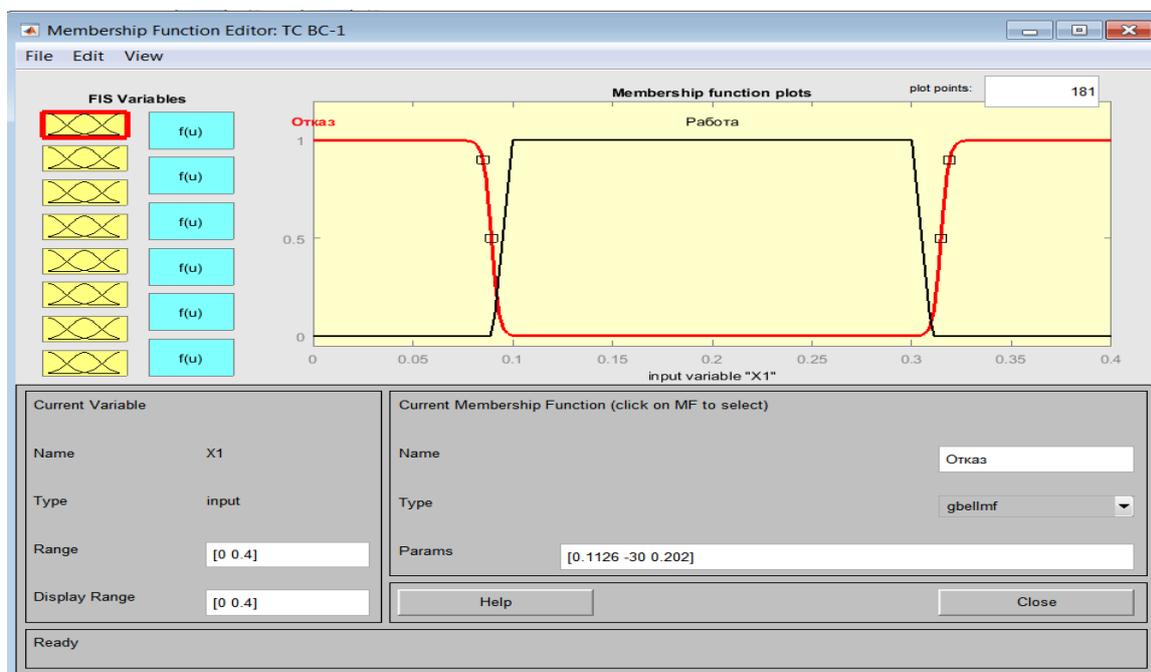


Рисунок 2 – Графическое отображение взаимосвязи лингвистических переменных и заданных пределов параметров, характеризующих работоспособность топливной системы воздушного судна сформированное в программной системе MATLAB с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox

Для описания термов лингвистической переменной диагностических параметров объекта вводятся функции принадлежности. Для термина «РАБОТА» применяется z -подобная функция принадлежности, для термина «ОТКАЗ» s -подобная функция.

Переменная выхода, описывающая техническое состояние объекта, задается нечеткими терминами: «Система исправна», «Нет наддува», «Отказ ПН», «Засорение фильтра», «Закрытие ПК» и «Отказ ДПН». На следующем этапе формируется база знаний (правил) с использованием нечетких высказываний вида « b есть a » и связок «И», «Если..., то...» [2]. Логика составления базы знаний следующая. Предполагается, что если значение хотя бы одного из параметров выходит за критические границы, то диагностируется неисправное состояние объекта, если значения всех параметров находятся в области допустимых значений, то диагностируется исправное состояние объекта. В этом случае нечеткая база знаний имеет следующий вид:

Правило 1: если $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8$ «Работа», то Y «Система исправна».

Правило 2: если X_2, X_3, X_6, X_7, X_8 «Работа», а X_1, X_4, X_5 «Отказ», то Y «Нет наддува».

Правило 3: если X_1, X_7, X_8 «Работа», а X_2, X_3, X_4, X_5, X_6 «Отказ», то Y «Отказ ПН».

Правило 4: если $X_1, X_2, X_3, X_4, X_6, X_7, X_8$ «Работа», а X_5 отказ, то Y «Засорение фильтра».

Правило 5: если X_1, X_2, X_3 «Работа», а X_4, X_5, X_6, X_7, X_8 «Отказ», то Y «Закрытие ПК».

Правило 6: если X_1, X_2, X_3, X_8 «Работа», а X_4, X_5, X_6, X_7 «Отказ», то Y «Отказ ДПН».

В общем виде база знаний представлена на рисунке 3.

Для преобразования четких входных значений в нечеткие выходные используется алгоритм нечеткого логического вывода Мамдани, который имеет следующие шаги:

- для входных переменных, принявших конкретные (четкие) значения $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ из базы правил, с помощью функций принадлежности вычисляются степени истинности;
- для каждого правила системы нечеткого вывода, включающего предпосылки, связанные между собой при помощи логической операции «И», определяются степени истинности заключений как минимальное значение истинностей всех его предпосылок;
- нечеткие значения выходной переменной каждого заключения базы правил объединяются в итоговое нечеткое подмножество с использованием операции логического максимума степеней истинности;
- из полученного нечеткого множества значений переменной выхода методом левого (правого) максимума определяется конечное диагностируемое техническое состояние объекта в виде нечетких термов: «Система исправна», «Нет наддува», «Отказ ПН», «Засорение фильтра», «Закрытие ПК» и «Отказ ДПН».

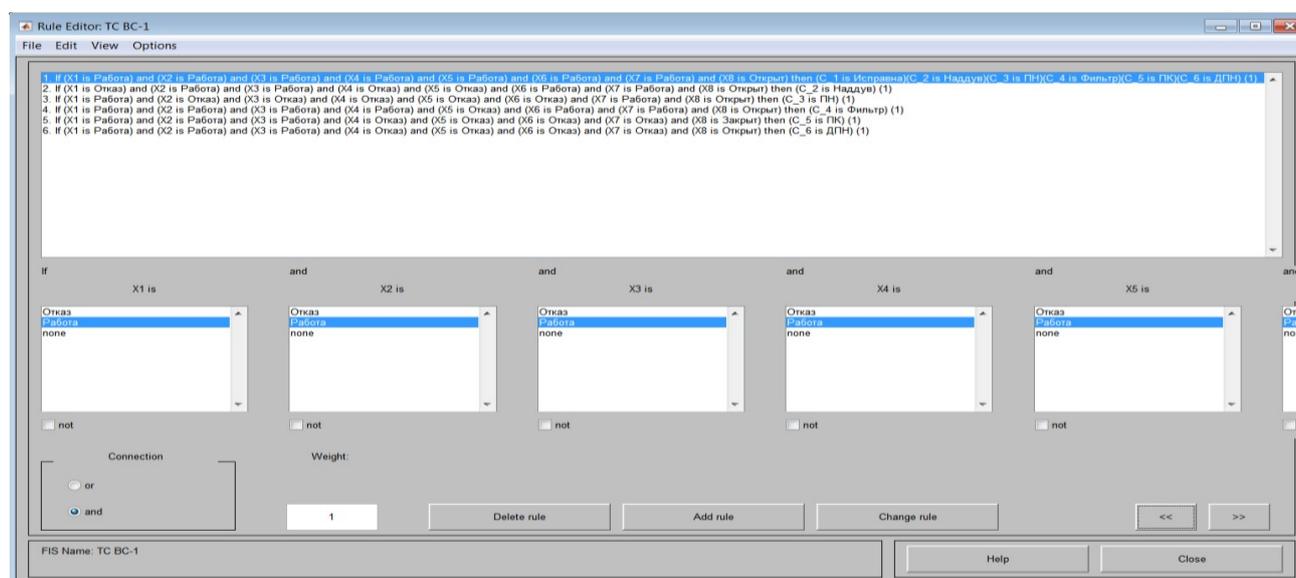


Рисунок 3 – Общий вид базы знаний, сформированной в программной системе MATLAB с использованием пакета Fuzzy Logic Toolbox

В заключение хотелось бы отметить, что достоинствами диагностики технического состояния объекта с использованием методов нечеткой логики является возможность их использования даже в случае трудоемкости или невозможности проведения точных вычислительных расчетов. Кроме того, с применением нечеткой логики появилась возможность прогнозировать изменение технического состояния систем, а также автоматизировать процесс поиска неисправностей авиационной техники. Однако методы нечеткой логики не заменяют традиционные подходы, а наоборот, дополняют их.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фетисов, Е. В. Эксплуатация боевой авиационной техники / Е. В. Фетисов. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 322 с.
2. Кувайскова, Ю. Е. Использование нечеткой логики для диагностики технического состояния объекта / Ю. Е. Кувайскова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2018. – Т. 20, № 4 (3). – С. 487–490.

УДК 629.7.08

Э.Ж. Павлушкин, А.Н. Леванович, А.А. Клименко

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ОБУЧАЮЩАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОИСКА ОТКАЗОВ ПРИЕМНИКА ВОЗДУШНОГО ДАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОНТРОЛЬНО-ПОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ

Перед полетом anerоидно-мембранные приборы проверяются на герметичность систем полного и статического давлений, а также проверяется работоспособность этих приборов [1]. Для этого с помощью контрольно-поверочной аппаратуры (КПА) создается давление, после чего сравниваются показания на контрольном приборе с показаниями на проверяемом приборе. При этом важно, чтобы стрелки приборов перемещались на шкале плавно, без каких-либо скачков и перепадов.

В настоящее время важную роль занимают виртуальные модели и тренажеры при обучении, как авиационного персонала, так и курсантов [2]. Использование виртуальной модели уменьшает материальные затраты, а времени для изучения той или иной системы, оборудования затрачивается в разы меньше. И после усвоения теоретического материала, появляется возможность закрепить полученные знания практической работой с использованием виртуальной модели.

Актуальность работы заключается в том, что курсант сможет получить практические навыки пользования контрольно-поверочной аппаратурой без использования настоящего образца аппаратуры КПА-ПВД. Данная разработка виртуальной модели поможет курсанту изучить принцип ее работы и закрепить полученные знания с использованием только компьютера. Это позволит не только сократить время для изучения КПА-ПВД, но и практически выполнять все виды проверок ПВД с целью выявления отказов в ПВД.

Лабораторная установка контрольно-поверочной аппаратуры приемника воздушного давления (КПА-ПВД) соответствует оригиналу и позволяет курсанту выполнять весь перечень проверок предусмотренные лабораторной работой по теме «Контрольно-поверочная аппаратура приемника воздушного давления».

Целью данной работы является разработка и внедрение виртуальной лабораторной установки КПА-ПВД в учебный процесс с целью закрепления полученных теоретических знаний курсантами и получения практических навыков.

Для разработки виртуальной модели использовалась среда разработки лабораторных виртуальных приборов Labview [3]. Эта среда разработки предназначена для инженеров и конструкторов, для которых программирование не является основной частью их деятельности. Законченный продукт пользуется большей популярностью в сравнении с лабораторными приборами, так как имеет более широкие возможности, применяемые в программировании. Для этого понадобится лишь компьютер и изготовленный виртуальный прибор.

Внешний вид аппаратуры, разработанной в программе Labview, представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Внешний вид виртуальной лабораторной установки контрольно-поверочной аппаратуры приемника воздушного давления (КПА-ПВД)

Как в самой аппаратуре, так и в ее виртуальной модели, имеются следующие элементы: кран-переключатель «давление» или «разряжение», кран регулировочный статического давления, кран регулировочный динамического давления, контрольный указатель скорости КУС-2000. Краны сброса статического и динамического давлений заменены переключателями сброса статического и динамического давлений, чтобы прилагать меньше усилий и сократить воздействия на установку. Двухполюсный переключатель заменен двумя переключателями: один включает или выключает питание установки, другой позволяет в любой момент времени включить подсветку установки. Проверяемый указатель скорости расположен рядом с контрольным для удобства в сравнении их показаний, когда в реальной установке он подключается к аппаратуре при помощи трубопроводов, что доставляет определенные трудности. Так как установка предназначена для обучения курсантов, на лицевой панели было принято решение расположить лампу «ошибка», и когда последовательность действий курсанта неправильна, то эта лампа загорается. Также добавлена кнопка «Stop» для того, чтобы остановить работу самой программы после выполнения всех действий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воробьев, В. Г. Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы приборы : учебник для вузов / В. Г. Воробьев. – М. : Транспорт, 1992. – 263 с.
2. Меженин, А. В. Технология 3d моделирования для создания образовательных ресурсов : учебное пособие / А. В. Меженин. – СПб., 2008. – 112 с.
3. Язык программирования LabVIEW [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://roi4cio.com>. – Дата доступа: 26.09.2023.

УДК 533.652

А.В. Некрасов, С.А. Боридько

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

К ВОПРОСУ НАПИСАНИЯ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА УСИЛИЙ В СТЕРЖНЯХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ ФЕРМЫ КРЕПЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ

В современных летательных аппаратах пространственные фермы применяются для крепления турбовинтовых двигателей на крыле, поршневых двигателей легкомоторных самолетов (либо на крыле, либо в носовой части фюзеляжа), турбореактивных двигателей. Фермы обеспечивают: необходимый вынос винта, достаточную прочность и легковесность конструкции крепления.

Для обеспечения геометрической неизменяемости и статической определимости конструкции крепления двигателя нужно иметь шесть стержней. Однако, с целью повышения живучести фермы часто выполняют с числом стержней больше шести, то есть статически неопределимыми.

Усилия в стержнях статически неопределимых ферм находят методом сил. По причине достаточной трудоемкости метода и необходимости в ряде случаев проведения многовариантного анализа узла крепления двигателя (несколько конструктивных решений фермы, разная жесткость стержней, различные расчетные случаи нагружения) будет целесообразным написание программы расчета усилий в стержнях пространственной фермы крепления двигателя.

На рисунке 1 приведена блок-схема расчета усилий в стержнях статически неопределимой фермы, в которой учтены основные этапы алгоритма метода сил. Каждый из блоков может быть изложен более подробно, а сама блок-схема расширена с учетом возможности проведения многовариантного расчета. Однако, представленной схемы достаточно, чтобы акцентировать внимание на важности этапа выбора основной схемы.

Лишние стержни могут быть заданы пользователем, или определены программой.

Для простой пространственной фермы условием геометрической неизменяемости и одновременно статической определимости служит простое равенство [1]:

$$m = 3n - 6,$$

где m – число жестких стержней в ферме; n – число ее узлов.

Модуль крепления двигателя является сложной пространственной фермой. Условием геометрической неизменяемости ее основной схемы будет не равенство нулю определителя уравнений равновесия. Однако, недостаточно установить факт мгновенной изменяемости системы, необходимо объяснить причины, дать рекомендации по изменению основной схемы. Для решения такой задачи наиболее целесообразным следует считать программную реализацию частных случаев, превращающих пространственную основную систему в механизм. Существует несколько вариантов формулировки таких случаев [2, 3]. Наилучшим образом подходит для программирования следующий вариант:

1. Все шесть стержней пересекаются на одной прямой. Равновесие системы возможно только в том случае, если равнодействующая внешних сил проходит также через эту прямую.

2. Все шесть стержней параллельны между собой (прямая, на которой пересекаются все стержни, ушла в бесконечность).

3. Стержни по три лежат в двух параллельных между собой плоскостях.

4. Пять из шести стержней лежат в двух плоскостях, пересекающихся по линии, параллельной шестому стержню.

5. Более трех стержней лежат в одной плоскости [2].

Численное описание этих условий базируется на положениях аналитической геометрии.



Рисунок 1 – Блок-схема расчета усилий в стержнях статически неопределимой фермы методом сил

Программная реализация метода сил позволяет исключить «человеческий фактор» при принятии решений о выборе основной схемы, повысить точность расчетов, сократить временные затраты на проведение многовариантного расчета ферм крепления двигателей, тем самым повысить надежность узлов крепления, снизить их материалоемкость.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шульженко, М. Н. Курс конструкции самолетов / М. Н. Шульженко, А. С. Мостовой. – М. : Машиностроение, 1965. – 564 с.
2. Справочная книга по расчету самолета на прочность / М. Ф. Астахов [и др.]. – М. : ГИОМ, 1954. – 708 с.
3. Уманский, А. А. Строительная механика самолета / А. А. Уманский. – М. : Оборонгиз, 1961. – 529 с.

УДК 355.354

В.И. Поддьячий, О.В. Шинкаренко

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ПРИОРИТЕТНЫЕ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Несмотря на стремительное завоевание поля боя беспилотными авиационными комплексами в обозримой перспективе выполнение ряда задач по-прежнему сохранится за пилотируемой авиацией. Принятие на вооружение ВВС США, РФ и КНР самолетов пятого (F-22, F-35, Су-57, J-20) и активная разработка самолетов шестого поколений свидетельствуют об актуальности их боевого применения как в современных, так и в будущих военных действиях. Основными признаками таких самолетов являются их малозаметность, выполнение сверхзвукового полета на бесфорсажном режиме работы двигателей и широкие информационные возможности. Однако высокая стоимость данных авиационных комплексов (например, истребитель F-35A стоит более \$100 млн.) заставляет задуматься о целесообразности массового принятия на вооружение, учитывая их относительную эффективность.

Наиболее массовый многоцелевой истребитель пятого поколения F-35A «Лайтнинг-2» создавался с учетом стелс-технологии для замены состоящих на вооружении американских ВВС самолетов F-15 и F-16. Комплекс бортового оборудования самолета F-35A «Лайтнинг-2» в сочетании с системой обмена информацией обеспечивает летчику высокий уровень осведомленности о воздушной и наземной обстановке, сокращая информационный обмен с органами управления авиацией. Низкий уровень заметности в электромагнитном спектре позволяет применять самолеты в районах, плотно насыщенных средствами противовоздушной обороны, однако это свойство обеспечивается только при размещении вооружения во внутренних отсеках ограниченных размеров. Увеличение полезной нагрузки самолета достигается путем ее подвески на четырех внешних подкрыльевых пилонах. Количество боеприпасов, которое способен нести самолет F-35A в одном боевом вылете, по современным стандартам недостаточно даже с учетом их расположения на внешних подвесках. Зарубежные эксперты отмечают низкую маневренность данного образца авиационной техники, использование при его производстве устаревших технологий снижения заметности, а также высокую стоимость самолета, его обслуживания и ремонта [1, 2].

Современный истребитель выступает в большей степени не как средство воздушного боя, а многофункциональная платформа, обеспечивающая выполнение задач, связанных с поражением широкого спектра воздушных целей и наземных объектов. При этом устойчивой тенденцией современного воздушного боя и развития авиационных средств поражения (АСП) является увеличение дальности применения, автономности наведения и вероятности поражения, что сказывается на их геометрических размерах. Размещение же АСП на внешних узлах подвески неминуемо увеличивает эффективную площадь рассеяния самолета, возвращая его по заметности в предыдущее поколение и уравнивая боевые возможности противоборствующих сторон (самолетов).

В свою очередь, самолет поколения «4+++» МиГ-35, впитавший в себя лучшие технические решения самолетов четвертого (МиГ-29, МиГ-31) и пятого поколений, несет на 8 внешних узлах подвески достаточное, на наш взгляд, количество АСП общей массой до 7 тонн, включая УР класса «воздух – воздух» средней (Р-77) и малой (Р-73Э) дальности в сочетании с противорадиолокационными (Х-31П) ракетами и УР класса «воздух – поверхность» (типа Х-29), а также корректируемыми и свободнопадающими бомбами калибра до 500 кг включительно. Наличие на самолетах-истребителях F-35A и МиГ-35 в составе бортовых систем датчиков различных типов (радиолокационная и оптиколокационная станции) и каналов автоматического обмена информацией с другими летательными аппаратами и наземными пунктами управления обеспечивают экипажам высокую ситуационную

осведомленность [2, 3]. Однако следует отметить, что скрытная атака воздушного противника возможна только при использовании пассивной локации или внешнего целеуказания, поскольку она не демаскирует свое присутствие радиолокационным излучением.

Сравнительный анализ боевых свойств, сопоставимых по решаемым задачам самолетов F-35A и МиГ-35, подтверждает условно-сомнительное превосходство первого над вторым. Рассматривая отдельные тактико-технические характеристики самолетов, взятые из открытых источников (таблица), можно сделать вывод о преимуществе одного из них по тому или иному показателю [2, 3].

Таблица – Основные тактико-технические характеристики самолетов F-35A и МиГ-35

Самолет	F-35A	МиГ-35
Экипаж, чел	1	1 (2)
Количество двигателей, ед.	1	2
Тяга максимальная / на форсаже, кгс	13 000 / 19 500	10 800 / 18 000
Тяговооруженность, ед.	0,8–0,85	0,76–0,77
Максимальная скорость, км/ч	1 930	2 400
Практическая дальность без ПТБ, км	2 200	2 000
Боевой радиус без ПТБ, км	1 080	480
Практический потолок, м	18 300	17 500
Максимальная эксплуатационная перегрузка, ед.	9	9
Боевая нагрузка, кг	8 278	7 000
Количество точек подвески внутренних / внешних, ед.	4/6	–/8

В отличие от «невидимки» F-35A истребитель МиГ-35 обладает сверхманевренностью, что дает ему преимущество в ближнем воздушном бою и в сочетании с передовым бортовым автоматическим комплексом обороны обеспечивает эффективное противоракетное маневрирование и защитные действия, повышая боевую живучесть в условиях активного применения противником зенитных ракетных средств [3].

Исходя из результатов анализа вышеизложенного можно сделать вывод о том, что при сопоставимых тактико-технических характеристиках оба самолета теоретически имеют примерно равные боевые потенциалы, однако комплексная оценка частных приоритетов по малой заметности, живучести, маневренности, дешевизны технического обслуживания и эксплуатации (при равных возможностях по дальности применения АСП) смещает акцент по показателю эффективности «цена-качество» в сторону самолета МиГ-35. Кроме того, с нашей точки зрения, можно утверждать, что многолетний опыт эксплуатации, ремонта и модернизации самолетов МиГ-29 создает благоприятные условия для продолжения надежной эксплуатации нового многофункционального авиационного комплекса МиГ-35, обеспечивающего эффективное выполнение боевых задач в области боевого воздействия, сопоставимой с территорией Республики Беларусь, при минимальных затратах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Александров, В. Боевые возможности тактической авиации военно-воздушных сил США / В. Александров // Зарубежное военное обозрение. – 2023. – № 5. – С. 52–60.
2. Истребитель F-35 – технические характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aviakatastrofa.net/raznoe/harakteristiki-samoleta-f-35.html>. – Дата доступа: 02.03.2022.
3. МиГ-35 / [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://army-today.ru/tehnika/mig-35>. – Дата доступа: 12.07.2021.

УДК 629.7.017

Н.В. Рогов, З.А. Лукожев

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

К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ СВАРКИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ

Прогресс в области аэродинамики и инженерного проектирования привел к необходимости создания новых конструкционных материалов, способных выдерживать перегрузки и эксплуатироваться долгое время, так в самолетостроении высокотемпературные титановые сплавы стали применяться на средних кромках плоскостей сверхзвуковых воздушных судов. Сплав BT5-1 применяется для изготовления сварных корпусных деталей двигателей, работающих при температуре до 450 °С. Сплав BT20 используется для сильно нагруженных корпусов деталей-двигателей и изготовления лонжеронов. Сплав жаропрочен и способен выдерживать длительное воздействие температуры до 500 °С. Высокопрочный сплав BT22 обладает свойством закаливаться с малыми скоростями охлаждения. Из этого сплава изготавливают крупногабаритные детали воздушного судна. Использование большого разнообразия титановых сплавов в самолетостроении позволяет удовлетворять постоянно возрастающие требования к летно-техническим характеристикам современного воздушного судна [1].

В последнее время воздушные судна часто подвергаются всевозможным повреждениям. Для ввода в строй необходимо в кратчайшее время производить ремонт их. Поэтому на воздушном судне сварные работы в основном производятся в полевых условиях или на стоянке. В полевых условиях порывы ветра могут повлиять на качество сварки, в результате чего образуются дефекты, что снижает качество сварных соединений.

Цель работы – повышение эффективности и качества сварки деталей из титановых сплавов с применением аргонодуговой сварки при ремонте в полевых условиях.

При аргонодуговой сварке титановых сплавов вследствие порывов ветра происходят неравномерный нагрев и последующее охлаждение сварного шва, это способствует образованию дефектов в сварных соединениях. Дефект сварного шва в работе подразумевает отклонение от норм технических условий, и они могут быть такими, как механическая прочность, сплошность, герметичность и геометрические размеры сварных швов [2]. По характеру залегания отклонения от норм в сварных соединениях могут быть внешними (трещины, подрезы, чрезмерная чешуйчатость и геометрические размеры шва не соответствуют) и внутренними (непровар, пережог, газовые поры, шлаковые включения и внутренние трещины). По величине дефекты (размеры) подразделяют на микроскопические (обнаруживаются микроскопом) и макроскопические (видны невооруженным глазом). При выполнении сварочных работ применяют различные методы неразрушающего контроля сварных соединений (визуально-оптический и ультразвуковой) [2, 3]. Дальнейшая эксплуатация воздушного судна с дефектом может привести к разрушению детали и катастрофе. На основании статистических данных были проанализированы дефекты, полученные при аргонодуговой сварке титановых сплавов в полевых условиях и при искусственном порыве ветра. Анализ показал, что появление дефектов зависит от скорости защитной струи (рисунок 1).

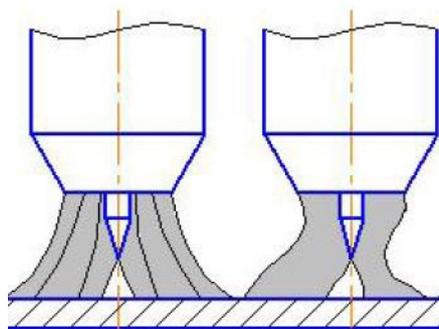


Рисунок 1 – Влияние ветра на газовую защиту

Порывы ветра не дают равномерного охлаждения сварочной ванне. При неравномерном охлаждении титана ниже 150 °С происходит выпадение гидрида (γ -фазы), что является причиной образования трещин. Также за счет высокой чувствительности титанового сплава к концентрациям напряжений разрушение проходит и по телу, и по границам зерен.

На рисунке 2 представлена разработанная методика проведения исследования эффективности защиты при сварке на площадке под открытым небом.

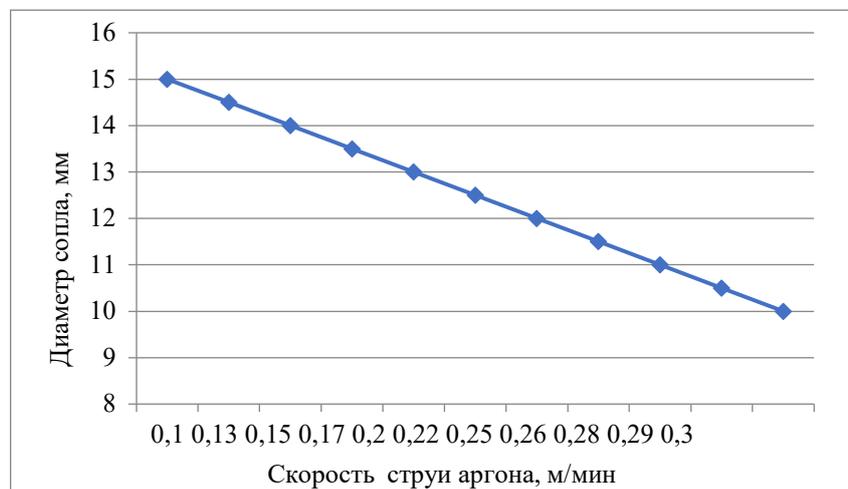


Рисунок 2 – Изменение скорости защитной струи аргона

Для моделирования процесса аргонодуговой сварки в полевых условиях при имитации порывов ветра разработана установка. В установку входят: пост для аргонодуговой сварки с вольфрамовым электродом, вентилятор, имитирующий порывы ветра, и титановые образцы. При исследовании использовались коническое, цилиндрическое и профилированное сопла, на основании проведенных экспериментов было предложено использовать двухполостное гиперболоидное сопло. Расчетно-экспериментальным способом установлена зависимость скорости защитной струи от изменения геометрии сопла (рисунок 2).

При моделировании была установлена зависимость скорости защитной струи аргона от скорости ветра. Полученные при моделировании данные были экспериментально сравнены, и результаты показали их малое расхождение.

Таким образом, проведенные исследования позволяют сделать заключение, что для качества сварного соединения при аргонодуговой сварке деталей из титана в полевых условиях необходимо использовать разработанное двухполостное гиперболоидное сопло для истечения защитного газа. Применение данного сопла позволит повысить качество сварных швов, выполненных аргонодуговой сваркой при ремонте в полевых условиях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Смелов, В. Г. Титановые сплавы в аэрокосмической технике: преимущества и ограничения / В. Г. Смелов, А. В. Митрянин // Проблемы и перспективы развития двигателестроения: сборник докладов Международной научно-технической конференции, Самара, 23–25 июня 2021 года. – Самара : Самарский национальный исследовательский университет имени академика С. П. Королева, 2021. – Т. 1. – С. 204–206.

2. Моисеев, В. Н. Высокопрочные титановые сплавы в авиационных конструкциях / В. Н. Моисеев, Ю. А. Грибков, Ю. И. Захаров // Авиационные материалы и технологии. – 2007. – № 1. – С. 46–51.

3. Батаева, З. Б. Обзор исследований сплавов, разработанных на основе энтропийного подхода / З. Б. Батаева, А. А. Руктуев, И. В. Иванов // Обработка металлов (технология, оборудование, инструменты. – 2021. – Т. 23, № 2. – С. 116–146.

УДК 629.7

М.А. Роднов, О.Н. Болдырева

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

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОСТЕКЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА

Первое авиационное подразделение в Арктике появилось 1 марта 1931 года, и эта дата считается днем рождения полярной авиации России, основными задачами, которой являются: перевозка пассажиров и грузов, проведение систематической ледовой разведки, снабжение дрейфующих и полярных станций, участие в поисково-спасательных мероприятиях, освоение и развитие полярных регионов [1]. С 1930-х годов Арктический регион имеет военнoстратегическое значение для нашей страны [2]. С развитием авиационной техники увеличиваются и накапливаются знания по исследованию Арктики. Безопасность поселений Арктики невозможна без устойчивого транспортного обеспечения [3]. Огромный вклад полярная авиация внесла в организацию по снабжению дрейфующих станций, и в труднодоступные места в Арктике [4].

Вся техника в Арктике находится в основном под открытым небом. При эксплуатации детали остекления воздушного судна подвергаются воздействию резких изменений температур, атмосферных осадков, ультрафиолетовых лучей и т. п., что может привести к уменьшению прочностных характеристик и, как следствие, к его разрушению [5]. Поврежденное органическое стекло может привести к авиакатастрофе или серьезным авиационным инцидентам.

В авиастроении применяются ориентированное и неориентированное оргстекло. Атмосферостойким считается ориентированное оргстекло [6]. Наиболее встречающимся дефектом остекления является «серебро» или поверхностное растрескивание. Таким образом, возникает необходимость при появлении дефекта «серебро» производить восстановление деталей остекления воздушного судна в полевых условиях. При этом обязательно отремонтированный элемент конструкции должен обеспечивать: прочность, равную исходной прочности, аэродинамические характеристики и минимальные экономичные затраты [7].

Сущность дефекта заключается в том, что на участке стекла образуется многочисленное скопление мелких поверхностных трещин. Возможными причинами возникновения дефектов остекления являются: естественное старение материала, воздействие ультрафиолетового и радиационного облучения, влага, эрозионные воздействия песка и т. д. Принцип появления поверхностного растрескивания остекления недостаточно изучены, четкого объяснения его появления и механизма образования в литературе нет. До настоящего времени выявлены лишь факторы, приводящие к такому дефекту. Одним из основных факторов является резкий перепад температур в Арктике. Цель исследования является разработка методики для определения зависимости размера трещин вследствие изменения температуры воздуха.

Размеры микротрещин дефекта «серебро» различные, у поверхности стекла края трещин выступают и расходятся (рисунок 1). Измерение размеров трещины производится визуально-оптическим методом неразрушающего контроля при помощи микроскопа ПМБ-2.

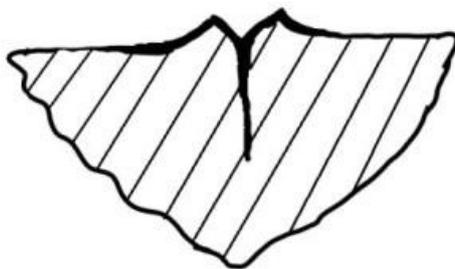


Рисунок 1 – Схема трещины

Устранение поверхностной микротрещины предлагается производить использованием контактной сварки. Для определения зависимости изменения микротрещин были проведены испытания для определения серебростойкости органического стекла при испытании на изгиб при помощи специальной установки, где изгибающее усилие вычисляется через напряжение при изгибе σ . Результаты исследований представлены на рисунке 2.

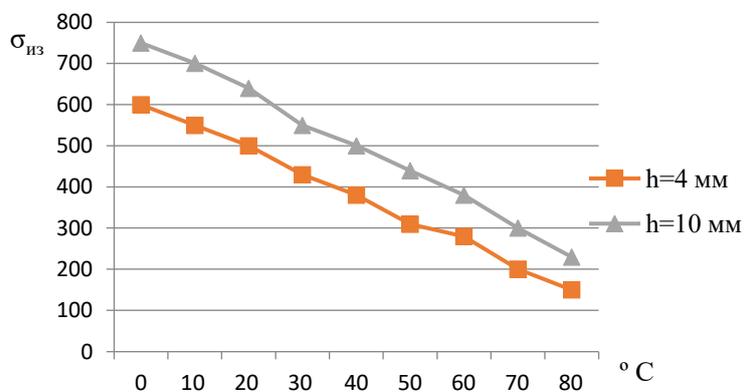


Рисунок 2 – Зависимость серебростойкости от толщины стекла и температуры

Анализ исследования показал, что серебростойкость зависит от толщины стекла (h), температуры и скорости нагружения. Заварку трещин необходимо производить сжимающим усилием с одновременным подогревом до сварной температуры, для этого было изготовлено приспособление. С помощью приспособления производят местный нагрев микротрещины до 130 °С, не касаясь стекла. Тем самым производится сварка органического стекла и дефект «серебро» устраняется.

На основе выполненных исследований была предложена методика, с помощью которой возможно определить зависимость изменения размеров микротрещин дефекта «серебро» от температуры. Предложен оперативный метод устранения поверхностных микротрещин дефекта «серебро» с помощью нагревательного приспособления путем местной термообработки.

Исследования продолжаются, в будущем они будут проведены на образцах других органических стекол.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Глушков, В. В. Полярная авиация: состояние и перспективы развития / В. В. Глушков, Н. М. Куприков // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2020. – № 6. – С. 110–120.
2. Рогов, Н. В. Особенности восстановления композиционных материалов в условиях сверхнизких температур / Н. В. Рогов, Д. Н. Жертиев // Жизненный цикл конструкционных материалов (от получения до утилизации): материалы X Всероссийской научно-технической конференции с международным участием, Иркутск, 22–24 октября 2020 года. – Иркутск : Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2020. – С. 65–70.
3. Рогов, Н. В. К вопросу эксплуатации малой авиации в Арктической зоне / Н. В. Рогов // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации : сборник трудов VIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Иркутск, 14–16 октября 2019 года. – Иркутск : Иркутский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации», 2019. – С. 44–48.

4. Виноградов, Ю. В. История полярной авиации в экспозиции Российского государственного музея Арктики и Антарктики / Ю. В. Виноградов // Полярные чтения на ледоколе «Красин». – М., 2017. – С. 285–293.

5. Куршев, Е. В. Влияние длительного климатического старения на микроструктуру поверхности органического стекла в полусушном и субтропическом климате / Е. В. Куршев, С. Л. Лонский, И. В. Мекалина // Труды ВИАМ. – 2022. – № 3 (109). – С. 15–26.

6. Мекалина, И. В. Особенности влияния атмосферных факторов на авиационные органические стекла / И. В. Мекалина, М. К. Айзатулина, Е. Г. Сентюрин // Труды ВИАМ. – 2018. – № 11 (71). – С. 28–34.

7. Болдырева, О. Н. Повышение безопасности при ремонте элементов конструкции летательного аппарата / О. Н. Болдырева, Н. В. Рогов // Комплексные проблемы техносферной безопасности: материалы VI Международной научно-практической конференции: в 3-х ч., Воронеж, 21–22 декабря 2020 года. – Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2021. – Т. 1. – С. 454–457.

УДК 629.135

В.Н. Макаренко, А.В. Савонник

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

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЕРТОЛЕТА

Одним из наиболее перспективных направлений в развитии авиационной техники является ее электрификация. Применение электрической энергии преследует цели улучшения показателей эффективности летательных аппаратов, повышения их экологичности и снижения эксплуатационных расходов.

Создание электрического вертолета потребует кардинального пересмотра принципов построения его энергетических и силовых систем:

- электроснабжения вертолета (по мощности, электрическим параметрам, источникам и способам преобразования электроэнергии и др.);
- системы кондиционирования;
- противообледенительной системы;
- управления полетом (по приводам регулирующих органов, управления шасси, насосов гидросистемы и др.);
- силовой установки (по способам создания тяги, системам управления, смазки и др.).

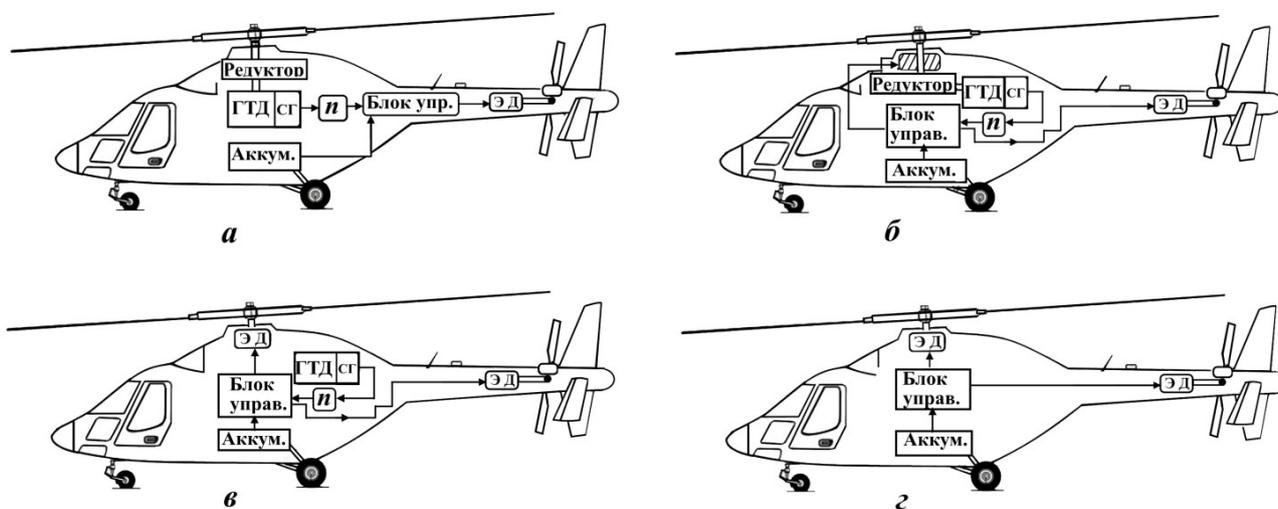
Технологическое обеспечение применения новых принципов построения этих систем связано с созданием регулируемых электрических приводов и генераторов, обладающих малой удельной массой, источников электрической энергии (аккумуляторов, топливных элементов с системами хранения топлива для них), преобразователей электрической энергии, построенных с использованием высокотемпературной силовой электронной элементной базы (температура более 150 °С) и ряда других.

Особое место в решении проблемы создания электрических ЛА занимает силовая установка (СУ). Применение электрических технологий может привести к изменению принципов ее построения и создания тяги [1]. В связи с этим сегодня изучаются и прорабатываются различные варианты построения силовой установки, возможные варианты, применения которой показаны на рисунке 1.

Применение регулируемого по частоте вращения электрического привода в СУ вертолета позволит получить ряд преимуществ по сравнению с традиционными СУ:

- повысить качество траекторного управления и улучшить маневренность вертолета;
- увеличить ресурс СУ в связи с исключением ряда сложных механических устройств;

- улучшить эксплуатационную технологичность;
- снизить эксплуатационные расходы;
- уменьшить заметность;
- улучшить экологические характеристики (снизить выбросы).



а – электрический привод РВ (генератор с ГТД); *б* – комбинированная силовая установка (генератор с ГТД);
в – полностью электрическая силовая установка с генераторным источником питания;
з – полностью электрическая силовая установка с аккумулятором

Рисунок 1 – Схема применения вариантов силовой установки на «электрическом» вертолете

Реализация этих преимуществ зависит от технологических возможностей создания источников электропитания с необходимыми характеристиками и электрических приводов.

Критерием оценки возможности электрификации вертолета является его масса, при которой могут быть выполнены заданные тактико-технические требования (ТТТ) к нему. Современные технологии пока не позволяют обеспечить высокие показатели удельной массы электрических устройств, что резко снижает летные-тактические характеристики вертолета.

Исходными данными для определения технического облика «электрического» вертолета являются:

- весовая категория и назначение вертолета;
- основные ТТТ, тип и характеристики двигателей.

Таким образом, в настоящее время при современных технологиях и условии выполнения ТТТ построение полностью электрической СУ нереально вследствие неприемлемого увеличения ее массы. Возможность создания такого вертолета появится при достижении значений удельной массы компонентов: электроприводы 0,1 кг/кВт, генераторы 0,08 кг/кВт, преобразователи 0,1 кг/кВт, аккумуляторы 1 кг/(кВт·ч). Такие показатели в перспективе могут быть достигнуты при применении технологий, основанных на высокотемпературной сверхпроводимости и криогенной технике для охлаждения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Моисеев, В. С. М 74 Силовые установки перспективных беспилотных вертолетов / В. С. Моисеев. – Казань : Редакционно-издательский центр «Школа», 2020. – 284 с. – (Серия «Современная беспилотная вертолетная техника»).

УДК 681.518.5

А.Н. Сажин, В.А. Макаренко, А.Г. Алисов

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

О ВЫБОРЕ НЕОБХОДИМОЙ СТРУКТУРЫ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ САМОЛЕТА

В настоящее время имеет смысл создание системы, помогающей летному экипажу при повреждении конструкции самолета во время полета. С такой задачей продуктивно справляется искусственная нейронная сеть (ИНС), основным преимуществом которой, является возможность обрабатывать большие массивы данных в короткие сроки.

Для решения такой задачи решено использовать пакет Neural Network Toolbox [1] программного комплекса Matlab&Simulink, предоставляющего возможность создания ИНС с наиболее современными алгоритмами оптимизации и интеграции ее в модель динамики полета самолета в режиме реального времени.

С помощью такой модели сформирован массив данных из 1512 значений, необходимый для дальнейшего обучения перспективной нейронной сети (НС). Входными параметрами такой НС являются величины, определяющие коэффициент подъемной силы, при помощи которого в дальнейшем определяется нагруженное состояние крыла.

Полученный массив разбивается на три части: обучающую, контрольную и тестовую в соотношении 70:15:15. Обучающая часть предназначена для построения модели нейронной сети, контрольная выборка используется для текущей оценки качества обучения и дает возможность предотвратить переобучение нейронной сети, что позволяет сохранить эффективность прогнозирования на примерах, не участвовавших в обучении. Тестовая выборка требуется для оценки качества обучения.

Для определения необходимой структуры протестированы сети с малым количеством нейронов в скрытых слоях с использованием трех алгоритмов минимизации среднеквадратической ошибки, предлагаемых программным комплексом Matlab. Алгоритм Левенберга-Марквардта является наиболее быстрым алгоритмом в наборе, но требующий больше памяти чем другие. Алгоритм Байеса обычно требует больше времени, но приводит к рациональному результату для сложных и небольших наборов данных. В случаях, когда необходимо меньше памяти используется алгоритм масштабируемых сопряженных градиентов.

В качестве критерия оценки обучения для каждой ИНС рассчитывается величина среднеквадратической ошибки ε , определяемой выражением:

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Y_i - Y)^2 \rightarrow \min,$$

где n – количество пар набора данных (значения представленного моделью и выходного значения ИНС); Y_i – выходное значение ИНС; Y – расчетное.

Для малой обучающей выборки наличие большого количества нейронов в скрытых слоях является нерациональным, поэтому для сравнительной оценки эмпирическим путем выбраны сети с 6, 7, 8, 9 нейронами с сигмоидной (тангенс гиперболический) функцией активации.

Сравнительный анализ проводился для сетей с одним и двумя скрытыми слоями при условии выполнения моделью маневра «Змейка» ($M = 0,6$; $H = 4000$ м). Результаты анализа представлены в таблице.

Таблица 1 – Сравнительный анализ НС

	1 скрытый слой				2 скрытых слоя			
	6	7	8	9	6	7	8	9
trainLM	$6,32 \times 10^{-3}$	$1,27 \times 10^{-3}$	$1,19 \times 10^{-3}$	$1,65 \times 10^{-3}$	$7,05 \times 10^{-5}$	$2,33 \times 10^{-4}$	$8,25 \times 10^{-5}$	$3,90 \times 10^{-4}$
trainBR	$5,23 \times 10^{-4}$	$1,82 \times 10^{-4}$	$1,60 \times 10^{-4}$	$1,20 \times 10^{-4}$	$1,30 \times 10^{-4}$	$7,25 \times 10^{-5}$	$1,14 \times 10^{-4}$	$2,89 \times 10^{-4}$
trainSCG	$1,16 \times 10^{-4}$	$2,65 \times 10^{-2}$	$3,92 \times 10^{-3}$	$6,58 \times 10^{-3}$	$3,21 \times 10^{-3}$	$1,84 \times 10^{-2}$	$1,10 \times 10^{-3}$	$8,20 \times 10^{-4}$

Из таблицы видно, что минимальное значение ошибки между расчетным и выходным значением составляет $7,05 \times 10^{-5}$ и соответствует НС, использующей алгоритм оптимизации Левенберга – Макрвардта с двумя скрытыми слоями по 6 нейронов, схематичную структуру которой можно видеть на рисунке 1.

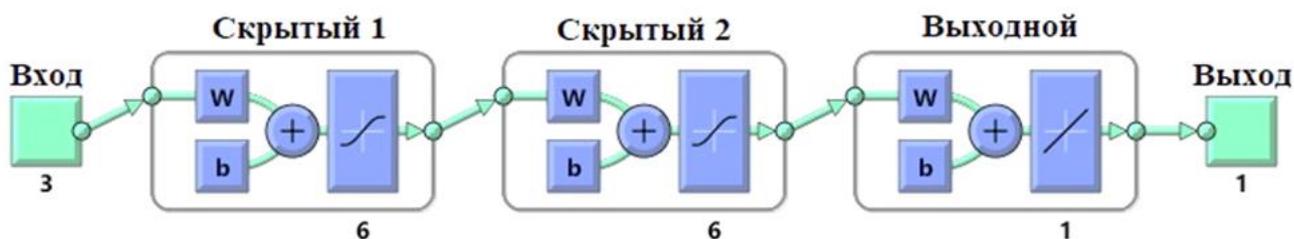


Рисунок 1 – Структурная схема полученной НС

Дальнейший анализ зависимостей, построенных на основании работы полученной ИНС, показывает удовлетворительную сходимость с результатами аналитического моделирования полета самолета при выполнении маневра «Змейка», что говорит о ее адекватности и представляет возможность вычисления нормальной перегрузки в сечениях по длине крыла самолета, а также в случаях с нарушением его конструктивной прочности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Доррер, М. Г. Моделирование нейронных сетей в системе MatLab: лабораторный практикум / М. Г. Доррер. – Красноярск: СибГУ им. М.Ф. Решетнева, 2021. – 98 с.

УДК 629.7.035.35/.37

О.С. Порожняк, Н.И. Пучко

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВВД НА СОВРЕМЕННЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Турбовинтовентиляторный двигатель (ТВВД) – это двигатель, занимающий промежуточное положение между турбовинтовым (ТВД) и турбореактивным двухконтурным двигателем (ТРДД). Практически исчерпанные возможности снижения удельного расхода топлива современных газотурбинных двигателей (ГТД) и вырождение турбореактивного двигателя (ТРД) в классе тяг до 50 кН привели к тому, что проблема разработки и использования современных ТВВД стала актуальной.

Для обозначения положения ТВВД используем классификацию, выполненную авторами учебника «Газотурбинные двигатели» Иноземцевым А. А., Сандрацким В. Л. (рисунок 1) [1].

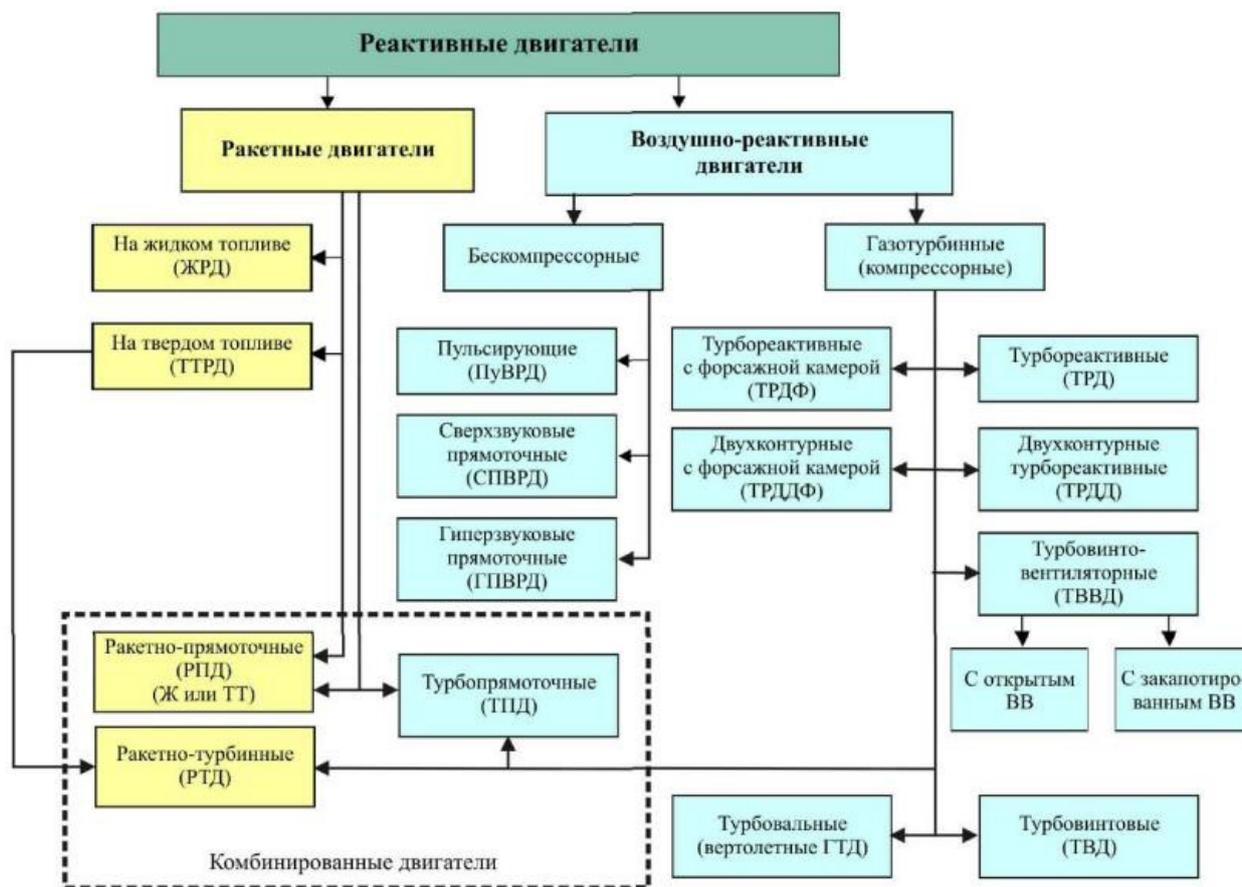


Рисунок 1 – Классификация реактивных двигателей

Как известно, ТВД является наиболее экономичным типом двигателей на скоростях полета $M_{п} < 0,7$, использование которого позволяет значительно сократить расходы на топливо в сравнении с ТРДД. При скорости полета $M_{п} > 0,7$ КПД винта начинает интенсивно падать, а удельный расход топлива – увеличиваться. Применение специально спроектированного многолопастного стреловидного ВИШ, называемого винтовентилятором (далее ВВ), используемого в ТВВД, позволило расширить зону экономичной эксплуатации ТВД. ВВ имеет повышенную нагрузку на ометаемую площадь и сохраняет относительно высокий КПД до $M_{п} = 0,8-0,85$ (рисунок 2).

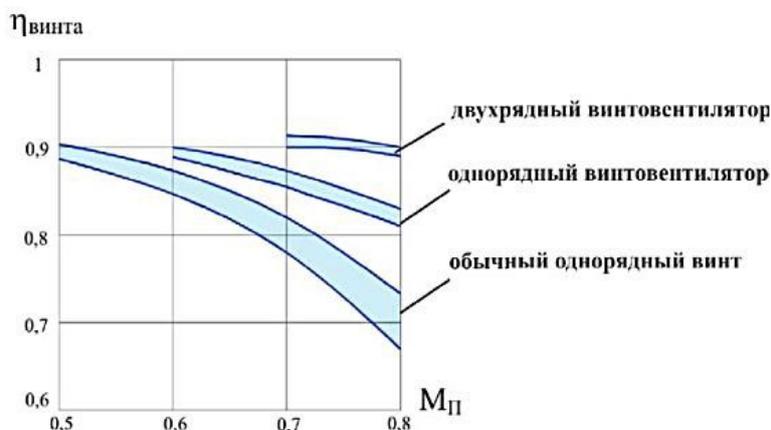


Рисунок 2 – Зависимость КПД винта от скорости полета

В качестве базового был рассмотрен ТВВД Д-27 – один из немногих двигателей данного класса, который применяется на сегодняшний день в гражданской авиации на

самолетах АН-70 (рисунок 3). Главной особенностью конструкции Д-27 является применение трехвальной схемы, где двухступенчатый соосный ВВ СВ-27, ступени которого вращаются в противоположные стороны, приводится в движение четырехступенчатой свободной турбиной с использованием одноступенчатого дифференциального редуктора [2].



Рисунок 3 – Общий вид и конструктивная схема ТВВД Д-27

Для определения экономической эффективности ТВВД была составлена сравнительная таблица двигателей Д-27, НК-110 и НК-12 [3].

Таблица 1 – Характеристики различных авиационных двигателей

Характеристика двигателя	ТВВД	ТВВД	ТВД
	Д-27	НК-110	НК-12
m , кг	1 730	2 300	2 900
N_{\max} , кВт	10 294	15 665	9 200
$N_{\text{кр}}$, кВт	4 963	–	4 778
$\gamma_{\text{дв}}$, кг/кВт	0,168	0,146	0,315
$C_{\text{уд.мах}}$, кг/кВт·ч	0,231	0,258	0,396
$C_{\text{уд.кр}}$, кг/кВт·ч	0,177	–	0,223
$G_{\text{т.мах}}$, кг/ч	2 378	4 042	3 643
$G_{\text{т.кр}}$, кг/ч	878	–	1 065

В результате сравнения (таблица 1) были сформулированы следующие выводы о перспективе применения ТВВД на современных ЛА:

- удельный расход у двигателей Д-27 и НК-110 при существенно больших мощностных характеристиках ниже, чем у двигателя НК-12;
- эффективное использование ТВД ограничивается скоростью полета $M_{\text{п}} < 0,7$, в то время как ограничение для ТВВД – $M_{\text{п}} < 0,85$;
- удельная масса ТВВД ($\gamma_{\text{дв}}$) существенно ниже в сравнении с ТВД, что подтверждают расчеты, приведенные в таблице 1.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иноземцев, А. А. Газотурбинные двигатели : учебное пособие / А. А. Иноземцев, В. Л. Сандрацкий. – Пермь : ОАО «Авиадвигатель», 2006. – 1204 с.
2. 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.
3. Авиационные двигатели : альбом схем / А. И. Созонов. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2008. – 72 с.
4. Теория авиационных двигателей : в 2-х ч. / под ред. Ю. Н. Нечаева. – М. : Изд. ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2005.

УДК 004.4.275

Д.Е. Скоробогатов, П.С. Костин, В.В. Дворников

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

СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ПО РАЗБОРКЕ/СБОРКЕ КОЛЕСА САМОЛЕТА НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ

Для решения задачи по улучшению технологических карт, по которым инженерно-технический состав выполняет работы, было решено создать трехмерную модель передней опоры шасси с не тормозными колесами, для дальнейшей визуализации этапов разборки-сборки колеса (рисунок 1).

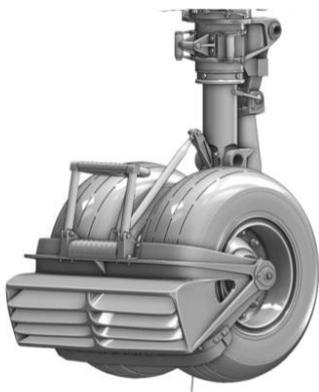


Рисунок 1 – Трехмерная модель не тормозных колес в составе опоры шасси

На первом этапе демонтажа колеса передней опоры шасси необходимо снять грязезащитный щиток. Для этого необходимо отсоединить кронштейн крепления тяги щитка от нижней части штока амортизатора, выкрутив 4 болта (рисунок 2).

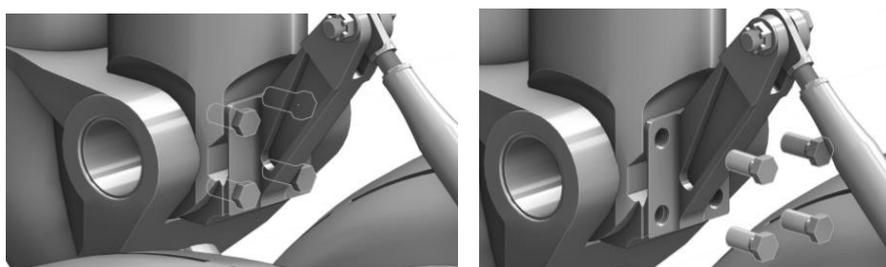


Рисунок 2 – Выполнение первой операции

Далее, демонтируются гайка и осевой болт, которые удерживают через полуоси грязевой щиток (рисунок 3).



Рисунок 3 – Демонтаж гайки, шайбы и осевого болта

Для снятия грязевого щитка, остается вынуть полуоси. После выполнения этой операции, появится доступ к барабану колеса (рисунок 4).

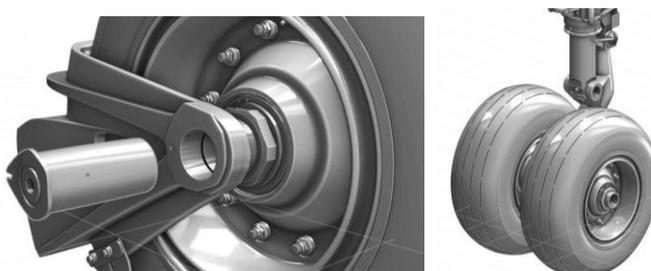


Рисунок 4 – Демонтаж полуоси и вид опоры без грязевого щитка

Следующий шаг – снятие колеса с оси вращения. Чтобы сделать это, необходимо отвинтить гайку, которая не позволяет колесу уйти с оси вращения, предварительно сняв контровочную проволоку со стопорного кольца (рисунок 5) [1].

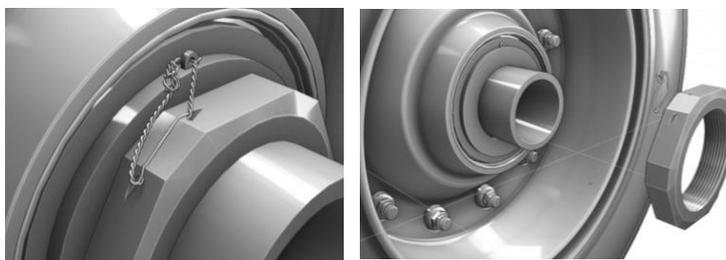


Рисунок 5 – Снятие контровки и гайки с оси колеса

После этих операций, колесо готово к снятию с оси для дальнейшей разборки.

Третьим этапом происходит разборка колеса. Начинается все с снятия бескамерного пневматика. Для этого необходимо стравить давление, путем выкручивания колпачка и золотника клапана зарядки (рисунок 6).

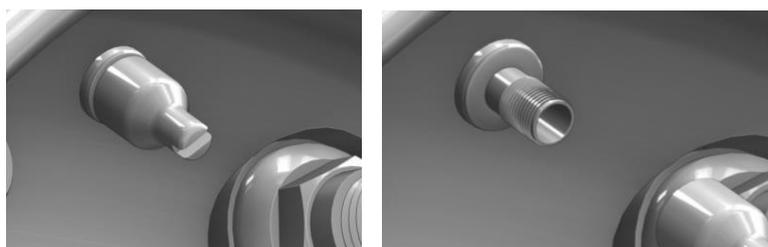


Рисунок 6 – Стравливание давления с пневматика

Затем, необходимо открутить гайки и болты, стягивающие барабан колеса (рисунок 7).



Рисунок 7 – Барабан колеса, после демонтажа крепежных болтов

Так как барабан колес имеет интегрированные реборды, то для снятия пневматика, необходимо извлечь одну из половин барабана, но перед этим, должны быть извлечены стопорное кольцо, сальник и подшипник. После этого, извлекается половина барабана колеса с запрессованными уплотнительным кольцом и внешней обоймой подшипника (рисунок 8).



Рисунок 8 – Стопорное кольцо, сальник, подшипник и колесо после демонтажа половины барабана

Далее извлекается уплотнительное кольцо, и по аналогии с ранее проделанными операциями, второй сальник и роликовый подшипник (рисунок 9).

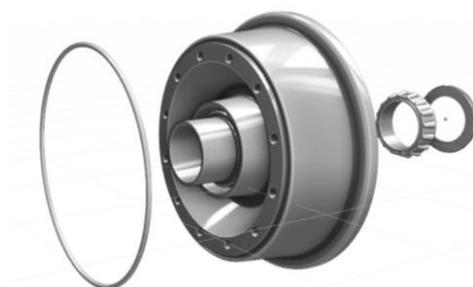


Рисунок 9 – Извлечение стопорного кольца, сальника и подшипника из второй половины барабана колеса

Последний этап в разборке колеса – извлечение распорной втулки, состоящий из двух половин, скрепленных между собой винтом (рисунок 10). Сборка колеса происходит в обратном порядке [2].



Рисунок 10 – распорная втулка и вторая половина барабана колеса

Так выглядит технологическая карта, сделанная на основе трехмерной модели. Она позволяет сделать технологические операции наглядными и простыми для понимания специалиста, производящего работы. Помимо технологических карт, модель можно использовать при проведении занятий с обучаемым личным составом инженерно-технической службы, летчиками и курсантами, путем демонстрации методических фильمو-роликов. Также возможно внедрение модели в игровые движки, поддерживающие полигональные модели, для создания интерактивных приложений.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Слаква, А. Инструменты моделирования / А. Слаква. – М., 2019. – 207 с.
2. Хесс, Ф. Практическое пособие Blender 3.0 / Ф. Хесс. – М., 2021. – 107 с.

УДК 004.4.275

Д.Е. Скоробогатов, П.С. Костин, В.В. Дворников

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

СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ НЕТОРМОЗНОГО КОЛЕСА ШАССИ САМОЛЕТА

Для решения задачи по визуализации и демонстрации конструкции и работы не тормозного колеса самолета оперативно-тактической авиации, была создана его трехмерная полигональная модель в программном пакете Blender 3D (рисунок 1).



Рисунок 1 – Трехмерная модель не тормозных колес в составе опоры шасси

При создании колеса, для получения модели высокой степени достоверности, использовались чертежи. Они были оцифрованы и перенесены в рабочее поле 3D-пакета Blender. Затем, каждая из составных деталей колеса была обведена кривыми, которые повторяют контуры деталей. После получения контуров, применяется инструмент «прокрутить», который создает вокруг оси множественные копии кривой, соединенных между собой. Это позволяет экономить время при создании объектов кольцеобразной формы, таких как: барабан, реборда, подшипник и т. д. (рисунок 2).



Рисунок 2 – Модель барабана не тормозного колеса

После того, как кривыми были сделаны все кольцеобразные элементы, необходимо добавить различные вырезы и отверстия. Для этого в работе были применены модификаторы. Это инструмент моделирования, который позволяет выполнять различные математические функции с геометрией сетки, что значительно экономит время при создании объектов

сложной формы или с большим количеством элементов. Для барабана колеса применялся модификатор с булевыми функциями. Принцип его работы состоит в вычитании геометрии одного объекта, из геометрии другого объекта. Так, например, были созданы вырезы под болты в барабане колеса (рисунок 3).

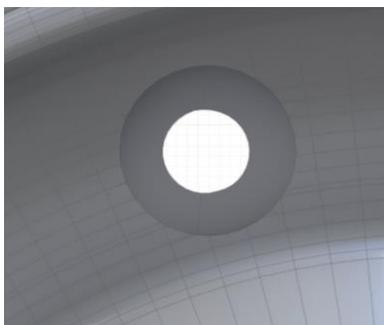


Рисунок 3 – Вырезы под болты в барабане колеса

У этого способа есть значительный недостаток, который сужает области применения булевых операций. заключается он в том, что при вырезке или склейке одной фигуры с другой, нарушается полигональная сетка объектов, что ведет в свою очередь к проблемам с отображением поверхности (шейдинг). Появляются нежелательные стяжки (рисунок 4).



Рисунок 4 – Нарушенная геометрия и вид поверхности через «зэбру»

Решением этой проблемы может быть ручная доводка сетки, или переназначение групп полигонов, участвующих в шейдинге [1].

Альтернативой булевому способу созданию вырезов, может быть ручное моделирование, что занимает значительно больше времени и не всегда целесообразно.

При создании роликового подшипника, использовался модификатор «массив» и «кривая». «Массив» использовался для создания заданного числа копий роликов, а «кривая» задавала путь, по которому ролики размещались в обойме подшипника (рисунок 5).



Рисунок 5 – Модель роликового подшипника

В результате использования вышеописанных средств и инструментов, была создана трехмерная модель переднего не тормозного колеса самолета оперативно тактической авиации (рисунок 6), применение которой носит широкий характер.

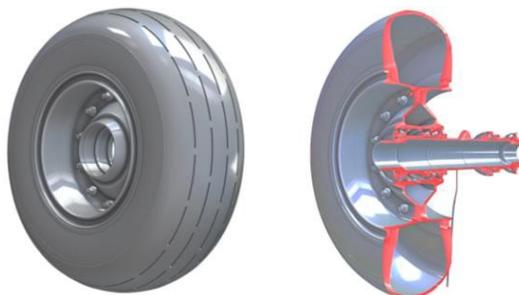


Рисунок 6 – Модель колеса и его разрез

Модель можно использовать при создании технологических карт по замене пневматика, при проведении занятий с обучаемым личным составом инженерно-технической службы, летчиками, курсантами путем демонстрации методических фильмов-роликов (рисунок 7). Так же возможно внедрение модели в игровые движки, поддерживающие полигональные модели, для создания интерактивных приложений.



Рисунок 7 – Синтезированное изображение конструкции колеса

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Слаква, А. Инструменты моделирования / А. Слаква. – М., 2019. – 207 с.

УДК 355.469.34

О.И. Стороженко, А.Д. Дьяков, Д.И. Лицкевич

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСА АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ВЕРТОЛЕТОВ

При подготовке авиации непосредственной авиационной поддержки (АНАП) к действиям в современных войнах и вооруженных конфликтах большое значение придается преодолению противодействия противовоздушной обороны (ПВО) вероятного противника. Специальная военная операция в Украине выявила высочайшую уязвимость авиационной техники от средств противовоздушной обороны противника, которая использует зенитно-ракетные комплексы (ЗРК), переносные зенитно-ракетные комплексы (ПЗРК), а также, беспилотные летательные аппараты (БЛА) [1].

Потенциально снизить потери вертолетов можно различными способами: использованием средств радиоэлектронной борьбы, постановкой инфракрасных помех, применением комплексов активного противодействия головкам самонаведения атакующих зенитных управляемых ракет противника, снижением радиолокационной и тепловой заметности вертолетов. Все вышеперечисленное уже активно применяется на авиационной технике [1].

Авторами предлагается создать специализированные противоракеты с уменьшенными габаритами и дальностью, предназначенные именно для перехвата ракет «воздух-воздух», зенитных управляемых ракет и БЛА. Их можно будет взять на борт в количестве, необходимом для сохранения своей живучести при выполнении боевой задачи. Это будут высокотехнологичные решения, включающие активные радиолокационные головки самонаведения (АРЛГСН) или инфракрасные головки самонаведения (ИКГСН). Для поражения ракет «воздух-воздух» и зенитных управляемых ракет могут быть рассмотрены боеприпасы с дистанционным подрывом на траектории, на удалении от вертолета порядка 100–200 метров, поскольку ближе уже будет существовать риск поражения вертолета осколками от защищаемого боеприпаса [2].

Предлагается создать комплекс активной защиты (КАЗ) вертолета – контейнеры, подвешиваемые на летательный аппарат, что-то вроде пусковых установок неуправляемых авиационных ракет, с собственным программным обеспечением и системой обнаружения. Предположительно, у КАЗ будут ограниченные секторы обороны, то есть обеспечить наведение КАЗ в диапазоне 360 градусов по горизонтали и вертикали вряд ли получится [2].

Потенциально, бортовые комплексы обороны вертолета типа «Витебск» могут и должны быть интегрированы в единое целое с КАЗ. Не исключено, что КАЗ будет создан и на базе наземных комплексов активного противодействия.

Однако, необходимо понимать, что точное поражение атакующих ракет «воздух – воздух», зенитных управляемых ракет и БЛА потребует выдачи пусковому устройству точного целеуказания, которое могут обеспечить только радиолокационные средства обнаружения. Таким образом, КАЗ должен включать в себя малогабаритные радиолокационные станции, размещаемые на вертолете таким образом, чтобы обеспечить круговой обзор.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Комплекс активной защиты авиационной техники [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://topwar.ru/204119-kaz-at-kompleks-aktivnoj-zaschity-aviacionnoj-tehniki.html>. – Дата доступа: 16.10.2022.
2. Первый в мире комплекс активной защиты для вертолетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://andrei-bt.livejournal.com/363253.html>. – Дата доступа: 11.09.2023.

УДК 004.94:629.7

О.В. Тарасов, И.А. Федоркевич

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

РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА С РАЗДЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА

В настоящий момент, с применением компьютерных технологий, возможно реализовать любой жизненный цикл воздушного судна. Все ее составляющие, элементы, узлы, агрегаты представляются в математической модели. В совокупности вышеперечисленного образуются системы, согласованная работа которых обеспечивает проведение визуального эксперимента без материальных и финансовых затрат.

Одна из таких является топливная система, обеспечивающая размещение запаса топлива, необходимого для выполнения полета, бесперебойную подачу его к двигателям на всех режимах полета с учетом обеспечения заданной центровки самолета и другие дополнительные функции. Целью работы является разработка имитационной модели топливной системы летательного аппарата с отдельной подачей топлива из баков к двигателю в среде программного комплекса Matlab&Simulink [1]. На рисунке 1 представлена модель топливной системы самолета с отдельной подачей топлива. Разработанный программный комплекс позволяет учесть многочисленные факторы, действующие на работу топливной системы в реальной эксплуатации, что предоставляет дальнейшую перспективу совершенствования модели, позволяющую учесть угол атаки, крена и другие характеристики полета самолета.

Преимуществами имитационной модели являются возможность изучения и исследования работоспособности системы при воздействии неисправностей, таких как кавитация, засорение трубопровода, повреждение топливного бака и выходов из строя агрегатов и топливных насосов. А также возможность учитывать пространственные эволюции летательного аппарата в ходе маневрирования и т. д.

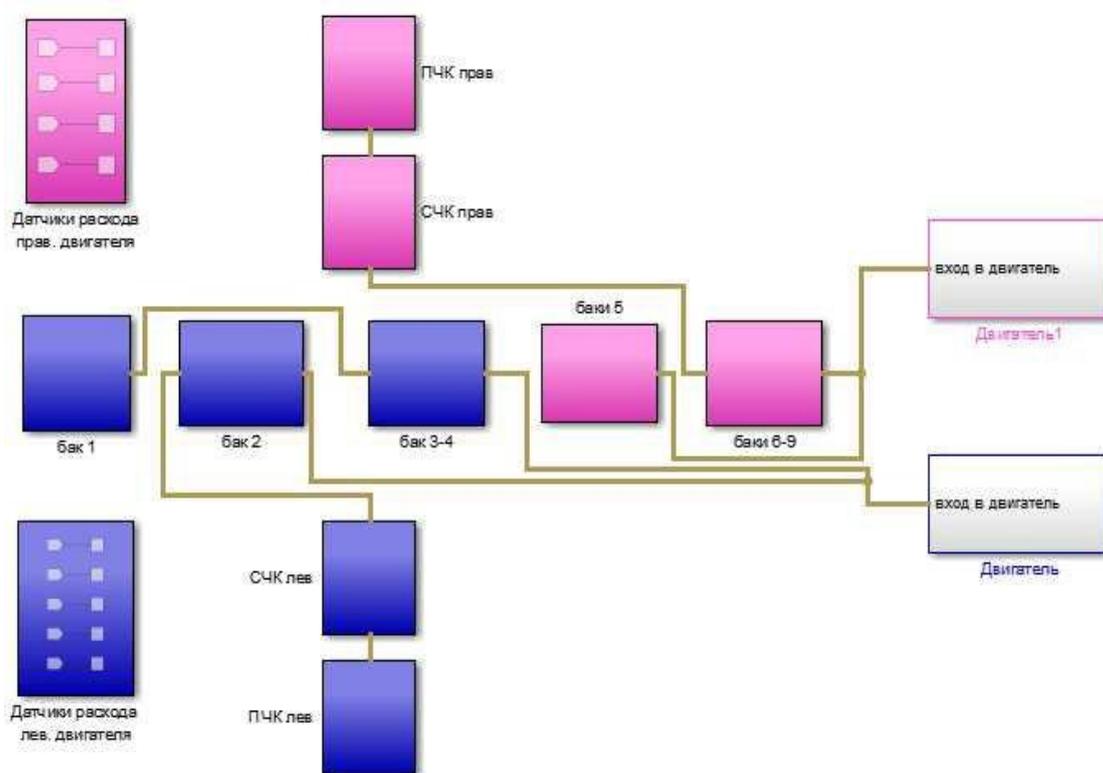


Рисунок 1 – Модель топливной системы самолета с отдельной подачей топлива

Разработанный программный комплекс позволяет моделировать различные режимы работы топливной системы при различных условиях эксплуатации, что может пригодиться при проектировании и разработки новой системы или изучать работоспособность уже существующих. А также он может быть использован для проведения наглядных испытаний ее работоспособности без особых финансовых затрат и проведения практических и лабораторных работ в образовательных учреждениях.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Моделирование гидравлических систем в Matlab : учебное пособие. – Омск : СибАДИ, 2009. – 172 с.

УДК 629.735

С.С. Усарчук, Л.А. Сиротинцев

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

ПРОБЛЕМЫ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ВНЕДРЕНИЯ «СТЕКЛЯННЫХ КАБИН» В СОСТАВ КОМПОНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Массовое внедрение электронных средств обработки и отображения информации (многофункциональные индикаторы с кнопочным обрамлением, пульта управления индикацией) на самолеты боевой авиации (так называемые «стеклянные кабины») происходит в период серьезнейших проблем, назревших в системе эргономического обеспечения (ЭО) разработки и эксплуатации военной авиационной техники (ВАТ).

Сформированная в 70–80-х годах эта система обеспечила достаточно эффективное эргономическое сопровождение разработки самолетов 4-го поколения [3].

Среди причин авиационных происшествий, вызванных человеческим фактором, эргономические недостатки техники являлись причиной 25 % – 35 % авиационных происшествий [1], что указывает на сложность эргономической проблематики в военной авиации.

Однако с начала 90-х годов и до настоящего времени в процессе радикальных преобразований в ВС система ЭО не только не получила должного развития, но и в значительной степени утратила свои функции.

В итоге образовался провал между возможностями остатков ЭО и потребностями практики.

В работе [2] отмечено: процессы восприятия, анализа, переработки информации человеком связываются не только и не столько с его взаимодействием с машиной, сколько с влиянием на его решения, которое оказывают другие люди – предшественники.

Рабочие места летных экипажей зачастую имеют массу серьезнейших недостатков, затрудняющих, либо исключаящих безопасную и эффективную работу летчиков.

Типичной ошибкой в ТТЗ является определение состава экипажа для многоцелевых самолетов без учета задач ЛА, условий его применения и состава бортового оборудования. Это, как правило, приводит к тому, что, на одного летчика возлагается одновременно решения нескольких отдельных задач, которые в принципе не совместимы.

Работа с МФИ (поиск цели, прицеливание, применение оружия) не совмещается с полетом в группе в качестве ведомого, с полетом на предельно малой высоте, с боевым маневрированием и целым рядом других задач, где требуется одновременный контроль и действия в разных зонах информационно-управляющего поля (ИУП) кабины.

«Стеклянные кабины» не устраняют ошибки такого рода.

Требование оборудовать боевой ЛА «стеклянной кабиной» с принципиально новым ИУП без добротного раздела эргономических требований в ТТЗ – причина серьезнейших затруднений на последующих этапах разработки ЛА в достижении необходимой эффективности системы «летчик – самолет».

Помимо особенностей восприятия информации, применение «стеклянной кабины», в частности МФИ с кнопочным обрамлением (МФК), возникла еще одна проблема.

В [5, с. 313] отмечается: «... выполнение летчиком совмещенных двух действий, направленных на параллельное решение двух высокомотивированных задач, требует высокой психической напряженности, мобилизации его внутренних резервов».

Для многофункциональных самолетов боевой авиации, вопрос выбора тех или иных технических решений стоит еще более остро.

Отсутствие полноценной защиты принимаемых технических решений на этапах эскизного (технического) проектов, макета, как правило приводит к тому, что:

– имеет место неэффективная работа (доводка образца) в течение длительного срока и отсутствие положительных результатов, постоянная корректировка программно-математического обеспечения, что приводит к существенному перерасходу ресурса, ГСМ и т. п. на этапах ЛИ;

– предлагаемая порой к реализации идеология ИУП, может не обеспечить возможность летчику оперативно управлять и контролировать режимы различных систем;

– в отдельных случаях имеет место необоснованный отказ от использования групп полноразмерных электромеханических индикаторов и приборов (основных пилотажно-навигационных в том числе, обладающих достаточной информативностью).

Широкое применение таких мнемокадров, как ПИЛ, КИСС, привело к наличию большого количества недостатков, связанных в основном с затруднениями, а порой невозможностью считывания информации в различных условиях освещенности кабины.

Таким образом, практика показывает, что без должного эргономического обоснования применение МФИ и отказ от использования групп полноразмерных электромеханических индикаторов и приборов, приводит к наличию недостатков, связанных в основном с затруднениями, а порой невозможностью считывания информации, с проблемами оптимизации представления информации и др., которых раньше не было.

Порой имеет место необоснованный уход от сохранения преемственности компоновки (расположение групп индикаторов и сигнализаторов на рабочем месте или их положение в группах, использование в названиях многофункциональных кнопок непонятной и незнакомой аббревиатуры, сохранение неизменным взаимное относительное положение органов управления КБО).

Отсутствие преемственности в выполнении сходных операций (в том числе реализованных на прототипах), приводит к постоянной дополнительной мыслительной деятельности по преобразованию данных от информационных источников, осмыслению действий и логических условий, летчику приходится создавать свой собственный информационный образ алгоритма работы.

Это может поставить под сомнение возможность сохранения рациональных навыков управления и контроля, выработанных в процессе эксплуатации самолетов данного класса.

На средствах отображения информации и ввода данных (МФИ) порой нарушаются принципы кодирования, способов и логики управления.

Таким образом, может иметь место ряд серьезных проблем, касающихся, в частности, идеологии построения логики работы летчика в кабине одноместного многофункционального истребителя.

Эти факторы способны привести к увеличению степени функциональной напряженности в полете, невозможности выработки устойчивых навыков управления КБО, что в свою очередь, может провоцировать ошибочные действия при дефиците времени и возникновении нештатных ситуаций.

Все это не может не сказаться на БзП и эффективности применения ЛА по назначению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиационная и космическая медицина, психология и эргономика: сборник трудов / под ред. Г. П. Ступакова. – М. : Полет, 1995. – 488 с.
2. Венда, В. Ф. Инженерная психология и синтез системы отображения информации / В. Ф. Венда. – М.: Машиностроение, 1982. – 344 с., ил.
3. Актуальные проблемы эргономической оптимизации деятельности авиационных специалистов. Психофизиология труда летных экипажей и наземных специалистов / под ред. Н. И. Фролова. – М. : Военное издательство, 1991. – 88 с.
4. Экспериментально-психологические исследования в авиации и космонавтике / под ред. Б. Ф. Ломова, К. К. Платонова. – М. : Наука, 1978. – 303 с.
5. Авиационная медицина / под ред. Н. М. Рудного, П. В. Васильева, С. А. Годунова. – М. : Медицина, 1986. – 580 с.

УДК 629.7.017.1

А.С. Фимушин, З.А. Алиев, Н.И. Зайцев

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

АССИСТЕНТ КОМАНДИРА ЭКИПАЖА В ЗАДАЧАХ АВАРИЙНОГО ПОКИДАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА

В современных условиях ведения боевых действий решающую роль в достижении целей вооруженного противостояния играет авиация. Господство в воздухе дает возможность осуществлять поддержку как наступающих, так и обороняющихся войск, а также поражать стратегически важные объекты противника. В ходе выполнения, как боевых задач, так и задач повседневной деятельности экипаж подвергает большому риску свою жизнь. С целью сохранения жизни экипажа, имеется комплекс средств аварийного покидания самолета, состоящий, как правило, из катапультного кресла, системы разблокировки стреляющего механизма кресла и системы аварийного сброса откидной части фонаря.

При непосредственной опасности для жизни экипажа может возникнуть необходимость в аварийном покидании летательного аппарата. Сигналом для покидания самолета обычно являются соответствующие команды командира экипажа. Только в случае явных опасностей для жизни, требующих немедленного решения, члены экипажа могут действовать самостоятельно.

Все современные военные самолеты оборудуются средствами спасения экипажа, предусматривающее только ручное катапультирование по команде летчика. Справедливо считалось, что только летчик способен оценить ситуацию в полете и принять ответственное решение катапультироваться.

Рассматривая анализ авиационных происшествий (далее – АП) в государственной авиации за прошедшие двадцать лет, представленный на рисунке 1, в период с 2001 по 2020 год, произошло 275 АП (124 катастрофы и 151 авария), погибли 447 человек (268 членов экипажей и 179 пассажиров). В АП утрачено 274 ВС, из них 179 самолетов, 94 вертолета и 1 планер.

Такое количество погибшего летного состава из числа членов экипажа обусловлено различными причинами и факторами, к которым можно отнести в частности:

- слабый уровень подготовки летного состава по порядку аварийного покидания ВС;
- несвоевременное принятие решения командирами экипажей об аварийном покидании ВС ввиду повышенного нервно-психического состояния;
- неправильной оценкой обстановки, связанное с желанием сохранить ВС или отвести неисправный самолет от жилых построек с целью сохранения жизни гражданского населения;

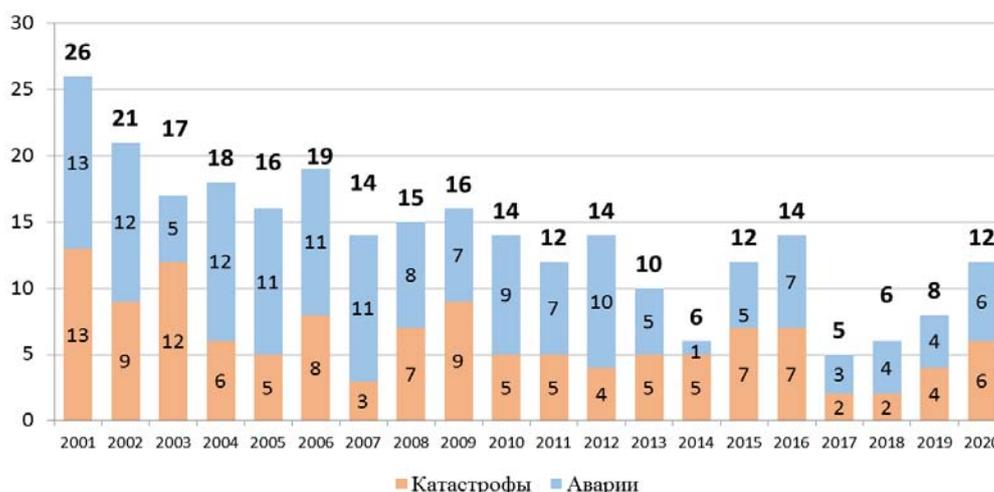


Рисунок 1 – Динамика изменения аварийности в государственной авиации за 20 лет

В настоящее время наиболее эффективным способом решения задач, связанных с принятием решения в условиях большого количества информации является использование искусственного интеллекта [1].

Существует целый класс описаний, оперирующих качественными характеристиками объектов (много, мало, сильный, очень сильный и т. п.). Кроме того, в задачах, решаемых интеллектуальными системами, часто приходится пользоваться неточными знаниями, которые не могут быть интерпретированы как полностью истинные или ложные, (логические true/false или 0/1) [2].

Одним из направлений развития искусственного интеллекта, основанного на применении компьютерных технологий, использующих нечеткую информацию или нечеткие множества, является «fuzzy-logic» (нечеткая логика).

Нечеткая логика – это математическая теория, которая позволяет работать с нечеткими понятиями, такими как «высокий», «низкий», «быстрый», «медленный» и т. д. Данная теория позволяет учесть неопределенность и нечеткость входных данных и сделать более точные выводы [3]. Например, в контексте ассистента командира экипажа в помощи принятии решения при аварийном покидании воздушного судна можно рассматривать нечеткие множества для определения степени опасности ситуации, способности экипажа выполнить определенные мероприятия и другие факторы, влияющие на принятие решений.

Разработка ассистента командира экипажа в помощи принятия решений на основе теории о нечетких множествах может включать следующие этапы:

1. Определение лингвистических переменных. Необходимо определить переменные, которые будут использоваться для оценки ситуации. Например, можно задать такие переменные как «степень опасности», «способность экипажа выйти из сложной ситуации» и другие;

2. Определение нечетких множеств для каждой лингвистической переменной, которые будут описывать различные значения этой переменной. Например, в случае с лингвистической переменной «степень опасности» нечеткими множествами будут являться «низкая», «средняя» и «высокая»;

3. Разработка программного обеспечения. На основе определенных лингвистических переменных, нечетких множеств, а также правил вывода необходимо разработать алгоритм, который будет использоваться для вычисления оптимального решения при аварийном покидании воздушного судна [4].

Ассистент командира экипажа в помощи принятия решения, на основе нечеткой логики в общем виде представлена на рисунке 2.

На борту ВС он может быть реализован в виде трех компонентов:

– базы знаний, основанной на требованиях руководства по летной эксплуатации воздушного судна, раздела «особые случаи в полете»;

– модуля нечеткой логики (алгоритмы вычисления параметров характеризующих возникновение ситуаций от усложненной до катастрофической);

– модуля интерфейса пользователя (визуальная панель управления и сигнализации об опасном положении экипажа).

В блоке модуля нечеткой логики системы помощи принятия решения экипажем аварийного покидания самолета устанавливается программное обеспечение, разработанное на базе системы MATLAB. Принцип работы программы заключается в получении исходного сигнала от датчиков, снимающих значения параметров работы систем и агрегатов ВС, его пространственного положения, внешних условий полета, обработке полученного сигнала и по имеющейся базе знаний и функции принадлежности формирование рекомендаций экипажу о дальнейших действиях.

Интерфейс пользователя будет представлять собой панель управления с графическим приложением, которое будет отображать текущую ситуацию на борту воздушного судна и предлагать варианты решений. Командир экипажа сможет выбрать один из предложенных вариантов или принять решение самостоятельно.



- 1 – Информация о характере полета воздушного судна (пространственное положение, исправность систем и агрегатов); 2 – Модуль нечеткой логики на базе программной среды MATLAB (содержит базы знаний и алгоритмы вычисления параметров, характеризующих возникновение опасных ситуаций); 3 – Модуль интерфейса пользователя (визуальная панель управления и сигнализации об опасном положении экипажа); 4 – Принятие решения экипажем на аварийное покидание воздушного судна

Рисунок 2 – Компоненты системы помощи принятия решения командиром экипажа

В заключение хотелось бы отметить, что ассистент командира экипажа в помощи принятия решения при аварийном покидании ВС на основе нечеткой логики создаст оптимальный алгоритм действий летного экипажа в соответствии с возникшей ситуацией на борту самолета. Она позволит командиру экипажа быстро и правильно реагировать на аварийные ситуации для их парирования или принимать своевременное решение на покидание ВС в катастрофической ситуации. Кроме того, применение данной системы позволит значительно повысить общий уровень безопасности полетов и уменьшить количество ошибок, допускаемых летным составом в сложных ситуациях, а главным образом сохранит бесценные человеческие жизни.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сысоев, Д. В. Введение в теорию искусственного интеллекта / Д. В. Сысоев, О. В. Курипта, Д. К. Проскурин ; Воронежский ГАСУ. – Воронеж, 2014. – 171 с.
2. Саженков, В. А. Нечеткая логика / В. А. Саженков // Техническая коллекция Schneider Electric. – 2009. – Вып. 31. – 30 с.
3. Пивкин, В. Я. Нечеткие множества в системах управления [Электронный ресурс] / Е. П. Бакулин, Д. И. Кореньков ; под общ. ред. д. т. н., профессора Ю. Н. Золотухина. – Режим доступа: www.idisys.iae.nsk.su/fuzzy_book/content.html.
4. Жирабок, А. Н. Нечеткие множества и их использование для принятия решений [Электронный ресурс] / А. Н. Жирабок. – Режим доступа: <http://www.pereplet.ru/obrazovanie/stsoros/1178.html>.

УДК 53.072.001.57

Д.В. Разуваев, М.С. Тимошенко

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

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ПИЛОТАЖНЫХ СТЕНДОВ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

В работе изложена актуальность применения макета кабины не маневренного самолета с двойным штурвальным управлением в образовательном процессе

В процессе обучения авиационных специалистов используют слайды с 3D-моделями и их анимацией. Однако это не позволяет тактильно ощутить и рассмотреть со всех сторон интересные элементы обучающимся. В таких случаях будет рационально использовать пилотажные стенды, позволяющие иметь непосредственный контакт с оборудованием.

Решение о создании пилотажных стендов позволяет повысить качество проведения занятий и подготовки летного и инженерно-технического состава.

Развитие современных пилотажных комплексов, позволяющих обеспечить безопасность полетов, возможно только на основе экономически эффективных, надежных, технологичных конструкций с применением прогрессивных направлений проектирования и производства, обеспечивающих универсальность применения и многофункциональность использования.

Пилотажные стенды применяются для изучения новых путей обеспечения устойчивости и управляемости летательных аппаратов (ЛА), для разработки общих требований к пилотажным характеристикам и методов исследования динамики летательного аппарата. В процессе проектирования с помощью моделирования на пилотажном стенде проверяется степень соответствия пилотажных характеристик ЛА возможностям летчика и производится уточнения характеристик планера, двигателя, систем управления и пилотажно-навигационного оборудования [1].

При проведении испытаний летательных аппаратов пилотажные стенды дают возможность исследовать заданные режимы полета и проанализировать полученные результаты до проведения реального полета. Тем самым позволяют существенно сократить сроки и затраты на создание ЛА, повысить его эффективность и безопасность полета. Часто пилотажный стенд является единственно возможным средством решения возникающих задач:

- анализ летных происшествий;
- существенное улучшение эффективности и повышение безопасности эксплуатации

ЛА различного назначения путем использования полученных инновационных решений в области динамики и управления ЛА и создаваемого в рамках работы универсального пилотажного стенда для проведения широкого круга исследований.

А также многих других проблем как тематического характера, так и сопутствующих созданию новых образцов самолетов.

Пилотажные стенды, как и обучающие тренажеры, содержат устройства, воздействующие на органы чувств человека для создания в наземных условиях иллюзии полета: системы визуализации, подвижности, загрузки рычагов управления, кабины ЛА и т. д.

Находясь в кабине пилотажного стенда, обучающийся получает информацию о движении ЛА и работе его систем по показаниям приборов, картине внешней визуальной обстановки на экране пилотажного стенда, а также по взаимодействиям от других имитаторов условий полета и выполняет соответствующие управляющие действия рычагами управления и селекторами (кнопками, тумблерами и т. п.). Сигналы об управляющих действиях летчика поступают в модель динамики ЛА и его систем, в которой вычисляются текущие параметры движения ЛА (координаты, скорости и ускорения) и состояния элементов его систем [3].

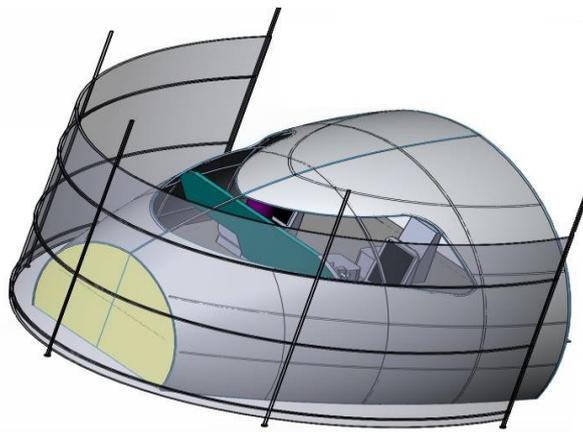


Рисунок 1 – Проект кабины пилотажного стенда неманевренного самолета

На основании этих параметров соответствующие имитаторы пилотажного стенда производят изменение показаний пилотажно-навигационных приборов, картины визуальной обстановки, перегрузок, угловых ускорений и других факторов полета. Таким образом, на пилотажном стенде в реальном масштабе времени реализуется модель замкнутой системы управления «самолет-летчик», в которой натурным элементом является летчик.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Красовский, А. А. Основы теории авиационных тренажеров / А. А. Красовский. – М. : Машиностроение, 2010. – 115 с.
2. Системы управления летальных аппаратов : учебник для курсантов и слушателей вузов ВВС / под ред. В. В. Воробьева. – М. : Изд. ВВИА им. проф. Н. Е. Жуковского, 2008. – 203 с.
3. Проектирование конструкций самолетов : учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Самолетостроение» / Е. С. Войт [и др.]. – М. : Машиностроение, 1987. – 280 с.

УДК 681.51

А.А. Федотов, П.С. Костин, А.А. Мальченко

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

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ВЫВОДА САМОЛЕТА НА ТРАЕКТОРИЮ ГЛИССАДЫ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТОЧЕК ПРОСТРАНСТВА

В данной статье описан алгоритм создания Simulink-модели управления самолетом на основе нечеткой логики. Созданная модель воздействует на рулевые поверхности воздушного судна и выводит самолет на заданную траекторию глиссады, имея начальное рассогласование по дальности и высоте от точки входа в глиссаду при посадке на ВПП. Применение нечеткой логики позволяет проводить имитационное моделирование и исследовать динамику движения самолета, без привлечения летчика-оператора.

Создание Simulink-модели основано на использовании программного обеспечения Matlab&Simulink и интегрированного в него пакета Fuzzy Logic Toolbox, включающий в себя пакеты: FIS Editor, Membership Function Editor, Rule Editor и др. [1].

Для реализации поставленной задачи была создана модель управления цельноповоротным стабилизатором для управления самолетом в продольном канале (рисунок 1).

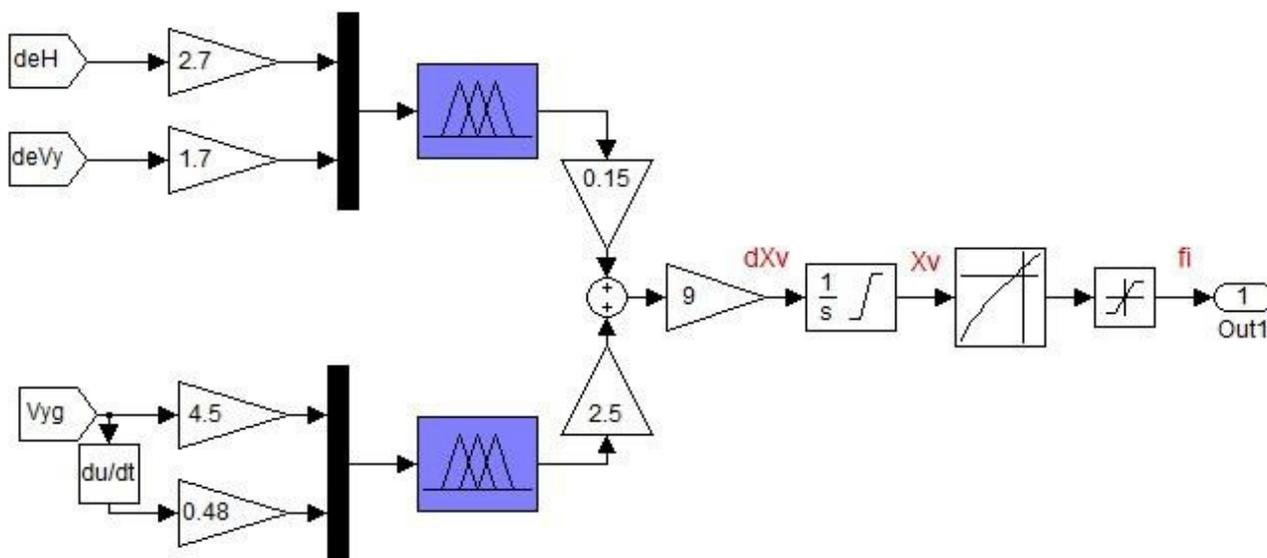


Рисунок 1 – Модель управления стабилизатором

Созданная Simulink-модель включает в себя входные параметры (рассогласование по высоте ΔH , рассогласование по вертикальной скорости ΔV_y , вертикальная скорость V_y , вертикальное ускорение V_y), два блока нечеткой логики, которые формируют выходной параметр (угол отклонения стабилизатора) в зависимости от параметров на входе. В блоке нечеткой логики сформированы определенные правила и законы, в зависимости от которых динамическая модель самолета будет изменять свое положение в пространстве так же, как если бы самолетом управлял обученный пилот. Входные сигналы формируются в зависимости от заданных и действительных параметров. Заданное значение высоты определяется траекторией выполнения посадки в соответствии с Регламентом летной эксплуатации (РЛЭ) соответствующего воздушного судна и заносится в блок Lookup Table в зависимости от удаления (координаты X самолета) от торца ВПП (рисунок 2).

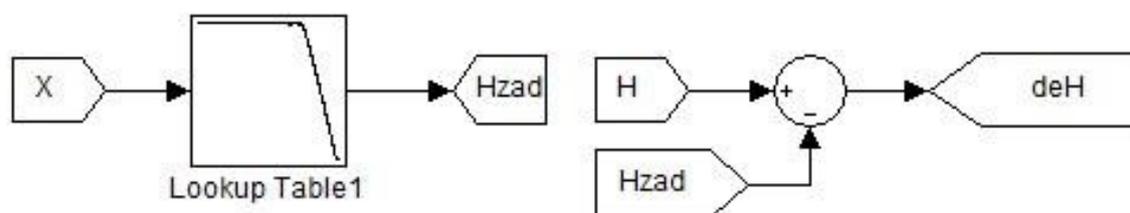


Рисунок 2 – Формирование сигнала ΔH

Рассогласование и формирование заданного значения вертикальной скорости на посадке реализовано по такому же принципу, как и для высоты. Входные и выходной сигналы умножены на коэффициенты усиления, которые были определены в ходе приближения созданной модели к реальным действиям летчика при выполнении посадки на ВПП [2].

При помощи имитационного моделирования была произведена оценка работоспособности данной модели при выводе самолета на заданную траекторию глиссады в соответствии с РЛЭ из различных положений в пространстве. Вывод самолета на заданную траекторию осуществлялся с высот 50,250 и 500 метров. Результаты представлены на графике (рисунок 3).

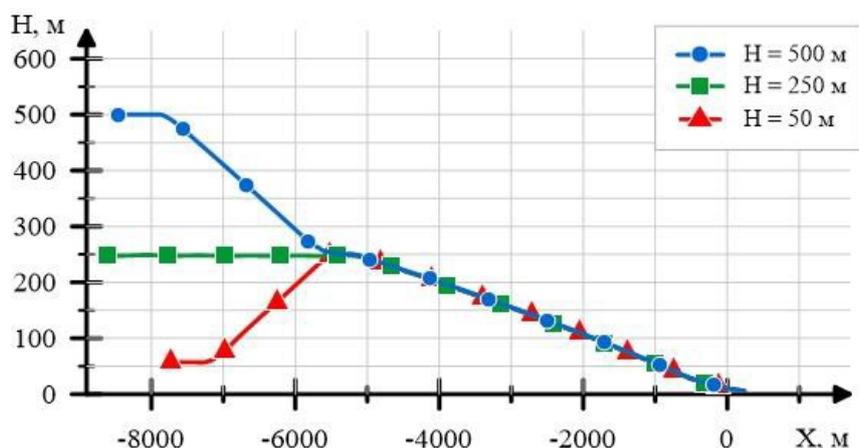


Рисунок 3 – Результаты моделирования

Таким образом, созданная Simulink-модель на основе нечеткой логики позволяет производить исследование динамики полета самолета путем имитационного моделирования для различных режимов полета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Штовба, С. Д. Проектирование нечетких систем средствами MATLAB / С. Д. Штовба. – М. : Горячая линия – Телеком, 2007. – 288 с.
2. Верещиков, Д. В. Системы управления летательных аппаратов / Д. В. Верещиков, С. В. Николаев, Д. В. Разуваев. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2018. – 320 с.

УДК 629.735.3

С.В. Синявская, Д.И. Тарасик, В.В. Рутковская

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАБИНЫ ПИЛОТА САМОЛЕТОВ ТУ-154 И BOEING 737 NG

Создание воздушного судна – результат многолетней работы множества людей, которых по праву можно назвать «пионерами авиации». Развитие авиации подразумевает под собой постоянную эволюцию. Так от братьев Райт до современных самолетов и новейших технологий, авиация изменила способы взаимодействия и движения мира. Благодаря постоянному развитию технологий и акценту на устойчивое развитие, будущее авиации несомненно будет высокотехнологичным. Уже сейчас сложно представить, как выглядели пассажирские самолеты прошлого столетия.

За свою историю воздушные суда гражданской авиации подверглись большому количеству самых разнообразных изменений, начиная от внешнего вида пассажирского салона, заканчивая наполняемостью кабины пилота пилотажными приборами [1].

Кабина пилота – помещение небольшое – она должна занимать небольшой объем пространства. Сегодня кабины тщательно защищены толстыми тяжелыми запирающими устройствами, но все они, независимо от типа судна, похожи друг на друга по функционалу. В первую очередь, кабина должна быть обустроена так, чтобы разместились все пилотажные приборы для управления полетом и члены экипажа, а также необходимо, чтобы у каждого из них был достаточный обзор в своей зоне ответственности. Проведем сравнительную характеристику кабин двух самолетов гражданской авиации двух стран различного поколения (таблица 1).

Таблица 1 – Сравнительная характеристика кабин пилота самолета

Критерий сравнения	Ту-154 (СССР)	Boeing 737 NG (Америка)
Общая характеристика	<p>Ту-154 (по кодификации НАТО: Careless) – трехдвигательный реактивный пассажирский авиалайнер и транспортный самолет 1-го класса для авиалиний средней протяженности, рассчитанный на перевозку 152–180 пассажиров. Ту-154 предназначен для перевозки пассажиров, багажа и грузов, самый массовый реактивный пассажирский самолет за всю историю СССР и России. Выпускался серийно до 2013 г., всего было выпущено 998 самолетов Ту-154 различных модификаций. Наиболее успешной из массовых вариантов стала модификация Ту-154М, в которой за счет применения новых, более экономичных двигателей, улучшения местной аэродинамики планера и силовой установки удалось поднять экономические показатели самолета</p>	<p>Boeing 737 Next Generation – обозначение моделей –600/-700/-800/-900 самолета Boeing 737. Серия стала третьим поколением модели 737 и сменила в производстве модель 737 Classic (–300/-400/-500). Модель является ближне- и среднемагистральным узкофюзеляжным реактивным самолетом. Boeing 737NG продается в четырех вариантах пассажироместимости (обычно от 110 до 210 пассажиров)</p>
Период введения в эксплуатацию	<p>Разработан в 1960-х годах в СССР в ОКБ Туполева. Ту-154 стал первым гражданским самолетом ОКБ Туполева, не имевшим никаких предшественников военного назначения. Первый полет Ту-154 был выполнен 3 октября 1968 г. Первый опытный экземпляр был построен в 1968 г. на заводе «Опыт» в Москве. Для испытаний его разобрали и доставили в ЛИИ имени Громова в подмосковном Жуковском. На аэродроме ЛИИ он и совершил первый полет 3 октября 1968 г., экипажем командовал Юрий Сухов</p>	<p>Создание семейства Airbus A320, вобравшего в себя новейшие технологии в области авионики и композиционных материалов, подтолкнуло Boeing в 1991 г. к разработке обновленного самолета. После консультаций с потенциальными заказчиками 17 ноября 1993 года было объявлено о начале программы Boeing 737 Next Generation</p>
Число членов экипажа	<p>Кабина Ту-154 вмещает 5 членов экипажа: 2 пилотов, штурмана, бортинженера и бортрадиста. Места для пилотов оборудованы креслами КК-3М с амортизаторами, посередине находится общий пульт управления двигателями, слева от него расположено рабочее место командира воздушного судна, а справа – второго пилота, позади кресел пилотов находятся рабочие места штурмана и бортинженера, в задней части кабины расположено место для бортрадиста, шкафы и ящики для документации и оборудования. Иллюминаторы в кабине позволяют осуществлять визуальное наблюдение за окружающей обстановкой</p>	<p>Кабина Боинга 737/NG предназначена для размещения летного экипажа. Минимальное количество – 2 человека. В кабине экипажа Боинга 737/NG установлены большие жидкокристаллические дисплеи и бортовая система управления полетом с программным обеспечением. В кабине экипажа имеется четыре кресла: КВС сидит слева по борту; второй пилот сидит справа по борту; два места (observerseats) для наблюдателей (пилота-инструктора или пилота-стажера). Кресла пилотов идентичны, закреплены на рельсах и оборудованы рычагами (ручками), позволяющими перемещать кресло в направлении «вперед-назад» и «вверх-вниз»</p>

Продолжение таблицы 1

Критерий сравнения	Ту-154 (СССР)	Boeing 737 NG (Америка)
Приборные панели	<p>Основным элементом рабочего места пилота является приборная доска, куда выведена вся необходимая для пилотирования информация. На приборной доске командира воздушного судна установлены: указатель скорости; высотомер; указатель курса; вариометр; гироскопический горизонт; указатель тяги двигателей.</p> <p>Приборная доска второго пилота во многом дублирует доску командира, однако имеет некоторые отличия:</p> <ul style="list-style-type: none"> – отсутствует гироскопический горизонт; – добавлен высотомер радиовысотомера; – установлен дистанционный указатель компаса. <p>Такая конфигурация позволяет распределить нагрузку между членами экипажа и обеспечить резервирование критически важных приборов.</p> <p>Для управления самолетом в кабине Ту-154 предусмотрено несколько органов управления:</p> <p>штурвальная колонка с штурвалом и педалями; рукоятка управления двигателями; тормозная рукоятка; переключатели и кнопки систем самолета. Штурвал в сочетании с педалями позволяет управлять рулем высоты и элеронами для изменения тангажа и крена самолета. Рукоятка двигателей нужна для регулировки режима работы и тяги двигателей</p>	<p>Приборные панели самолета Boeing 737 NG в кабине экипажа предназначены для размещения на них технических средств отображения информации – экранов, индикаторов, указателей, табло, сигнальных ламп, а также органов управления системами и агрегатами летательного аппарата – рукояток, тумблеров, кнопок и т. п. Может быть цельным изделием или состоять из отдельных панелей или пультов.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Надголовная панель (Overhead Panel). 2. Панель автопилота. 3. Центральная панель (доска) кабины пилотов. 4. Рычаг управления шасси. 5. Левая консоль центральной панели (Main panel captain). 6. Правая консоль центральной панели (Main panel first officer) 7. Панель бортового компьютера (FMC – flight managment computer). 8. Панель рычагов управления двигателями, механизацией крыла, противопожарной системой и пр. 9. Центральный пульт. Audio Control Panel (Радиопанель). 10. Standby instruments. 11. Crewmember station. 12. Manual Landing Gear Extension Handles. <p>Основной полетный экран: – авиагоризонт.</p> <p>Навигационный экран: компас, маршрут полета, радиомаяки, погодный локатор</p>
Аварийное оборудование кабины пилота	<p>Для обеспечения безопасности на борту самолета Ту-154 имеется необходимое аварийно-спасательное оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> – парашюты и спасательные жилеты для пассажиров и экипажа; – аварийные люки и выходы; – системы пожаротушения в отсеках; – кислородные маски; – аварийные радиомаяки для определения местоположения 	<p>В кабине размещено следующее аварийно-спасательное оборудование:</p> <ul style="list-style-type: none"> – аварийный фонарь-2; – огнетушитель HALON-1; – аварийный топор-1; – огнеупорные перчатки-1; – дымозащитный капюшон-1; – кислородные маски-4; – дочки-4; – стационарная кислородная система-4; – аварийно-спасательный жилет красного цвета-4; – спасательные канаты-2

Одно из существенных отличий кабин пилота представленных самолетов – сокращение численности экипажа, а в частности отсутствие штурмана и бортрадиста. Что привело к тому, что в Boeing 737 NG есть возможность выбора отображаемой информации на некоторых экранах. Однако большая часть приборов, которые являются ключевыми для любого самолета остается неизменной, а их расположение в кабине пилота схожим, это связано с эргономикой кабины пилота. Кабина экипажа является ключевым элементом взаимодействия экипажа и воздушного судна. Эргономические аспекты проектирования кабины экипажа включают в себя широкий спектр вопросов по размещению органов управления и взаимодействия с ними, различные антропометрические параметры, такие как обзор, удаленность индикаторов от пилота, каждый из которых оптимизирован к удовлетворению критериев психофизиологического

удобства пилота в кабине. Обеспечение наилучших эргономических характеристик взаимодействия экипажа с объектами в кабине экипажа позволяет уменьшить физическую и психологическую нагрузку на экипаж самолета и тем самым повысить безопасность полетов [2].

В результате развития авиации, кабина пилота подверглась ряду изменений, так были добавлены система автопилота и некоторые элементы аварийного оборудования, однако существенных изменений последние 30 лет не наблюдалось, что доказано на примере сравнения двух типов самолетов различного происхождения. Так как конструкция и компоновка пилотажных приборов кабины пилота зависит от основных положений эргономики.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рыбалкина, А. Л. Человеческий фактор и психология безопасности : учебно-методическое пособие по выполнению лабораторных работ / А. Л. Рыбалкина. – Воронеж : ООО «МИР», 2019. – 60 с.
2. Самолет Ту-154. Конструкция и техническое обслуживание / Ф. А. Волошин [и др.]. – М. : Машиностроение, 1975. – 291 с.

УДК 355.354

И.В. Чуприков, А.И. Ефименко

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

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА САМОВРАЩЕНИЯ НА РАБОТУ ЛОПАСТЕЙ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА

В аэродинамике и безопасности полетов вертолета особое место занимает режим самовращения несущего винта (НВ), на котором выполняются снижение и посадка вертолета при отказах силовой установки, путевого управления и в других аварийных ситуациях. Режимом самовращения называется такой режим работы НВ, когда для его вращения, создание тяги и пропульсивной силы используется энергия не двигателей вертолета, а набегающего на НВ воздушного потока [1].

Рассмотрим режим вертикального снижения со скоростью V_y , когда каждый элемент лопасти имеет постоянную скорость обтекания $U_r = \sqrt{(\omega r)^2 + V_y^2}$, а маховое движение можно считать отсутствующим. Подъемная сила $\Delta F_{\text{л}}$ и сила лобового сопротивления $\Delta X_{\text{л}}$ образуют в центре давления сечения лопасти элементарную равно действующую $\Delta F_{\text{л}}$. Условия самовращения рассматриваемого элемента лопасти полностью определяются наклоном этой равнодействующей относительно оси вращения втулки НВ:

- если $\Delta F_{\text{л}}$ наклонена вперед ($\xi_{\text{л}} > 0$, рисунок 1, а), ее проекция на плоскость вращения направлена по вращению НВ ($Q_{\text{л}} > 0$) и создает ускоряющий крутящий момент;
- если же $\Delta F_{\text{л}}$ отклонена назад ($\xi_{\text{л}} < 0$, рисунок 1, б), ее проекция на плоскость вращения направлена против вращения и создает тормозящий аэродинамический момент ($Q_{\text{л}} < 0$).

В свою очередь, при заданном значении V_y , наклон вектора равнодействующей $\Delta F_{\text{л}}$ зависит главным образом от угла установки сечения лопасти φ_r : при небольшом значении φ_r сила $\Delta F_{\text{л}}$ наклонена вперед, что обеспечивает устойчивое ускоренное самовращение (рисунок 1, а), при большом значении φ_r сила $\Delta F_{\text{л}}$ отклонена назад и самовращение замедляется (рисунок 1, б). Поэтому для перехода на режим самовращения НВ пилот должен в первую очередь уменьшить общий шаг НВ до минимального.

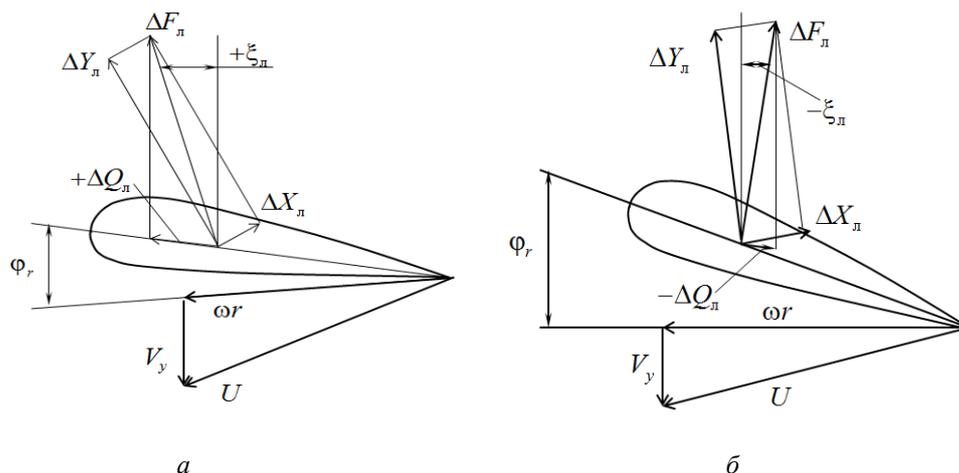


Рисунок 1 – Схема самовращения элемента лопасти НВ при вертикальном снижении

Наклон вперед вектора $\Delta F_{л}$ тем больше, чем больше вертикальная скорость снижения вертолета, что способствует переходу НВ на режим самовращения.

Влияние частоты вращения на самовращение НВ. При увеличении окружной скорости элемента лопасти ωr вектор $\Delta F_{л}$ отклоняется назад и образует тормозящий момент. Поэтому концевые сечения лопасти, несмотря на благоприятное влияние отрицательной геометрической крутки, обычно работают в режиме замедленного, а срединные и комлевые сечения в режиме ускоренного самовращения (рисунок 2).

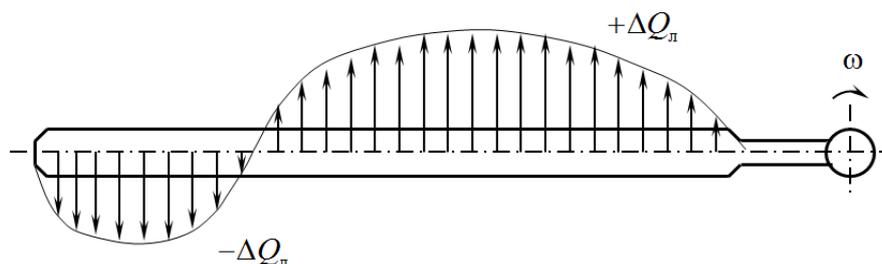


Рисунок 2 – Условия самовращения различных элементов лопасти

При переходе на режим самовращения важно, чтобы равнодействующая элементарных сил была направлена вперед по вращению НВ, что может быть обеспечено только за счет уменьшения угла установки общего шага. Если же после прекращения подачи мощности на НВ сохранить исходное достаточно большое значение общего шага, тормозящее действие концевых элементов лопастей будет превалировать над ускоряющим действием комлевых элементов и самовращение НВ окажется замедленным, что крайне опасно и недопустимо.

Уменьшение общего шага НВ приводит к уменьшению углов атаки и взмаха лопастей, в результате чего уменьшается завал конуса НВ назад и вправо. Тогда, при переходе на режим самовращения НВ возникает разбалансировка вертолета, обусловленная уменьшением исходной продольной силы НВ, направленной назад, и боковой силы, направленной вправо. Под действием несбалансированных сил и моментов вертолет будет опускать нос и крениться влево, поэтому вслед за уменьшением общего шага НВ пилот должен соразмерно отклонить ручку управления на себя и вправо.

Отрицательная геометрическая крутка лопастей НВ, используемая на всех современных вертолетах, способствует не только оптимальному распределению аэродинамической нагрузки по лопасти на обычных режимах полета вертолета, но и

уменьшению тормозящего действия концевых элементов на режиме самовращения, хотя полностью это действие не устраняет. Аналогичную роль играет и компенсатор взмаха: при падении частоты вращения НВ в первый момент после отказа силовой установки вследствие уменьшения центробежных сил увеличится угол взмаха лопастей вверх, а компенсатор взмаха, выполняя свое назначение, уменьшит угол установки лопастей.

Условия самовращения НВ при планировании вертолета с поступательной скоростью значительно сложнее, чем при вертикальном снижении ввиду изменения по азимуту кинематических параметров и аэродинамической нагрузки лопастей. Как правило, опережающая лопасть создает в окрестности азимута $\psi_{л} = 90^\circ$ тормозящий момент, а отстающая лопасть в окрестности азимута $\psi_{л} = 270^\circ$ создает ускоряющий крутящий момент (рисунок 3). Из этого следует, что на режиме планирования вертолета установившееся самовращение НВ обеспечивается тем, что лопасти поочередно раскручивают и тормозят его вращение, то есть попеременно одна лопасть «везет» другую.

Однако и на этом режиме основным фактором устойчивого вращения НВ является общий шаг, который должен быть близок к минимальному. Поскольку косое обтекание НВ приводит к значительному росту его силы тяги и сопротивления по сравнению с режимом осевого обтекания, вертикальная скорость снижения вертолета уменьшается в среднем примерно в 2 раза, пилотирование вертолета заметно упрощается, повышается вероятность безопасной вынужденной посадки.

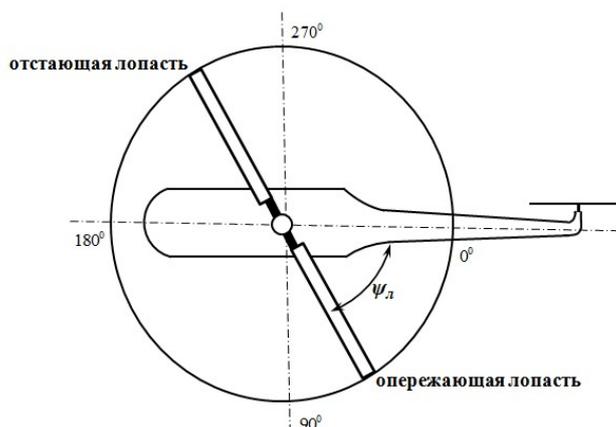


Рисунок 3 – Угол азимутального положения лопасти НВ

Установившееся значение частоты вращения НВ определяется так же влиянием угла атаки НВ, которое проявляется при отклонении ручки управления. Если для восстановления уменьшающейся частоты вращения НВ пилот отклонит ручку на себя, частота вращения НВ возрастет лишь кратковременно, а затем, по мере гашения поступательной скорости полета начнет вновь уменьшаться. Поэтому кратковременное увеличение частоты вращения НВ при энергичном отклонении ручки управления на себя целесообразно только при выравнивании вертолета непосредственно перед посадкой.

Таким образом зная влияние аэродинамических характеристик лопасти НВ на режиме самовращения и данные рекомендации летному составу позволяют осуществить безопасную посадку вертолета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Динамика полета: особенности летно-технических характеристик, характеристик устойчивости и управляемости вертолета : учебное пособие / С. А. Попов [и др.]. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – 98 с.
2. Акимов, А. И. Летные испытания вертолетов / А. И. Акимов, Л. М. Берестов, Р. А. Михеев. – М. : Машиностроение, 1994. – 408 с.

УДК 662.7

Т.Н. Довбышева, С.О. Канашиц

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТОПЛИВА В АВИАЦИИ

Нефть, как источник традиционного авиационного топлива, ограничена своей конечностью. С увеличением спроса на авиационное топливо мировое сообщество сталкивается с проблемами, связанными с нестабильностью цен на нефть и геополитическими факторами. Также неутешительными являются прогнозы добычи нефти, по данным разных источников традиционной нефти должно хватить при текущем уровне потребления до 2070 года. Это подчеркивает важность исследования и разработки альтернативных источников топлива в авиации. Экологически чистые виды топлива могут обеспечить более устойчивую будущую авиацию, снизить зависимость от нефти и содействовать снижению негативного воздействия на окружающую среду.

В авиации на данный момент существует множество идей использования экологически чистого топлива. Представляется необходимым дать оценку наиболее перспективным проектам.

Наиболее пригодными методами для снижения эмиссии углекислого газа являются: использование водородного топлива и электрических силовых установок. Перечисленные виды топлива имеют свои минусы и плюсы [1].

Преимущества водородного топлива:

1. Высокая эффективность: водород обладает высокой энергетической плотностью, что позволяет создавать мощные и эффективные двигатели, что важно для авиации.
2. Долгосрочная устойчивость: использование водородного топлива снижает зависимость авиационной отрасли от нефтепродуктов и может содействовать стабильности цен на топливо.
3. Дальность полетов: водород может обеспечивать достаточную энергию для долгих дистанций, что важно для международных перелетов.
4. Снижение шума: Водородные двигатели могут быть менее шумными, что уменьшает воздействие авиации на окружающую среду и местных жителей.
5. Экологичность: при сгорании водорода образуется только вода, что сводит загрязнение воздуха к нулю [2].

Недостатки водородного топлива:

1. Производство водорода: на данный момент существует классификация водорода по цветам в зависимости от способа производства, а именно: зеленый, желтый, серый, голубой. Производство водорода требует энергии, и в зависимости от источника энергии, использованного для производства, может быть экологически неэффективным, именно поэтому нас интересует зеленый водород, т. к. получают его с помощью, электролиза и если электричество поступает от возобновляемых источников энергии, таких как ветер, солнечная или гидроэнергия, то выбросы CO₂ отсутствуют. Однако процессы разделения воды на водород и кислород потребляют много электроэнергии, что повышает стоимость производства и, как следствие, усложняет внедрение зеленого водорода. Самым выгодным является желтый водород, так как электричество воспроизводят атомные электростанции, следовательно, выбросы CO₂ отсутствуют, но метод не является абсолютно экологичным из-за образования радиоактивных отходов.
2. Хранение и транспортировка: Водород требует специальных баков и систем для хранения и транспортировки. Эти системы могут быть безопасными и эффективными. Примером могут служить использование на БелАЭС катализатора в виде оксида кобальта, который не дает взорваться гремучему газу, а сразу превращает его в воду.
3. Инфраструктура: создание инфраструктуры для производства, хранения и распределения водородного топлива может потребовать значительных инвестиций и времени.
4. Водородная инфраструктура в аэропортах: Существующие аэропорты и самолеты построены для использования традиционных видов топлива, и переход на водород может потребовать изменений в инфраструктуре.

5. Безопасность: Водород, при смешивании в определенных пропорциях с кислородом образует гремучий газ, который очень взрывоопасен. Использование водорода в качестве топлива требует внимательное обслуживание и соблюдения строгих мер безопасности [3].

Важно отметить, что разработка водородных авиационных двигателей находится на стадии исследований и разработок, и они еще не внедрены в широком масштабе. Вот некоторые из ключевых компаний и организаций, работающих в этой области:

ZeroAvia: ZeroAvia – это стартап-компания, которая работает над разработкой водородных электрических двигателей для авиации. Они стремятся создать более экологически чистые и эффективные системы привода для легких и коммерческих авиационных аппаратов. Компания ZeroAvia подняла в небо самый большой в мире водородно-электрический самолет, тем самым сделав шаг вперед к экологически чистой авиации. Самолет Dornier 228 совершил 10-минутный полет из аэропорта Котсуолд в Великобритании. ZeroAvia заявляет, что в этом году она собирается сертифицировать технологию, а к 2025 году планирует запустить коммерческие маршруты на ее основе. Компания также работает над программой силовых агрегатов мощностью 2–5 МВт, которая позволит масштабировать технологию для самолетов вместимостью до 90 мест.

HyPoint: HyPoint – это компания, специализирующаяся на разработке водородных топливных ячеек для авиации. Они стремятся создать высокоэффективные и надежные водородные системы привода для беспилотных аппаратов и электрических вертолетов.

NASA: Национальное управление по аэронавтике и исследованию космоса США (NASA) также активно исследует водородные технологии для авиации. Они проводят исследования и тесты в области водородных двигателей и систем хранения на своих исследовательских аппаратах [4].

Airbus: Крупный производитель авиационной техники Airbus также исследует водородные технологии. Они работают над разработкой гидрогенератора, который может использоваться для создания водородных электрических двигателей.

Boeing: Другой крупный производитель авиационной техники, Boeing, также исследует водородные технологии в рамках своих исследовательских программ и проектов.

Плюсы использования электрических силовых установок в авиации:

1. Экологически чистая авиация: Электрические силовые установки позволяют снизить выбросы парниковых газов и вредных частиц, что делает авиацию более экологически чистой и способствует сокращению негативного воздействия на окружающую среду.

2. Снижение шума: Электрические двигатели обычно более тихие, чем традиционные реактивные двигатели. Это может снизить шумовую загрязненность в аэропортах и близлежащих районах.

3. Эффективность: Электрические силовые установки могут быть более эффективными и экономичными в использовании топлива, что может снизить операционные расходы авиакомпаний.

4. Устойчивость цен на энергию: Использование электроэнергии вместо традиционных видов топлива может обеспечить более стабильные и предсказуемые цены на энергию.

5. Улучшенная производительность: Электрические двигатели могут обеспечивать более высокую производительность и управляемость в сравнении с традиционными двигателями.

Минусы использования электрических силовых установок в авиации:

1. Ограниченная дальность полета. В настоящее время электрические силовые установки имеют ограниченную энергетическую плотность, что ограничивает дальность полета самолетов.

2. Время зарядки. Зарядка батарей для электрических двигателей требует времени, и это может потребовать значительных задержек между полетами.

3. Инфраструктура. Для поддержки электрической авиации требуется инфраструктура для зарядки и обслуживания. Это может потребовать дополнительных инвестиций.

4. Масса батарей. Батареи для электрических двигателей могут быть тяжелыми, что может повысить массу самолета и снизить полезную нагрузку.

5. Технологические ограничения. Некоторые виды авиационных операций, такие как длительные перелеты, могут требовать более продвинутых электрических технологий,

которые в настоящее время находятся на стадии разработки. В прошлом году компания Regent построила прототип экраноплана в четверть масштаба и завершила серию испытаний в заливе Наррагансетт в Род-Айленде, доказав, что транспорт действительно может плавать и летать. Прототип медленно вышел из гавани и стартовал в небо со скоростью 60 км/ч, где пролетел на высоте около 3 метров над океаном на скорости 80 км/ч при безопасных для путешествия погодных условиях. Коммерческая версия 12-местного электрического морского планера Viceroy будет летать на большей высоте и будет развивать скорость до 450 км/ч с радиусом полета до 450 км [5].

В заключение, перспективы использования экологически чистых видов топлива в авиации, таких как водородное топливо, электрические силовые установки, представляют собой важный шаг в направлении более устойчивой и экологически чистой авиации. Каждый из этих альтернативных видов топлива имеет свои плюсы и минусы, но их общей целью является снижение выбросов парниковых газов, уменьшение негативного воздействия на окружающую среду и создание более эффективных авиационных систем.

Водородное топливо обещает значительное снижение выбросов и может стать ключевой составляющей будущей авиации, но оно требует дополнительных исследований и инвестиций в инфраструктуру. Электрические силовые установки, в свою очередь, обещают улучшение экологических характеристик авиации, но сталкиваются с ограничениями в виде дальности полета и требований к инфраструктуре.

Однако для успешного внедрения этих технологий требуется совместное усилие авиационной индустрии, правительств и научных организаций. Внедрение экологически чистых видов топлива в авиацию станет ключевым шагом в направлении снижения экологического следа авиации и создания более устойчивой и экологически дружелюбной будущей авиации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Радченко, Р. В. Водород в энергетике : учебное пособие / Р. В. Радченко, А. С. Мокрушин, В. В. Тюльпа. – Екатеринбург : Урал, 2014. – 280 с.
2. Комисар, М. И., Авиационные электрические машины и источники питания / М. И. Комисар. – Москва, 1990. – 150 с.
3. Юдин, Д. А. Анализ развития водородной энергетики в мире / Д. А. Юдин. – М., 2022. – 120 с.
4. Ляшик, Ю. А. Водородная энергетика: проблемы и решения / Ю. А. Ляшик. – М., 2021. – 98 с.
5. Левин, А. В. Тенденции и перспективы развития авиационного электрооборудования / А. В. Левин, С. П. Халютин, Б. В. Жмуров. – М., 2015. – 110 с.

УДК 629.7.067

С.С. Ивашков, В.С. Шабельский, Д.В. Разуваев

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

К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ АКТИВНЫХ КОРОТКОХОДОВЫХ РУЧЕК УПРАВЛЕНИЯ В САМОЛЕТАХ ТРАНСПОРТНОЙ КАТЕГОРИИ

Активное применение ЭДСУ началось в конце 40-х, начале 50-х годов 20 века – эру реактивной авиации. Боевая авиация стала экспериментировать с комбинацией «ЭДСУ + САУ», что позволило получить огромный выигрыш такого принципа управления. Можно было создавать летательный аппарат аэродинамически неустойчивым, что давало целый ряд преимуществ: потребные для управления самолетом отклоняемые поверхности стали меньше

по размерам и массе, что привело к общему снижению массы и экономии топлива, к тому же повышалась маневренность машины, необходимой в первую очередь истребителям [1].

В свою очередь, транспортная отрасль авиастроения более консервативна ко всем нововведениям, к тому же на пассажирских самолетах не требовалась сверхманевренность, однако вскоре стали очевидны выгоды от использования ЭДСУ и для этих воздушных судов. Оказалось, что при использовании системы дистанционного управления, или, как это называется за рубежом, fly-by-wire, можно снизить массу самолета, применяя на нем управляющие поверхности меньшей площади, что приводит к снижению расхода топлива, а это очень важно для самолетов транспортной категории. Например, по данным компании Embraer, использование ЭДСУ позволяет на самолетах E-Jets E-1/E-2 уменьшить размеры и массу его стабилизатора, улучшить общую аэродинамику, а также сократить расход топлива на 1,5 %.

Так, с 1980-х годов и на коммерческих самолетах стали устанавливать ЭДСУ. Использование же программного обеспечения, запрещающего выполнять недопустимые маневры или выходить на предельные режимы, позволило существенно поднять уровень безопасности пассажирских лайнеров. Такая система используется и в отечественных самолетах транспортной категории, таких как МС-21, Sukhoi Superjet 100, преимущества которой были отражены выше.

Отличительной особенностью этих самолетов является то, что переход к ЭДСУ позволил применить вместо штурвальной колодки управления боковые короткоходовые ручки. Преимуществом таких командных рычагов управления является то, что они обладают меньшей массой, а также улучшают эргономику кабины.

В МС-21 применяется последнее поколение таких систем с активными боковыми ручками управления, которые совмещают в себе преимущества как боковой ручки, так и штурвала, которые заключаются, в отличие от пассивных боковых ручек управления, установленных, например, в самолетах компании Airbus, в возможности ощущения летчиком перемещения рукоятки при перемещении рукоятки другим летчиком. Это очень важно, особенно при обучении. Активная боковая ручка на МС-21 обеспечивает летчику обратную связь по аэродинамическим условиям полета и приближению к полетным ограничениям. Обратная связь заключается в вибрировании ручки при приближении к полетному ограничению, имитируя тряску всего самолета. Тем самым, помимо визуальных ощущений летчик получает еще и тактильные, улучшающие контроль за каждым маневром самолета.

Активная боковая ручка управления очень удобна и при работе автопилота. При выполнении маневров в режиме полета она также перемещается, тем самым наглядно демонстрируя летчикам, что делает их автоматический «коллега».

Летчики отмечают, что использование активных боковых ручек значительно повысило информированность о взаимных действиях, существенно улучшило качество совместного управления по сравнению с обычными боковыми ручками, используемыми сейчас на пассажирских самолетах. Инновация значительно повысила взаимопонимание между членами экипажа, практически исключив вероятность их нескоординированных действий.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ 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.



СЕКЦИЯ 2.
РОЛЬ И МЕСТО БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ
КОМПЛЕКСОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ
РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ



УДК 656.072

Abdujabarov Nuriddin Anvarovich, Shokirov Rakhimjon Azamjon ugli

*Tashkent State Transport University, Republic of Uzbekistan, Tashkent***AUTOMATIC OBJECT DETECTION AND TRACKING METHODS BASED ON IMAGES OBTAINED FROM UAVs**

When addressing numerous applicable tasks, such as automation of technical means control, terrain observation, target acquisition and tracking, particularly when deploying UAVs, the necessity for automatic processing and analysis of video images develops.

A moving image sensor, tiny object size, low object contrast, fluctuation of object form and brightness are all characteristics of the job of object recognition and tracking utilizing pictures taken from air vehicles. In today's world, multispectral photos are frequently employed as input data. Consider the approaches and methods utilized to tackle the detection and object tracking challenges (Figure 1).

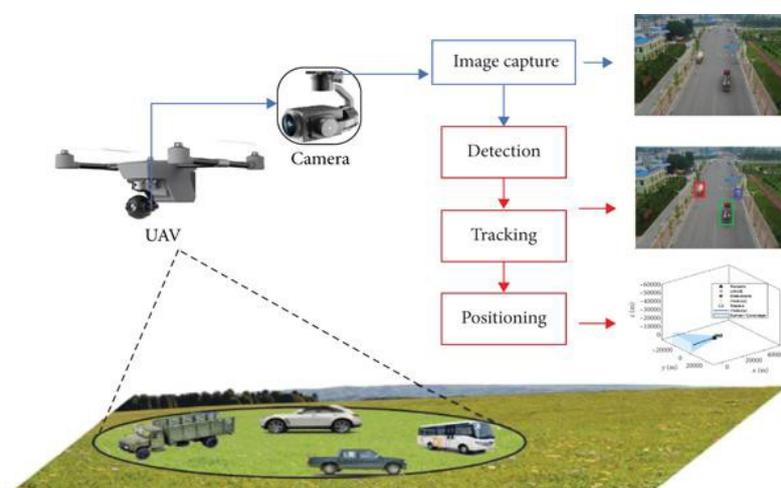


Figure 1 – System structure

In most situations, detection or image-based object tracking is simplified to classification problem solution. As a rule, the general scheme of problem solving includes stages of image preprocessing to reduce the influence of noise and improve the quality of the original image, search for zones of interest (areas of the image with suspected object presence), computation of features, and classification. The selection of invariant characteristics greatly influences the efficiency with which the object search problem is solved. Because the appearance of the object, in general, depends on the shooting conditions, such as the degree of illumination, weather conditions, angle of shooting, distance to the object, presence of camouflage, and so on, using brightness or texture of the object as the only features does not allow for high accuracy object detection.

In most situations, detection or image-based object tracking is simplified to classification problem solution. As a rule, the general scheme of problem solving includes stages of image preprocessing to reduce the influence of noise and improve the quality of the original image, search for zones of interest (areas of the image with suspected object presence), computation of features, and classification. The selection of invariant characteristics greatly influences the efficiency with which the object search problem is solved. Because the appearance of the object, in general, depends on the shooting conditions, such as the degree of illumination, weather conditions, angle of shooting, distance to the object, presence of camouflage, and so on, using the brightness or texture of the object as the only features does not allow for high accuracy object detection. The use of such characteristics should be accompanied by the creation of a dynamic model of the item that takes into account changes in its appearance. Another method is to employ survey elements that are less reliant on survey settings, such as form features.

Obtaining a projection of the item from the picture, or its segmentation, is a requirement for addressing the challenge of seeking things by form. Among the primary segmentation methods, we may highlight the following [1]:

- global and local threshold methods, including those based on histogram analysis;
- clustering, Mean-Shift-segmentation, watershed method, and region growing method;
- edge detection methods;
- model-based object detection methods, including Active Shape Model, Active Appearance Model, and others.

Once multispectral images are utilized as the initial information about the scene, multidimensional segmentation algorithms may be used. We were able to construct various novel segmentation algorithms [3] by using a scene model in the form of a vector local homogeneous random field [2]. When pictures from multiple spectral ranges were utilized combined, their great efficiency was demonstrated and empirically proven.

Geometric characteristics must be determined in order to categorize an item by examining its shape using the projection created as a consequence of object segmentation. In the most basic scenario, properties such as object area, perimeter length, relationship to other objects, and so on can be employed. However, it appears to be more beneficial to describe the object's form in detail. The distribution of chord lengths produced by randomly crossing the object by secants, for example, might be utilized as a form feature [4]. When working with a large number of features, it may be required to minimize the dimensionality of the feature space by focusing on the most important characteristics. PCA, LDA, KLDA, and other algorithms can be utilized for this purpose.

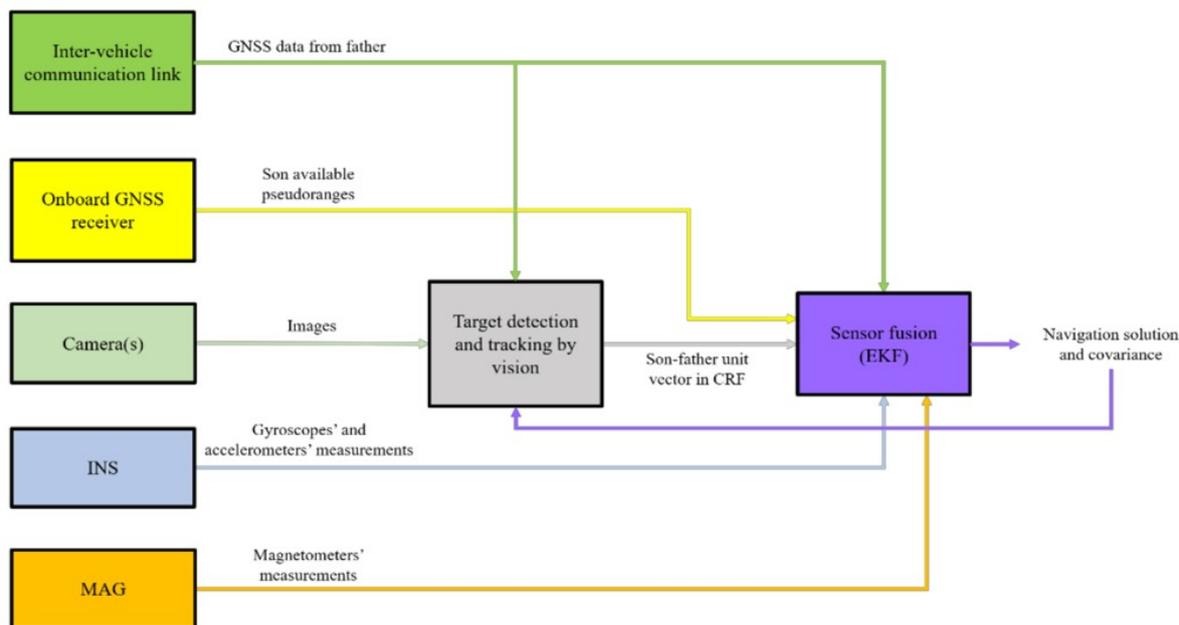


Figure 2 – Block diagram of the architecture for safe autonomous navigation for UAVs

To handle the classification problem, there are several machine learning approaches available, such as artificial neural networks, support vector machines, boosting algorithms, and others. Deep neural networks, especially convolutional neural networks, have shown the most efficiency in tackling pattern recognition tasks, including picture classification tasks, in recent years. Their benefit is that they automatically choose features. However, in order to achieve high accuracy, a massive sampling volume, typically consisting of hundreds of thousands or millions of photos, is necessary. It may be challenging to create a training sample of this size in some application areas.

Other aspects characterizing the look of the item, in addition to the form, can be successfully used. The features acquired with the use of SIFT, SURF, LBP, HOG, and other descriptors are well

recognized among computer vision professionals. The Viola-Jones approach, initially designed for face identification but now utilized for object search in a variety of application tasks, is based on the utilization of Haar characteristics. Moving objects (e. g., automobiles) may be recognized with high accuracy using video as input by segmenting the pictures depending on motion.

The problem of object tracking has been extensively researched. There are several approaches for solving it, including those based on optical flow computing, such as the Lucas-Canade algorithm and Kalman filters. In reality, however, autonomous tracking of an object might be problematic. The issues in addressing the problem are similar to those in solving the problem of object detection: tiny object size, poor contrast, and appearance variability. The issue of the accompanying item temporarily leaving the frame is also introduced.

The Tracking-Learning-Detection (TLD) algorithm is one of the most successful current techniques of autonomous object tracking [5]. Its benefit is great detection accuracy in real time, even when the item briefly departs the frame. At the same time, the algorithm frequently discards items of low contrast and tiny size. We have worked on improving the TLD algorithm. The integration of the created object segmentation algorithm with the TLD detector allowed us to increase the object tracking method's accuracy.

Most pattern recognition techniques are easily scalable and may be used to tackle problems in a variety of disciplines. Algorithms for pathologic search from X-ray pictures, for example, can be used to find objects in aircraft photographs.

Currently, the development of hardware-software complexes for autonomous object capture and tracking, capable of performing these tasks effectively on board UAVs in real time, is a major priority. Because of the rapid advancement of artificial intelligence technologies such as computer vision and machine learning, we may anticipate substantial progress in overcoming the difficulties of object recognition and tracking utilizing photos collected by UAVs.

REFERENCES

1. Szeliski, R. Computer Vision: Algorithms and Applications / Szeliski R. – London : Springer-Verlag, 2011. – 812 p.
2. Fofanov, V. B. Scene formalization in the task of multispectral image interpretation / Fofanov V. B. // Optical Journal. – 2007. – Vol. 74, № 3. – P. 51–54.
3. Kuleev, R. F. A generalization of segmentation methods of quantiles and modes to the case of several images, Pattern Recognition and Image Analysis (Advances in Mathematical Theory and Applications) / Kuleev R. F., Fofanov V. B. – 2008. – Vol. 18, № 4. – P. 666–670.
4. Fofanov, V. B. Formalization of the task of search of objects on a vector scene, Intellectual Systems / Fofanov V. B., Zhiznevskiy A. N. // Theory and Applications. – 2013. – Vol. 17, № 1–4. – P. 543–546.
5. Kalal, Z. Tracking-Learning-Detection / Kalal Z., Mikolajczyk K., Matas J. // IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. – 2010. – Vol. 6, № 1. – P. 1–14.

УДК 623.74

Р.Н. Агаев, А.В. Чариков, С.В. Масалькин

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

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЗЛЕТА

Беспилотный летательный аппарат (БЛА) – летательный аппарат, реализующий свое функциональное предназначение в автоматическом режиме с заложенными в него алгоритмом и программами функционирования.

Боевые действия – сфера применения беспилотников. Именно военной отрасли дроны обязаны своим происхождением. Опыт войн последних десятилетий показывает вооруженную борьбу в воздушном пространстве, где фактически обеспечивается достижение цели агрессии, в том числе с интенсивным использованием БЛА. Главным в военных конфликтах будут одновременные использования высокоточных средств поражения различного базирования. Применение управляемого оружия позволяет наступающей стороне добиваться успеха без потерь пилотируемой авиации, а после вывода из строя системы противовоздушной обороны противника обеспечить выполнение этой авиацией заданий с минимальными потерями.

Использование БЛА – перспективное направление информационного превосходства над противниками, а также гарантирует победу важнейших элементов защиты. Сейчас беспилотник зарекомендовал себя эффективным военным средством многопланового применения. Беспилотная авиация используется для решения различных задач:

- разведка;
- мониторинг ситуации;
- активные военные действия.

БЛА выполняют продолжительные полеты, устойчивы к внешним воздействиям, обладают относительной автономностью (способны выполнять многие задачи на поле боя, а также самостоятельно приземляться). Также они отличаются передовым техническим оснащением, превосходя классические пилотируемые аппараты по совокупности факторов:

Автономность.

характеризующаяся возможностью беспилотников выполнять автономные задачи, является неотъемлемым свойством, обеспечивающим надежность данных разведчиков. Благодаря этому свойству, технические устройства способны осуществлять разведку в труднодоступных местах, успешно передавать информацию, полученную в процессе разведки, в наземный штаб. Важно отметить, что полеты этих беспилотников осуществляются независимо от сложностей погодных условий, что позволяет им эффективно функционировать в любое время и в любом месте без вмешательства человека.

Экономия.

В сравнении с пилотируемыми воздушными судами, беспилотные летательные аппараты значительно более экономичны. При этом для их полетов не требуется специальной подготовки и участия пилотов.

Способность одновременно выполнять группу поставленных задач.

Беспилотники выполняют в бою сразу несколько функций: разведки, координации, информирования и нанесения ударов.

Отсутствие риска для жизни человека.

В боевых действиях, где потенциально опасно для жизни экипажа, актуальной является способность беспилотников совершать полеты без участия человека. Автономный беспилотник представляет собой многофункциональное устройство, которое одновременно выполняет военные операции и обеспечивает безопасность бойцов.

В настоящее время большое применение получают БЛА вертикального взлета.

Ка-137 – российский многоцелевой БЛА (вертолет), разработанный в ОКБ Камова и предназначенный для решения широкого класса задач в интересах МЧС и Минобороны Российской Федерации. Первый полет совершил в 1998 году (рисунок 1) [1].

Беспилотный вертолет Ка-137 выполнен по соосной схеме. Корпус имеет шарообразную форму с диаметром 1,3 м. Оборудованный спутниковой навигационной системой и цифровым автопилотом Ка-137 движется по заранее намеченному маршруту автоматически и выходит в заданное место с точностью до 60 м.



Рисунок 1 – БЛА вертикального взлета Ка-137

«Катран» предназначен для нанесения ударов при выполнении специальных задач, для ведения разведки, ведения фото и видеосъемки с помощью телевизионной или тепловизионной аппаратуры (рисунок 2) [2].



Рисунок 2 – БЛА вертикального взлета «Катран»

БЛА вертолетного типа построен по соосной схеме и способен взлетать и садиться на неподготовленные площадки. Применяться машина может как в сухопутных войсках, так и на флоте. Такой БЛА вооружен управляемыми и неуправляемыми ракетами.

Тактико-технические характеристики:

- длина по корпусу 6000 мм;
- ширина 1100 мм;
- высота 2000 мм;
- максимальный взлетный вес 490 кг;
- масса полезной нагрузки 120 кг;
- максимальная скорость 130 км/ч.

Black Hornet Nano (PD-100 Black Hornet Nano) – микро-БЛА вертолетного типа. Самый миниатюрный военный БЛА в мире (рисунок 3) [3].

«Black Hornet Nano» оснащен двумя камерами видеонаблюдения, размещенными в его носу. Передача данных на станцию управления аппаратом осуществляется в режиме реального времени. Длина составляет около 100 мм, ширина 25 мм, диаметр ротора составляет 100 мм. Общий вес БЛА составляет около 18 граммов. Весь комплект с учетом дисплея весит 1,3 кг. Может летать со скоростью до 5 м/с при ветре до 8 м/с. Максимальная продолжительность полета составляет 25 минут, на дальности до 1 км.



Рисунок 3 – БЛА Black Hornet Nano

Подводя итогу, можно сказать, БЛА вертикального взлета развиваются стремительными темпами. Беспилотники стали очень необходимыми в современных войнах. Такие беспилотники стали создаваться под различные задачи от разведки до ведения активных боевых действий, что в свою очередь выводит боевые действия на иной уровень.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ка-137 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%B0-137>. – Дата доступа: 15.10.2023.
2. Беспилотный летательный аппарат «Катран» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://tvzvezda.ru/weapon/prochee/201805071210-3zdh.htm>. – Дата доступа: 15.10.2023.
3. Black Hornet Nano [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Black_Hornet_Nano. – Дата доступа: 15.10.2023.

УДК 623.746.-519

И.П. Аниськов¹, А.Р. Понтус²

¹Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси

²Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники Национальной академии наук Беларуси»

ДВУХУРОВНЕВЫЙ МОНИТОРИНГ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ХВОЙНЫХ ЛЕСАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА

Традиционные снимки, получаемые, например, RGB или NIR-сенсорами, доказали свою полезность во многих областях сельского и лесного хозяйства. Тем не менее, говоря о ранней диагностике эколого-функционального состояния растительности (как лесной, так и сельскохозяйственной) таким снимкам не хватает спектрального диапазона (особенно в средней- и дальней части электромагнитного спектра) и их точного геопозиционирования для корректной классификации и диагностики идентифицируемых объектов растительного мира, которую могут обеспечить только гиперспектральные сенсоры. Этот вид сенсоров высокого разрешения вначале использовался на спутниках, а затем на пилотируемых самолетах, которые оказались достаточно дорогими в эксплуатации и обслуживании. В последнее время беспилотные летательные аппараты (БЛА) стали очень популярным и экономически эффективным средством для дистанционного зондирования и мониторинга растительного

покрова, так как они способны нести малогабаритные и легкие по весу сенсоры. Развитие гиперспектральных цифровых технологий постоянно приводит к созданию все меньших по габаритам и легких сенсоров, которые в настоящее время могут быть установлены на БЛА для научных и производственных (коммерческих) целей. Способность гиперспектральных сенсоров вести съемку в сотнях спектральных каналах (полос) увеличивает сложность их тематической обработки и интерпретации при дешифрировании огромного количества полученных данных [1]. Дальнейшие шаги относительно обработки гиперспектральных данных должны выполняться в направлении поиска и получения соответствующей опорной (эталонной) информации, которая обеспечивает своевременные меры реагирования в лесоводственные, лесохозяйственные и агротехнические процессы.

Необходимо отметить, что мульти-, так и гиперспектральные изображения имеют большой потенциал для перехода на совершенно новый уровень исследований при организации и ведении мониторинга растительного покрова [2]. Например, можно оценить показатели продуктивности и стресса как в сельскохозяйственных, так и в лесных экосистемах, которые могут быть получены путем измерения индекса фотохимического отражения (PRI), основанный на узкополосном поглощении ксантофильных пигментов в диапазонах 531 и 570 нм. Однако при этом более высокое спектральное разрешение присутствует в гиперспектральных данных дистанционного зондирования узкополосного спектрального состава, которое невозможно достичь при использовании мультиспектральных данных. Таким образом, гиперспектральные данные имеют большие возможности для узкого профилирования материалов и получаемых соответствующих конечных результатов за счет его почти непрерывных спектров. С одной стороны, они охватывают спектральные особенности, которые могут пройти незамеченными в мультиспектральных данных из-за их дискретного и разреженного характера. Например, т. н. «красный край» (RE, 670–780 нм) недоступен для широкополосного сенсора, но он дает исчерпывающую характеристику (на дату съемки) содержания хлорофилла в листьях, фенологическое состояние и наличия/отсутствия так называемого растительного стресса – параметры, которые четко проявляются в этом спектральном диапазоне. С другой стороны, гиперспектральные данные обладают способностью идентифицировать некоторые компоненты растительного покрова, которые могут быть неправильно сгруппированы по мультиспектральным каналам (полосам). Как правило, при использовании БЛА требуется наличие и взаимодействие нескольких взаимосвязанных технических устройств: наземный пункт управления (НПУ) и связи, наличия пилотажно-навигационного комплекса (ПНК) для выполнения полетных заданий БЛА, полевого пункта обработки поступающей информации (ППОИ). При обработке гиперспектральных данных, необходимо выполнить ряд технологических этапов: *первый* – получение гиперспектрального изображения; *второй* – калибровка полученных гиперспектральных изображений; *третий* – спектральная/пространственная обработка полученных данных (получение так называемого спектрального гиперкуба); *четвертый* – уменьшение размерности и получение селективных гиперспектральных каналов; *пятый* – тематическое дешифрирование на основе обучающих (эталонных) спектральных сигнатур-библиотек гиперспектральных изображений (анализ, классификация, обнаружение и т. д.).

Нами в работе широко использовались вегетационные индексы (VI), рассчитываемые при тематической обработке гиперспектральных изображений, что позволило проанализировать и оценить эколого-функциональное состояние хвойных насаждений, находящихся на территории ГЛХУ «Минский лесхоз» (Волмянское и Станьковское лесничества) и с/х культур на территории ОАО «Ставок», ОАО «Лопатино» и ОАО «Ласицк» Пинского района Брестской области по индексу площади листьев (LAI) с оценкой их биофизических, физиологических и биохимических параметров. Нами были установлены и классифицированы как широкие, так и узкие спектральные селективные полосы, для полученных гиперспектральных данных. Кроме того, нами рассчитывался индекс коэффициента поглощения хлорофилла (CARI), индекс «зелености» (GI), индекс вегетации зелени (GVI), модифицированный индекс коэффициента поглощения хлорофилла (MCARI), модифицированный индекс нормализованной разности

вегетации (MNDVI), простое соотношение (SR), включая узкополосные варианты (1–4 нм), трансформированного индекса коэффициента поглощения хлорофилла (TCARI), треугольной индекс растительности (TVI), модифицированный коэффициент стресса растительности (MVSR), модифицированный индекс почвенной растительности (MSAVI) и PRI.

Необходимо отметить, что вегетационные индексы (VI) широко используются при тематической обработке гиперспектральных данных для оценки чувствительности VI к коэффициенту LAI [3]. Модифицированные версии TVI и MCARI оказались лучшими для прогнозирования зеленого цвета в LAI. Выполненная нами оценка состояния хвойных насаждений указала на то, что PRI является одним из наиболее чувствительных к каротиноидам и хлорофилл-каротиноидным соотношениям. Индекс TCARI в сочетании с широкополосным индексом, известным как Оптимизированный индекс растительности с поправкой на почву (OSAVI), был наиболее подходящим для оценки Cab на агрегированных и чистых пикселях сосновых средневозрастных насаждений, подверженных воздействиям корневой губки. Полученные в течение вегетационного периода гиперспектральные данные, полученные с БПЛА «Гексакоптер-1» и гиперспектральной камеры ГПСК-120, при съемке хвойных лесов были использованы нами для разработки технологии диагностики усыхания лесов на ранней стадии с комбинациями VI, результатом которых стал вывод, что комбинация R515 / R570 (чувствительная к $S_x + c$) и TCARI / OSAVI (чувствительная к $S_a + b$) узкополосные индексы подходят для картирования концентрации каротиноидов фотосинтетического аппарата хвойных насаждений, который характеризует ослабление эколого-функционального состояния хвойных насаждений уже на ранней стадии. Что касается оценки содержания хлорофилла, то индексы SR и SR2 являются наилучшими для оценки текущего эколого-функционального состояния растительного покрова (на дату съемки). Также по результатам работ можно сделать вывод, что индекс MSAVI является весьма информативным из всех VI, который тесно связан с оценкой LAI на разных фенологических стадиях растительного покрова.

В заключении необходимо отметить, что большое внимание нами было уделено разработке и адаптации имеющегося программного обеспечения (ПО) для обработки гиперспектральных данных. В результате работ был апробирован бесплатный вариант с открытым исходным кодом – это модуль Spectral Python (SPy), который выпущен под общедоступной лицензией GPL. Кроме того, может быть рекомендован также программный модуль Hyperspectral Python (HypPy), который работает с форматом файлов пакета ENVI. Еще один вариант – Hyperspectral Image Analysis Toolbox (HIAT), который состоит из набора функций для анализа гиперспектральных и мультиспектральных данных в среде Matlab и бесплатный пакет MultiSpec.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 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. – С. 184–201. – Режим доступа: https://www.photonics.su/files/article_pdf/7/article_7323_230.pdf. – Дата доступа: 12.09.2023.
2. Гиперспектральные снимки: обзор сенсоров для БПЛА, систем обработки данных и приложений для сельского и лесного хозяйства [Электронный ресурс] / Telmo Adão, Jonás Hruška, Luís Pádua, José Bessa, Emanuel Peres, Raul Morais, Joaquim João Sousa. – Режим доступа: <https://sovzond.ru/press-center/articles/bpla/5601/>. – Дата доступа: 12.09.2023.
3. Аншаков, Г. П. Эффективность использования мультиспектральных и гиперспектральных данных дистанционного зондирования в задачах мониторинга окружающей среды / Г. П. Аншаков, Ю. Н. Журавель, А. А. Федосеев // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. – 2013. – № 4 (42). – С. 38–48.

УДК 355.345

И.О. Антонюк, К.Е. Рогачевский, А.Р. Михайлов

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «МЕТЕОПЛАНШЕТ»**

Метеорологическое обеспечение полетов беспилотных летательных аппаратов (БЛА) осуществляется в целях обеспечения достижения успешного проведения летной подготовки, выполнения задач по предназначению, безопасности полетов.

Подразделения беспилотной авиации зачастую выполняют полеты в отрыве от пункта постоянной дислокации, в районах, необеспеченных соответствующей метеорологической информацией. В таких случаях оператор БЛА вынужден собирать все данные в интернете. Для решения данной проблемы, предлагается создание автоматизированного программного комплекса «Метеопланшет».

Данное приложение создано с помощью статистического типизированного языка программирования, совмещенного с языком программирования Java [1].

Процесс сбора данных обеспечивает точность и актуальность. Для сбора данных приложение осуществляет запрос к различным метеорологическим и геолокационным сервисам. Эти запросы обновляются регулярно, обеспечивая актуальность данных.

Автоматизированный программный комплекс «Метеопланшет» (Метеопланшет) – это приложение, разработанное специально для операторов БЛА, предоставляющее доступ к множеству метеорологических данных, включая температуру, давление, влажность, Ультрафиолетовый (УФ) индекс, видимость, воздушное AQI (качество воздуха), облачность, скорость ветра, азимут ветра, точку росы и информацию о осадках. На рисунке 1 представлен вид приложения в главном меню.

Метеопланшет обеспечивает надежность и скорость сбора информации при осуществлении полетов, интегрируя информацию с разнообразных метеорологических и геолокационных источников, таких как openweather, gismeteo, Яндекс.Карты и WeatherAPI, обеспечивая точные и надежные данные о погоде. На рисунке 2 представлена карта и пример обозначения метеостанций на карте [2].

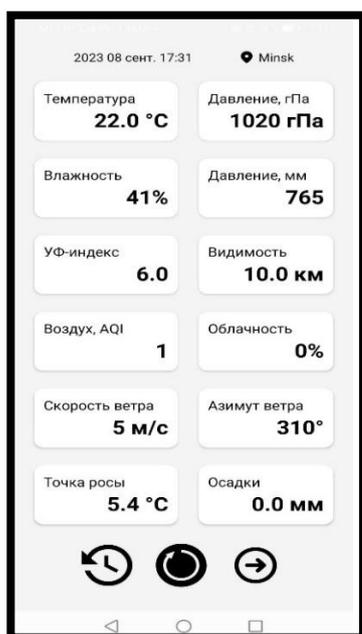


Рисунок 1 – Меню приложения

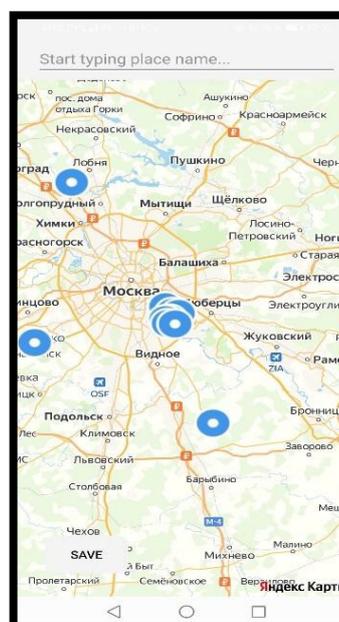


Рисунок 2 – Карта приложения

Помимо текущих метеоданных, приложение предоставляет возможность получать прогноз погоды на следующий день и важные уведомления о предстоящих погодных явлениях, повышая уровень безопасности и готовности к действиям. На рисунке 3 представлено меню, с прогнозом погоды на следующий день [3].



Рисунок 3 – Прогнозы погоды на следующий день



Рисунок 4 – История поиска

Метеопланшет упрощает доступ к метеоданным с помощью функций поиска по карте, геопозиции, координатам, точкам, местности и метеоточкам, предоставляя интуитивно понятный и удобный интерфейс.

Это приложение создано с целью улучшить эффективность операторов БЛА, позволяя им получить всю необходимую метеоинформацию в одном месте, что сокращает время поиска и повышает производительность. На рисунке 4 изображена история поиска, которую можно очистить в любое время.

В дальнейшем планируется внедрение дополнительных функций, таких как отображение осадков и облачности на карте, а также расширение перечня измерений, чтобы удовлетворить все потребности пользователей метеопланшета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиационные правила метеорологического обеспечения государственной авиации Республики Беларусь : утв. постановлением Министерства обороны Респ. Беларусь, № 35, 24.12.2015. – Минск, 2015. – 164 с.
2. Doc 8896. Руководство по авиационной метеорологии. – Монреаль : ИКАО. – 2011. – 190 с.
3. Дьяков, Д. А. Основы авиационной метеорологии : пособие / сост. Д. А. Дьяков, К. Е. Рогачевский, И. В. Рожков. – Минск : БГАА, 2018. – 148 с.

УДК 626.75

О.В. Александров, А.В. Подберёзская

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ: БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ**

На протяжении всей истории авиации полеты были связаны с опасностью для жизни людей причем не только тех, кто принимал непосредственное участие в таких полетах, но и тех, кто находился на земле. Сегодня безопасность является главным приоритетом в авиации, а на обеспечение безопасности полетов обращено самое пристальное внимание на всех уровнях авиационной системы.

После появления беспилотных авиационных систем (далее – БАС) возникла необходимость в пересмотре требований, предъявляемых к обеспечению безопасности полетов. Вызвано это, прежде всего, рядом особенностей, которыми они обладают и которые отличают их от пилотируемых летательных аппаратов:

- возможность выполнения маневров с большими перегрузками, превышающими физические возможности летчиков, большие продолжительность и дальность полета при отсутствии фактора усталости экипажа;

- относительно небольшая стоимость БАС, их малые размеры и невысокие траты на эксплуатацию и обслуживание;

- отсутствие пилота на борту и передача команд оператором дистанционно с наземной станции управления (далее – НСУ), что означает устранение риска гибели людей.

В Республике Беларусь также отмечается интерес к БАС. Однако все они являются уязвимыми и имеют ряд нерешенных проблем в эксплуатации.

Рассмотрим некоторые из них.

Безопасность и стабильность канала связи.

Дистанционно управляемые летательные аппараты являются автономными системами, которые способны выполнять дальние полеты на расстояние свыше тысячи километров, и только половина от всех полетов БАС происходит на удалении до 50 километров от НСУ. За счет сбора информации об окружающей воздушной обстановке в зоне выполнения полета оператор получает ее через канал связи. По этой причине связь между органом управления воздушным движением (диспетчером), оператором и «беспилотником» должна осуществляться незамедлительно и без искажений. Однако проблема заключается в том, что у диспетчера нет прямой связи с оператором БАС, а по принятым в ИКАО правилам связь между ними преимущественно ведется через борт беспилотного воздушного судна (далее – БВС) [1].

Для реализации этого необходимо наличие радиостанции на борту БВС и каналов связи «оператор – БВС», «БВС – Диспетчер». Для их использования необходимо проведение разработки и внедрение требований к кибербезопасности, которые исключат внешнее вмешательство в управление БВС, так как третьими лицами может быть изменена траектория полета, что может привести различным нежелательным последствиям [1]. Угроза таких действий является сегодня наиболее вероятной и легко реализуемой при злонамеренном причинении вреда с использованием БАС.

Атака типа «спуфинг» является одной из самых больших уязвимостей беспилотных авиационных систем, которая легко осуществляется с использованием специального оборудования. Она может быть скрытой или открытой в зависимости от сложности реализации, однако в обоих случаях оператор полностью теряет контроль над летательным аппаратом.

Кроме того, существует возможность перехвата спутниковых аудио- и видеосигналов. Так в 2009 году военные Ирака перехватили видео с беспилотников армии США. Для этого использовалось готовое программное обеспечение «SkyGrabber», обладающее такими возможностями [2].

Из вышесказанного можно сделать вывод, что канал связи должен отвечать требованиям надежности, достоверности и непрерывности. Особое внимание должно быть уделено обеспечению безопасности каналов связи, шифрованию и обеспечению защиты управления видеопотоками, так как это существенно усложнит задачу по спуфингу и взлому БАС [2].

Предотвращение столкновения дистанционно управляемых и пилотируемых воздушных судов при совместном использовании воздушного пространства.

Данная проблема связана со «слепотой» БАС, так как системы теленаблюдения и линии передачи данных не позволяют оператору своевременно обнаружить другой летательный аппарат. По этой причине реализовать полеты «беспилотников» по принципу «вижу – избегаю» весьма сложно, поэтому их полеты выполняются только в специально выделенном воздушном пространстве, где другим воздушным судам полеты ограничены. Такая мера является обязательной для безопасного осуществления полетов, но она резко уменьшает эффективность использования дистанционно управляемых летательных аппаратов. Из-за увеличения числа «беспилотников» увеличивается и количество используемых ими районов ограничений (закрытых районов), что приводит к неоптимальному использованию воздушного пространства.

Один из путей увеличения эффективности – безопасная интеграция БАС в общее воздушное пространство с пилотируемыми летательными аппаратами.

Такая интеграция, по мнению ИКАО, не должна привести к существенным изменениям в структуре и порядке использования воздушного пространства, а также существующих процедур связи между органами управления воздушным движением и экипажами воздушных судов. Также не должно возникнуть необходимости в оборудовании пилотируемых воздушных судов специальными техническими средствами для обеспечения связи с БАС [3].

С учетом изложенного, интеграция «беспилотников» в контролируемое воздушное пространство должна осуществляться при условии их наблюдения органами УВД (диспетчерами) и при наличии устойчивой двусторонней радиосвязи с их операторами. Как уже отмечалось, это требует реализации защищенного канала связи между НСУ оператора и БАС.

Другим решением данной задачи может стать внедрение новых технологий в конструкцию БАС.

Все гражданские воздушные суда оснащаются системой предупреждения столкновения самолетов в воздухе – «TCAS», которая основана на прямой связи между авиационными транспондерами. В случае обнаружения системой «TCAS» риска столкновения, пилот каждого воздушного судна получает тревожное сообщение в виде звукового сигнала в кабине экипажа. Однако БАС не оборудованы транспондерами и потому не будут отображаться в «TCAS» пилотируемых воздушных судов. Слабая маневренность беспилотных летательных аппаратов при наборе высоты и снижении, а также отсутствие пилота, который мог бы немедленно реагировать на рекомендуемые команды системы TCAS, не позволяют в настоящее время использовать их в несегрегированном воздушном пространстве [4].

Кроме того, установка системы предотвращения столкновения самолетов в воздухе является весьма дорогостоящей и энергозатратной, что может повлечь за собой ограничение в использовании БАС, а также к увеличению их массы и стоимости.

Нельзя игнорировать специфику БАС и основные угрозы, связанные с техническими неполадками и малой устойчивостью к внешним воздействиям, так как эти факторы непосредственно влияют на безопасность полетов. В связи с этим необходимо пересмотреть требования, предъявляемые к порядку совместного использования воздушного пространства дистанционно управляемых и пилотируемых воздушных судов, и их безопасной интеграции, внедрению новых технологий в оборудование «беспилотников» и подготовке операторов.

Эти меры помогут минимизировать вероятность взлома и воздействия внешних факторов на БАС и интегрировать их в уже существующую систему.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бабинцев, Г. В. Безопасность полетов беспилотных воздушных судов: десять неотложных задач [Электронный ресурс] / Г. В. Бабинцев. – М. : Директ-Медиа, 2018. – Режим доступа: www.tbforum.ru/blog/bezopasnost-poletov-bespilotnykh-vozdushnykh-sudov-desyat-neotlozhnykh-zadach. – Дата доступа: 22.10.2023.
2. Шибает, В. Беспилотные авиационные системы: безопасность полетов и критические факторы / В. Шибает, А. Шнырев, В. Буня // Аэрокосмический курьер. – 2011. – № 1. – С. 25–28.
3. Иванов, Ю. Л. Беспилотные летательные аппараты: состояние и тенденции развития / Ю. Л. Иванов. – М. : ЛА Варяг, 2004. – 176 с.
4. Кудряков, С. А. Беспилотные авиационные системы. Общие сведения и основы эксплуатации / С. А. Кудряков. – СПб. : Свое издательство, 2015. – 121 с.

УДК 369.2

С.В. Бабамов, М.Э. Умяров

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

НЕОБХОДИМОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СОВРЕМЕННОЙ ЖИЗНИ: ПРИМЕНЕНИЕ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ

История создания беспилотных авиационных комплексов зародилась еще в начале прошлого века, когда военный инженер из Огайо, предложил использовать летательные аппараты без человека. Его замысел заключался в том, что устройство, управляемое часовым механизмом в заданный момент времени, сбрасывало крылья и падало на врага, словно бомба. В СССР в 30–40 гг. прошлого века, под руководством авиаконструктора Никитина, разрабатывался торпедоносец-планер специального назначения в двух вариациях: пилотируемый тренировочно-пристрелочный и беспилотный с полной автоматикой. С тех пор наука не стоит на месте и в современном мире трудно представить жизнь без применения БПЛА. Они становятся все более важным инструментом в различных областях благодаря их способности в режиме реального времени передавать информацию, что повышает эффективность использования ресурсов и снижает риски, связанные с их потерей. Беспилотные летательные аппараты используются в различных областях научных исследований включая экологию, геологию метеорологию и мониторинг окружающей среды, они позволяют ученым собрать данные на больших территориях с большой точностью и меньшим вмешательством человека чем традиционные методы. Беспилотные авиационные комплексы используют для мониторинга состояния сельскохозяйственных культур, обнаружения вредителей и болезней, а также для более эффективного применения удобрений и пестицидов, это помогает повысить урожайность при одновременном снижении затрат и воздействия на окружающую среду. Кроме того, БПЛА используются для проведения инспекционных полетов для обнаружения мест вырубки лесов, загрязнения окружающей среды и быстрого реагирования на стихийные бедствия, такие как наводнение, ураганы и землетрясения. БПЛА также могут быть использованы для оказания помощи пострадавшим путем доставки медикаментов и других припасов необходимых для выживания в экстремальных условиях. Современные беспилотные авиационные комплексы оснащены всем необходимым оборудованием для сбора данных о температуре, влажности, скорости ветра и других факторах, влияющих на окружающую среду, и без задержек передать эти данные оператору. БПЛА нашли свое применение и в коммерческой сфере, к примеру, они способны осуществлять доставку посылок, транспортировку грузов и аэрофотосъемку, что

является экономичным и эффективным способом выполнения задач. Помимо гражданских задач, БПЛА активно применяют в военной сфере, их задачами являются разведка, обнаружение противника, целеуказание и корректировка ведения огня артиллерии, а в ряде случаев для нанесения ударов по позициям противника с безопасного расстояния. Возросшая популярность беспилотных летательных аппаратов и доступность к покупке дешевых малоразмерных образцов приводит к необходимости создания реестра для регистрации и учета частных и коммерческих БПЛА. Данный реестр создан для регулирования использования БПЛА в стране и обеспечения безопасности воздушного пространства. Регистрация в реестре является обязательной для всех владельцев и операторов БПЛА, вне зависимости от целей их использования [1].

Наибольшие технологические прорывы в области применения беспилотных авиационных комплексов наблюдаются в военной сфере. Примером этому может служить применение технологии «Рой». Основой этого метода является одновременное использование множества БПЛА, связанных между собой нейросетью. При обнаружении одним из беспилотников групповой цели информация сразу же передается другим участникам роя после чего происходит распределение целей, каждый БПЛА выберет подходящую под свой индивидуальный боеприпас мишень. Роль человека будет заключаться лишь в запуске дрона, определении района его действия и основных параметров целей, при этом в алгоритме заложена приоритетность целей по важности, если БПЛА обнаружит радиолокационную станцию и танк, то он атакует РЛС. Приоритет будет отдаваться той цели, что будет заложена оператором изначально и это может быть техника, стоящая на позициях по линии фронта, средства РЭБ и РЛС, а также авиационная техника, находящаяся на аэродроме базирования [2].

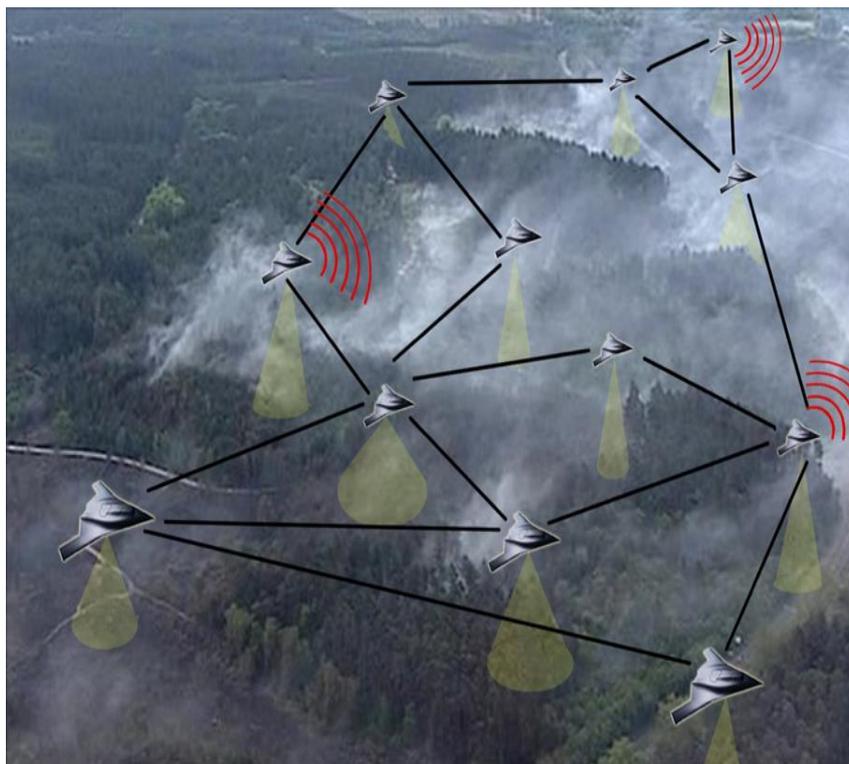


Рисунок – Схема действий БПЛА в группе

Таким образом применение технологии «Рой» позволит наносить значительный ущерб противнику без потерь живой силы и военной техники, а также, позволит срывать планы противника по наступлению еще на стадии их подготовки. Данная технология лишь одна из множества перспективных, развитие нейросети и искусственного интеллекта позволит повысить способности будущих беспилотных авиационных комплексов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Просвирина, Н. В. Прогнозирование и перспективы развития отечественной авиационной промышленности / Н. В. Просвирина, А. И. Тихонов // Стратегическое планирование и развитие предприятий : материалы Восемнадцатого всероссийского симпозиума / под ред. Г. Б. Клейнера. – М., 2017. – С. 975–979.

2. Кузнецов, Г. А. Беспилотные летательные аппараты с поршневыми двигателями: история создания, применение и перспективы развития / Г. А. Кузнецов // Научное обозрение. – 2010. – № 3. – С. 40–45.

УДК 357

Е.В. Булатова¹, Д.А. Дьяков²

¹Учреждение образования «Национальный детский технопарк»

²Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИНЕРЦИАЛЬНО-ОПТИЧЕСКАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ КАК ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫМИ УЧЕНЫМИ

Одним из важных параметров, определяющих эксплуатационные возможности навигационной системы беспилотного летательного аппарата (БЛА), является ее автономность. В настоящее время позиционирование БЛА и его навигация обеспечивается инерциально-навигационной системой с использованием спутниковых навигационных систем, которые в свою очередь зависят от внешних источников информации и могут потерять свою функциональность при отказе или при постановке помех.

Альтернативой спутниковых систем можно считать активно развивающиеся системы оптической навигации. Оптическая навигация решает задачу обеспечения инерциальной системы внешними данными основанных на использовании и идентификации изображений наземных ориентиров в условиях, когда спутниковый сигнал по тем или иным причинам недоступен.

В настоящее время вопросы применения навигационных систем на БЛА, в том числе с использованием компьютерного зрения, находят широкое отражение в научных публикациях ученых [1, 2, 3, 4].

Для изучения молодыми учеными предмета исследования предлагается рассмотреть следующие вопросы: обработка изображений с целью получения информации для автономной навигации летательного аппарата, концепции интегрирования видеоинформации с системами автономной навигации летательного аппарата, требования к визуальным средствам коррекции интегрированных навигационных систем, адаптивный алгоритм распознавания, цифровые топографические карты, процесс оцифровки топографической карты местности, область компьютерного зрения, методы «STRUCTURE FROM MOTION» и «SLAM», алгоритм «Bundle adjustment», сравнение различных «SLAM-алгоритмов», методы позиционирования БЛА в пространстве, метод ориентирования БЛА при редком обновлении данных о его местоположении, алгоритм ориентирования БЛА аппарата при редком обновлении данных о его местоположении, формирование информации о местности, алгоритм движения БЛА по выделенной ранее информации о местности.

Таким образом, предложенный перечень вопросов должен обеспечить знаниями молодого ученого при исследовании проблем инерциально-оптической навигационной системы БЛА с использованием компьютерного зрения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Матвеев, В. В. Основы построения бесплатформенных инерциальных навигационных систем : учеб. пособие / В. В. Матвеев, В. Я. Распопов. – СПб. : ГНЦ РФ ОАО «Концерн ЦНИИ «Электроприбор», 2009. – 280 с.
2. Кузнецов, А. Г. Автономная навигация БЛА на основе обработки и анализа видовой информации / А. Г. Кузнецов // Известия КБНЦ РАН. – 2011. – № 1. – С. 2–5.
3. Коваленко, А. М. Сравнительный анализ точности инерциальной и оптической навигационных систем беспилотного летательного аппарата / А. М. Коваленко // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2019. – № 4 (65). – С. 110–118.
4. Коваленко, А. М. Модель инерциально-оптической навигационной системы беспилотного летательного аппарата / А. М. Коваленко, А. А. Шейников // Системный анализ и прикладная информатика. – 2020. – № 2. – С. 17–25.

УДК 623.618

В.Г. Бутенко, Д.В. Бухтиаров

Учреждена образования «Военная академия Республики Беларусь»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ ПРОТИВНИКА

Отличительными особенностями современного противовоздушного боя стали значительный пространственный размах, высокая динамичность и маневренность. Эффективное управление воинскими частями и подразделениями становится таким же решающим фактором успеха, как количественные и качественные характеристики войск и оружия, а соотношение возможностей управления сторон – не менее важным показателем, чем соотношение боевых сил и средств. В условиях скоротечных боевых действий как никогда остро встает вопрос о борьбе за выигрыш во времени, о быстром обнаружении противника, об умении боевых расчетов быстро оценивать обстановку и эффективно решать задачи боевого управления. От того настолько быстро будет обнаружен противник, насколько точно будет раскрыт его замысел, тип и количество применяемых средств нападения, будет зависеть дальнейшее принятие решения на отражение удара.

В настоящее время задачи по обнаружению, сопровождению, определению типа, тактико-технических характеристик (ТТХ) и государственной принадлежности воздушных объектов возложены и решаются радиотехническими войсками (РТВ).

За последние годы широкое распространение как в военной, так и гражданской сферах получили беспилотные авиационные комплексы. Отличительной чертой этого вида авиационной техники является отсутствие человека (экипажа) на борту. Беспилотные самолеты, вертолеты, конвертопланы, способны длительное время находиться в воздухе, совершать полеты на большие расстояния и нести различную полезную нагрузку. Эффективность выполнения поставленных задач зависит от точности позиционирования аппаратов в воздушном пространстве. Для определения местоположения их в полете применяются GPS/ГЛОНАСС приемники. В качестве дополнительных или альтернативных спутниковым системам навигации и наведения беспилотников могут служить бортовые системы ориентирования с реализацией методов получения изображений и распознавания объектов в формате 3D. В последнее время широко анализируются инженерные решения, характеристики и возможности построения систем управления, навигации и наведения летательных аппаратов с лазерными приборными модулями [1]. Предложены различные составы и схемы функционирования автономных систем ориентирования беспилотного

летательного аппарата – бортового модуля, включающего камеру, лазерный сканер, фильтр. Приборы должны работать совместно, синхронно, во взаимодействии с инерциальным измерительным блоком, создавая вокруг летательного аппарата зону просмотра и измерений в формате 3D. В результате могут формироваться характерные контрольные точки и фигуры, определяющие не только точность следования беспилотного летательного аппарата по заданному маршруту, но и параметры объемных объектов (целей) или препятствий [2].

Блоки управления и регистрации учитывают в полете: угол крена; угол тангажа; истинный курс; магнитный курс (от системы геомагнитного ориентирования); истинную воздушную скорость; скороподъемность; угловую скорость по оси X ; угловую скорость по оси Y ; угловую скорость по оси Z ; линейное ускорение по оси X ; линейное ускорение по оси Y ; линейное ускорение по оси Z ; относительную высоту; напряжение системы электропитания (аккумуляторных батарей); долготу (от приемника GPS и ГЛОНАСС); широту (от приемника GPS и ГЛОНАСС); курс (от приемника GPS и ГЛОНАСС); наличие сигнала GPS или количество обнаруженных спутников (от приемника GPS и ГЛОНАСС); скорость относительно земли (от приемника GPS и ГЛОНАСС); абсолютную высоту (от приемника GPS и ГЛОНАСС); восточную составляющую скорости относительно земли (от приемника GPS и ГЛОНАСС); северную составляющую скорости относительно земли (от приемника GPS и ГЛОНАСС); вертикальную составляющую скорости относительно земли (от приемника GPS и ГЛОНАСС); астрономическое время (от приемника GPS и ГЛОНАСС); команды по управлению исполнительными механизмами (рисунок).



Рисунок – Схема подключения видеoinформации от НПУ БЛА

В связи с этим возникает необходимость разработки алгоритмов программ комплексов средств автоматизации подразделений и частей противовоздушной обороны (ПВО), включающих в себя [3]:

- 1) разработку схем общего функционирования;
- 2) разработку схем частных алгоритмов программ, которые предназначены для гарантированного распознавания воздушных объектов.

Разведка воздушного противника организуется и ведется непрерывно в любой обстановке с целью своевременного ввода в бой зенитных ракетных подразделений при отражении ударов воздушного противника по частям и подразделениям мотострелковых (танковых) соединений [4].

Содержанием ведения разведки воздушного противника является:

- непрерывное обнаружение воздушных целей, выдача информации о них на командные пункты (КП), запасные командные пункты (ЗКП) полка и пункты управления (ПУ) ПВО соединения;
- прием оповещения о воздушном противнике от вышестоящих и взаимодействующих средств разведки;
- устойчивое и непрерывное управление средствами разведки в ходе боевых действий;
- содержание средств разведки в установленных степенях боевой готовности;

- маневр (перемещение) средств разведки для обеспечения непрерывности разведки воздушного противника (РВП) в ходе боя;
- постоянное взаимодействие с соседними радиолокационными подразделениями и средствами разведки старшего начальника;
- защита радиоэлектронных средств (РЭС) от средств радиоэлектронного подавления (РЭП) противника, высокоточного оружия (ВТО) и противорадиолокационных ракет (ПРР);
- всестороннее обеспечение действий средств разведки;
- восстановление боеспособности средств разведки в ходе боевых действий.

В зенитных ракетных частях ведется радиолокационная и визуальная разведка.

К ведению радиолокационной разведки привлекаются радиолокационные станции (РЛС) на КП и ЗКП полка.

Для ведения разведки воздушного противника средства разведки в составе своих подразделений развертываются в боевой порядок. В интересах ведения разведки воздушного противника он должен соответствовать полученной задаче, ожидаемым действиям воздушного противника и обеспечивать наиболее полное использование разведывательных возможностей сил и средств разведки полка; возможность управления огнем, а в случаях, когда это невозможно (при отражении ударов с малых высот, при сильных радиоэлектронных помехах радиолокационным средствам), – самостоятельные действия зенитных ракетных подразделений в соответствии с заранее полученными от командира части указаниями и складывающейся обстановкой.

Размещение ЗКП и взаимное удаление КП и ЗКП зависят от вида боевых действий. В отдельных случаях, как показал опыт ведения ПВО в локальных войнах, для исключения внезапного подхода и своевременного обнаружения целей на малых высотах может развертываться на подступах к исходному району вблизи маршрутов выдвижения на дальности устойчивой УКВ-радиосвязи. При этом КП (ЗКП) должны быть оснащены аппаратурой передачи данных (АПД) в реальном масштабе дальности. В противном случае некоторый выигрыш в дальности обнаружения может быть утрачен за счет запаздывания данных при передаче их с использованием неавтоматизированных систем управления.

Визуальная разведка дополняет данные радиолокационной разведки, организуется во всех видах боевых действий и ведется непрерывно с целью своевременного обнаружения НЛЦ, вертолетов и других малоразмерных целей, а также изучения характера действий воздушного противника.

Использование телевизионных оптических визиров (ТОВ) и других оптических приборов повышает эффективность обнаружения внезапно появляющихся вертолетов и других НЛЦ за счет уменьшения времени и повышения надежности их обнаружения.

Визуальная разведка и информация, получаемая от беспилотных авиационных комплексов, позволяет уточнить типы самолетов, построение налета и способы атак объектов. Она существенно дополняет радиолокационную разведку в определении применяемых воздушным противником средств поражения, результатов его ударов и действий средств ПВО.

Таким образом, для разработки алгоритмов предлагается использовать:

- проверку нахождения воздушных объектов в зоне гарантированного распознавания аэродинамических и баллистических целей;
- определение класса воздушных объектов по принятому на момент набору данных: класс цели не определен, класс «баллистическая цель», класс «аэродинамическая цель»;
- определение подкласса аэродинамического объекта по результатам объединения радиолокационной информации и информации каналов пассивной радиотехнической разведки;
- определение подкласса аэродинамического объекта по видеoinформации, полученной от беспилотных авиационных комплексов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Хорвиц, Д. UNIX системы. Проектирование, конфигурирование и формирование технической политики информационного центра / Д. Хорвиц. – М. : ООО «ТИД» «ДС», 2004. – 589 с.
2. Жук, И. Экспериментальная авиация: особый вид, высокая ответственность / И. Жук // Журнал государственного военно-промышленного комплекса Республики Беларусь. – 2015. – № 3 (17). – С. 88–94.
3. Куренев, А. В. Программное обеспечение комплекса средств автоматизации 7В 960 / А. В. Куренев, Ю. В. Фролов. – Минск : ВА Респ. Беларусь, 2011. – 116 с.
4. Справочник офицера Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны / И. П. Азаренок (отв. ред.) [и др.]. – Минск, 2009. – 511 с.

УДК 629.735

Д.Р. Быченко, Р.А. Вишневикий

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОБЩЕЕ ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ

Беспилотная авиация интенсивно развивается во многих странах мира, не исключением стала Республика Беларусь. На сегодняшний день беспилотная индустрия в Республике Беларусь представлена рядом предприятий, которые проектируют и производят беспилотные воздушные суда (БВС) для государственной и гражданской авиации.

Однако несмотря на то, что беспилотная авиация уже давно развивается в нашей стране и достигла достаточно высокого уровня, существует несколько проблем с интеграцией беспилотных авиационных систем (БАС) в общее воздушное пространство.

Первая проблема – это отсутствие единой терминологии. В Воздушном кодексе Республики Беларусь и Авиационных правилах полетов в воздушном пространстве Республики Беларусь даны разные определения беспилотному летательному аппарату (БЛА), из-за этого возникают различные вопросы при написании документации и применении ее на практике.

Вторая проблема – отсутствие единой нормативно-правовой базы. В последние годы этой проблеме начали уделять особое внимание. Разработкой правил и норм для БЛА занимается Департамент по авиации и Авиационная инспекция. В отделе беспилотной авиации можно найти все уже изданные документы. Например, информация об эксплуатации авиамodelей и гражданских беспилотных летательных аппаратов в воздушном пространстве Республики Беларусь, заявление на получение разрешения на эксплуатацию, руководство по оценке операционных рисков при эксплуатации гражданских беспилотных летательных аппаратов, полеты беспилотников (подкатегории А1, А2, А3), установленные высоты для БЛА, требования к эксплуатации гражданских беспилотных летательных аппаратов в открытой категории полетов [1].

Однако, имеющейся нормативно правовой документации при эксплуатации БАС недостаточно для безопасного использования воздушного пространства Республики Беларусь.

В Республике Беларусь для решения вопросов, связанных с развитием БАС созданы Ассоциация эксплуатантов беспилотной авиации и Белорусская федерация беспилотной авиации.

Ассоциация эксплуатантов беспилотной авиации является некоммерческой организацией, добровольным объединением юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, деятельность которых связана с эксплуатацией беспилотных летательных аппаратов. Данная ассоциация занимается информированием юридических лиц по вопросам изменения законодательства в сфере использования БАС, готовит предложения и участвует в

обсуждениях по внесению изменений в авиационное законодательство Республики Беларусь, в составе рабочей группы, работает над созданием условий для упрощенной формы подачи заявок на использование воздушного пространства членами от лица Ассоциации [2].

Белорусская федерация беспилотной авиации является общественной организацией, основными целями которой являются содействие развитию благоприятных правовых, экономических, безопасных правил для использования и эксплуатации БАС в Республике Беларусь. Белорусская федерация беспилотной авиации разработала карту, на которой можно узнать расположение с точными координатами, размерами и наименованиями опасных зон, зон ограничения, запретных зон, более того данные указаны отдельно для авиамodelей и БЛА. Также можно найти наглядную информацию расположения спутниковых систем точного позиционирования и другие элементы структуры воздушного пространства Республики Беларусь (рисунок).

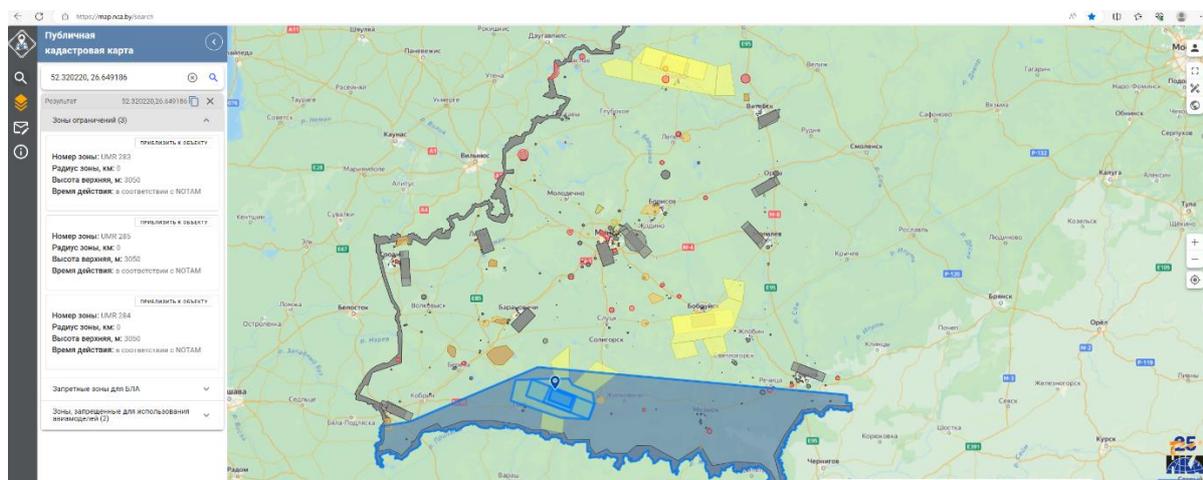


Рисунок – Публичная кадастровая карта

Зарегистрированный пользователь может построить маршрут полета и отправить заявку на использование воздушного пространства Республики Беларусь в электронном виде в центр организации воздушного движения, после чего получить электронное письмо-ответ. В нем будет указана дата, время полета, оператор, регистрационный номер БЛА или авиамodelей, маршрут полета. При отказе на выполнение полета пользователь также получает письмо с подробным описанием причин, почему данный маршрут не может быть использован.

В связи с тем, что в Республике Беларусь не проработан механизм учета БВС был издан Указ № 297 от 25 сентября 2023 г. «О государственном учете и эксплуатации гражданских беспилотных летательных аппаратов». Документ направлен на обеспечение общественной безопасности и регламентирование порядка государственного учета гражданских беспилотных летательных аппаратов и авиамodelей, а также их использования [3].

Предусмотрено, что ввоз на территорию Беларуси, хранение, оборот, эксплуатация и изготовление гражданских БЛА разрешен только организациям и индивидуальным предпринимателям в целях их предпринимательской и профессиональной деятельности с соблюдением требований. Для ввоза организациями и индивидуальными предпринимателями гражданских БЛА необходимо получить соответствующее разрешение у Департамента по авиации и Министерства транспорта и коммуникаций, которым будет организован учет таких БЛА, имеющих у организаций и индивидуальных предпринимателей. Указом предусмотрено создание до 1 января 2025 года автоматизированной информационной системы государственного учета гражданских БЛА (АИС БЛА).

Документом устанавливается временный запрет для физических лиц на ввоз на территорию Беларуси, хранение, оборот, эксплуатацию и изготовление гражданских БЛА.

В части ввоза, эксплуатации и изготовления БЛА физическими лицами Указ вступает в силу после его официального опубликования, а в части хранения и оборота - через шесть месяцев. В течение шести месяцев с момента официального опубликования Указа физические лица могут реализовать имеющиеся у них в наличии БЛА организациям или индивидуальным предпринимателям либо передать их на хранение в уполномоченную организацию, определенную Правительством.

Развитие беспилотной авиации в Республике Беларусь безусловно получит новый импульс в связи с принятием новых законодательных инициатив в области использования БАС, в том числе и в области использования воздушного пространства. Безопасное и рациональное использование воздушного пространства БАС в будущем позволит получение экономической выгоды в различных областях народного хозяйства Республики Беларусь.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Отдел беспилотной авиации (UAS) – Авиационная инспекция [Электронный ресурс]. – Режим доступа: aviainsp.by. – Дата доступа: 21.10.2023.
2. Главная – Ассоциация Эксплуатантов Беспилотной Авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://uavoperators.by>. – Дата доступа: 21.10.2023.
3. О государственном учете и эксплуатации гражданских беспилотных летательных аппаратов : Указ № 297 от 25 сентября 2023 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://president.gov.by>. – Дата доступа: 21.10.2023.

УДК 623.746

Д.Ю. Вешторг

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

О ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Топологическая оптимизация (далее ТО) – это оптимизация распределения материала в проектной области при воздействии на нее заданных нагрузок и использовании ограничений различного рода: геометрических, прочностных, жесткостных и др. ТО является видом оптимизации формы конструкции, иногда именуемой оптимизацией компоновки.

Целью ТО является определение оптимального распределения материала в области проектирования при заданных нагрузках с удовлетворением критериев оптимизации [1], для определения лучшего использования материала в исследуемом объекте или конструкции, так, чтобы целевая функция параметра имела максимальное или минимальное значение при наличии существующих ограничений.

Снижение массы и увеличение удельной прочности конструкций, используемых в авиастроении, - важнейшие задачи, стоящие сегодня перед конструкторами всего мира. Решение данных проблем напрямую связано с задачей поиска оптимальных геометрических параметров проектируемого изделия [2]. В настоящее время для решения этой задачи используются методы топологической оптимизации. Применение методик оптимального проектирования позволяет найти наилучшие параметры конструкции, удовлетворяющие технологическим и прочностным ограничениям, обеспечивая, таким образом, минимум целевой функции [3].

Применение методов ТО в авиастроении является относительно новым компонентом процедуры проектирования. Наибольшее распространение в своем развитии они получили при появлении возможности использования в производстве аддитивных технологий вместо

классических субтрактивных производственных методов. Аддитивные технологии позволили расширить область конструктивных исполнений одного и того же изделия [4].

В результате работы была проведена ТО элементов силового каркаса крыла БЛА. Проведено сравнение характеристик жесткости и прочности исходной конструкции и конструкции, полученной после ТО. Проведен сравнительный анализ технологий изготовления элементов каркаса крыла.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Jikai, L. A survey of manufacturing oriented topology optimization methods / Liu Jikai, Ma Yongsheng // *Advances in Engineering Softwar.* – 2016. – August. – P. 161–175.
2. Оганесян, П. А. Оптимизация топологии конструкций в пакете ABAQUS / П. А. Оганесян, С. Н. Шевцов // *Известия Самар. науч. центра РАН.* – 2014. – Т. 16. – С. 543–549.
3. Темис, Ю. М. Оптимизация конструкции деталей и узлов ГТД / Ю. М. Темис, Д. А. Якушев // *Вестник СГАУ.* – 2011. – № 3-1. – С. 183–188.
4. Васильев, Б. Е. Анализ возможности применения топологической оптимизации при проектировании неохлаждаемых рабочих лопаток турбин / Б. Е. Васильев, Л.А. Магеррамова // *Вестник СГАУ.* – 2015. – № 3-1. – С. 139–147.

УДК 533.6.013.622

Д.В. Верещиков, Д.В. Васильев, В.В. Дворников

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

О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ВНЕШНИМ ПИЛОТОМ

Участие внешнего пилота в процессе ручного автоматизированного управления беспилотным летательным аппаратом (БпЛА) реализуется, как правило, на этапах посадки в случаях, когда наблюдается деградация его пилотажных характеристик или имеют место значительные атмосферные возмущения. Применительно к БпЛА большой размерности, решающих широкий круг задач, деградация пилотажных характеристик может иметь место в связи с повреждениями конструкции планера и функциональных систем, запаздывания сигналов управления, снижения качества работы наземных систем, обеспечивающих автоматическую посадку. Кроме того, внешнее ручное управление является практически безальтернативным вариантом в период проведения летных испытаний и модернизации каких-либо элементов конструкции беспилотного авиационного комплекса в целом.

Как показала практика создания БпЛА большой размерности, запаздывание сигналов управления в прямой и обратной линиях (обратных связях) может достигать 0,4...1,0 с, что в, лучшем случае, приводит к ухудшению пилотажных характеристик, а в худшем – к размыканию контура «Внешний пилот – система управления БпЛА» [1].

Известные подходы к ручному управлению объектами с запаздыванием базируются на применении предикторов Смита [2] и (или) специальных предсказывающих дисплеев [3]. Предиктор Смита действительно позволяет решить задачу, однако лишь в том случае, если величина запаздывания в системе управления объектом известна. На практике величина запаздывания существенно изменяется и может быть различна в разных каналах приема и передачи информации. В этой связи актуальным является применение адаптивного предиктора, настройка которого способна изменяться в зависимости от текущих свойств объекта управления [4].

Для подтверждения возможности применения адаптивного предиктора в интересах улучшения пилотажных характеристик БПЛА большой размерности Модель динамики полета отражала основные статические и динамические характеристики БПЛА схемы «бесхвостка», а также структуру его системы управления.

Решалась задача посадки с имитацией перехода от автоматического к ручному управлению внешним пилотом. В экспериментах участвовало пять летчиков, каждый из которых выполнил по 30 зачетных реализаций. В ручном режиме летчики решали задачу компенсации отклонения БПЛА от заданной траектории за счет воздействия на ручку управления по тангажу X_v и крену X_e на основании наблюдения за отклонением от центра индикатора планок dy и dz по вертикальной H и боковой Z координатам. Летчикам случайным образом предлагалась модель динамики БПЛА с запаздыванием 0,3 с алгоритмом компенсации запаздывания и без него.

В каждой реализации моделировалась мелкомасштабная атмосферная турбулентность в виде вертикальных, продольных и боковых порывов, а также сдвиги ветра. Характеристики порывов и сдвигов ветра принимались случайными.

На рисунке представлены результаты моделирования в виде границ распределения изучаемых параметров, полученных путем статистической обработки материалов экспериментов с доверительной вероятностью 95 %.

Анализ результатов моделирования позволяет утверждать, что применение алгоритма, компенсирующего запаздывания управляющих сигналов, позволяет существенно улучшить пилотажные характеристики БПЛА с внешним ручным управлением.

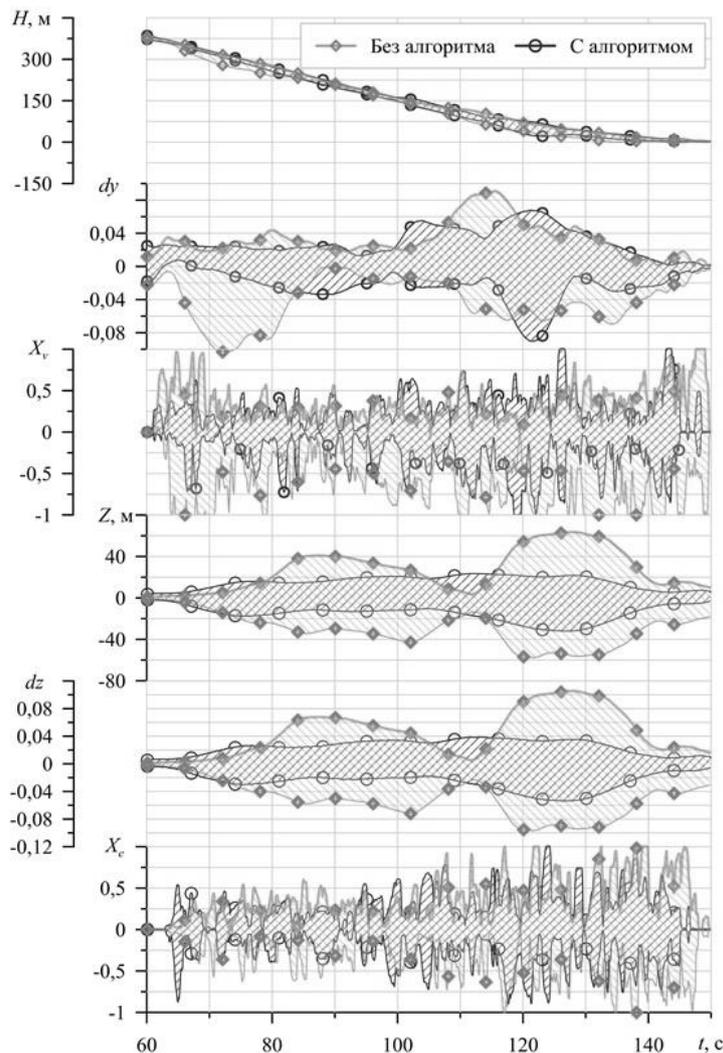


Рисунок – Результаты моделирования в виде границ распределения изучаемых параметров

Целесообразно выделить следующий ряд особенностей, выявленных при проведении экспериментов:

1. При запаздывании 0,3 с внешний пилот способен в принципе решить задачу посадки даже без применения алгоритма, компенсирующего запаздывание.

2. Степень перемещения планок, характеризующих отклонение БПЛА от заданной траектории без применения алгоритма существенно больше.

3. Существенное смещение БПЛА по боковой координате от заданной траектории наблюдается в моменты сдвига ветра, и даже близкие к предельным перемещения ручки управления по крену не приводят к устранению смещения в случае отсутствия компенсационного алгоритма.

4. Наличие алгоритма, компенсирующего запаздывание сигналов управления, приводит к существенному снижению отклонения БПЛА от заданной траектории по боковой координате. При этом наблюдаются меньшие по амплитуде требуемые перемещения ручки управления.

5. Субъективная оценка летчиков, участвующих в экспериментах подтверждает меньшую степень их загруженности компенсацией недостатков объекта управления при наличии алгоритма компенсации, что свидетельствует о более высокой оценке пилотажных характеристик.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Математическое моделирование характеристик управляющих действий летчика при исследовании задач ручного управления / А. В. Ефремов [и др.] // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. – 2015. – Т. 2. – С. 34–40.

2. Бесекрерский, В. А. Теория автоматического управления / В. А. Бесекрерский, Е. П. Попов. – СПб. : Профессия, 2003. – 250 с.

3. Управление аэрокосмическими объектами в условиях значительного запаздывания их реакции / А. В. Ефремов [и др.] // Изв. Вуз. Авиационная техника. – 2016. – № 2. – С. 26–31.

4. Верещиков, Д. В. Решение задачи управления беспилотным летательным аппаратом внешним пилотом с компенсацией запаздывания сигналов управления / Д. В. Верещиков, Д. В. Васильев, А. В. Некрасов // Академические Жуковские чтения : сборник научных статей по материалам IX Международной научно-практической конференции, 23–25.11.2021 г., г. Воронеж. – Воронеж, 2021. – С. 131–135.

УДК 356

А.В. Губернатенкова¹, И.В. Рожков², Д.А. Дьяков²

¹Учреждение образования «Национальный детский технопарк»,

²Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА КОАНДА

Эффект Коанда представляет собой прилипание струи газа или жидкости к близкорасположенной стенке. Прилипание газовой струи происходит из-за разности давления в самой струе и области, расположенной между ней и стенкой. В авиационной технике эффект Коанда используется редко [1].

Авиаконструкторы многих стран разрабатывали конструкции крыла и фюзеляжей, усиливающих действие эффекта Коанда, обеспечивая увеличение подъемной силы самолета, широко известен закрылок Коанда, сохраняющий постоянную кривизну верхней поверхности при его отклонении и обдуваемый струей сжатого воздуха или реактивной струей. Подъемная сила в беспилотном летательном аппарате (БЛА) создается благодаря эффекту Коанда вместе с другими аэродинамическими эффектами (эжекции, несимметричного обтекания входного

устройства, экрана, закону Бернулли) [1, 2]. Основываясь на этом, можно создать форму БЛА, который сможет летать без использования рулей и малых крыльев. Такой БЛА будет представлять собой крылообразный корпус, закругленный на концах, подобно форме птичьего крыла.

Внутри корпуса расположены двигатели и системы автоматического управления. Четыре турбины, расположенные по тандемной схеме, как бы по углам трапеции, формируют струи воздуха или газа. Они выходят из щелевидных сопел, обтекают поверхности композитного корпуса сложной формы, заходят под крылья на взлете и посадке, создавая тем самым подъемную силу и обеспечивая маневренность аппарата.

Системы автоматического управления определяют направление движения и поддерживают нужный угол атаки, чтобы обеспечить оптимальную подъемную силу. Это позволит БЛА лететь точно и эффективно без использования малых крыльев и рулей [2, 3].

Для подъема в крыльях и установлены четыре двигателя, каждый из которых обеспечивает работу своей турбины, например, в виде импеллера. Управляется аппарат регулировкой мощности турбин – практически как в квадрокоптерах с воздушными винтами.

Таким образом, разработка БЛА на основе эффекта Коанда будет иметь возможность повысить массу целевой нагрузки без значительного увеличения массы конструкции летательного аппарата. Обтекание поверхности корпуса с использованием эффекта Коанда позволит сократить длину разбега при взлете и пробега после посадки, что в свою очередь позволит уменьшить длину взлетно-посадочных полос аэродромов и посадочных площадок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воронков, Ю. С. Летательный аппарат, использующий эффект Коанда / Ю. С. Воронков, О. Ю. Воронков // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 7–5. – С. 744–748.
2. Ганич, Г. А. Эффект Коанда при выдуве струй из прямоугольных сопел под углом к плоской поверхности / Г. А. Ганич, Н. А. Гущина, Ю. Г. Жулев // Ученые записки ЦАГИ. – 1994. – Т. XXV. – С. 250–262.
3. Летательный аппарат, использующий эффект Коанда [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://applied-research.ru/ru/article/view?id=9953>. – Дата доступа: 28.05.2023.

УДК 629.17

А.С. Гринюк, А.В. Косицын, И.А. Потапов

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Использование беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в военных целях стало одним из важных направлений развития современной авиации и позволяет автоматизировать управление войсками, наносить непосредственные удары по противнику, создавать ложные цели, а самое главное, сократить потерю дорогостоящих (по сравнению с БЛА) пилотируемых летательных аппаратов и личного состава в бою.

В этой связи актуальна задача создания мобильных, простых в эксплуатации, дешевых и безотказных беспилотных средств поражения. «Сердцем» БЛА, как и пилотируемого летательного аппарата, является двигатель. В связи с чем, возникает вопрос массового производства простых в конструкции, имеющих невысокую стоимость авиационных двигателей. К таковым можно смело отнести пульсирующие воздушно-реактивные двигатели

(ПуВРД). ПуВРД – это одна из трех разновидностей воздушно – реактивных двигателей, особенностью которого является пульсирующий режим работы. В отличие от других типов самолетных агрегатов ПуВРД имеет максимально упрощенную конструкцию и небольшой вес.

Применение на БЛА ПуВРД имеет высокую практическую значимость с точки зрения дальнейшего развития и совершенствования беспилотных авиационных комплексов. Моделирование газодинамических процессов внутри ПуВРД – первый шаг к внедрению ПуВРД на БЛА, позволяющий существенно расширить диапазон скоростей БЛА, повысить оперативность решения ими задач, снизить стоимость производства.

Существует большое разнообразие двигателей пульсирующего горения, в том числе и гибридные установки. Но для всех типов общим будет наличие в той или иной степени следующих элементов в своем составе:

- камера сгорания (КС);
- аэродинамический или механический клапан;
- сопло или резонансная труба.

Цикл любого ПуВРД состоит из следующих этапов:

- наполнение КС воздухом через клапан, впрыск топлива;
- изохорное сгорание в КС, запираание клапана;
- истечение продуктов сгорания из КС, открытие клапана для всасывания новой порции воздуха.

В настоящее время ПуВРД распространены значительно меньше газотурбинных двигателей, в связи с чем и методология проектирования данных двигателей слабо развита. Теоретических и экспериментальных данных о процессах, происходящих в ПуВРД также недостаточно. Помочь в устранении данных проблем могут современные технологии.

Решение задачи компьютерного моделирования возможно с помощью таких продуктов как:

- AutoCAD;
- Autodesk Mechanical Desktop;
- SDRC I-DEAS;
- Компас;
- Pro/ENGINEER;
- ANSYS;
- SolidWorks.

Наиболее подходящей программой для решения всех стоящих задач является комплекс систем автоматизированного проектирования (САПР) SolidWorks.

К ее преимуществам стоит отнести:

- работает в среде Microsoft Windows;
- решает задачи конструкторской и технологической подготовки производства;
- управление данными и процессами.

В ходе выполнения моделирования возможно решение следующих вопросов:

- сравнение различных конструктивных исполнений ПуВРД с возможностью выбора оптимального решения;
- изучение термодинамических свойств ПуВРД;
- разработка методик получения параметров рабочего процесса ПуВРД в диапазоне высот и скоростей полета БЛА;
- оценка адекватности разрабатываемой модели.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мигалин, К. В. Пульсирующие воздушно-реактивные двигатели: монография / К. В. Мигалин. – Тольятти : ТГУ, 2014. – 296 с.
2. Бородин, В. А. Авиамодельный пульсирующий воздушно – реактивный двигатель / В. А. Бородин. – М., 1951. – 98 с.

УДК 629.7

Я.А. Демиденкова, Д.А. Беляев

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ МАЛЫМ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ**

С появлением малых беспилотных летательных аппаратов (БЛА) задачи противодействия их применению в особо контролируемых зонах существенно актуализировались.

Под малыми БЛА в контексте нашей работы будем понимать следующие типы устройств (таблица 1).

Таблица 1 – Классификация малых БЛА

Классификационный тип	Взлетная масса, кг	Дальность действия, км
Нано-БПЛА ближнего радиуса действия	до 0,25	до 2
Микро- и мини-БПЛА ближнего радиуса действия	до 5	25–40

С начала 2000-х годов в средствах массовой информации стали регулярно появляться сообщения об опасном использовании малых БЛА в районах аэропортов, а с середины 2010-х годов – о применении малых БЛА для ведения несанкционированного наблюдения важных объектов, проведения терактов и диверсий, транспортировки запрещенных грузов (оружия, наркотиков), и широком использовании БЛА в военном деле.

Ранее противодействие БЛА решалась исключительно средствами поражения зенитно-ракетных комплексов (ЗРК) противовоздушной обороны (ПВО). Но в настоящее время специалисты осознали, что прямое отражение массированного налета БЛА средствами ЗРК ПВО неоправданно экономически из-за использования дорогостоящих ракет по большому числу относительно дешевых БЛА. Кроме того, это ведет к быстрому исчерпанию боевого ресурса ЗРК и последующей их неспособности отразить удары уже пилотируемой авиации, а также высокоточных крылатых ракет.

В связи с этим, в настоящее время широко исследуются дополнительные способы противодействия БЛА, в том числе такие как: применение средств радиоэлектронного подавления (РЭП), применение средств функционального поражения сверхвысокочастотным (СВЧ) электромагнитным излучением, применение средств лазерного излучения. При этом если применение лазерного оружия является еще относительно экспериментальной технологией, то способы противодействия БЛА на основе совместного использования комплексов РЭП и ЗРК уже активно используются в практике локальных боевых действий, а также для формирования периметра защиты особо охраняемых объектов.

Следует отметить, что малые БЛА (малогабаритные и малоскоростные) являются наиболее сложными целями для современных средств обнаружения. Поскольку отличаются не только размерами и скоростями от больших и средних БЛА, которые по своим демаскирующим признакам фактически соответствуют уже известным аэродинамическим целям (небольшим самолетам, крылатым ракетам и т. п.), но и дополнительными факторами, препятствующими их эффективному обнаружению:

- использование высокоманевренных (змеевидных) или рваных (с периодическим зависанием или резким снижением скорости) режимов полета;
- использование в конструкции малых БПЛА пластиковых и композитных материалов;
- использование для управления малыми БЛА не выделенных радиочастот по принципу отдельных средств связи, а уже существующей инфраструктуры мобильных операторов связи и точек доступа Wi-Fi.

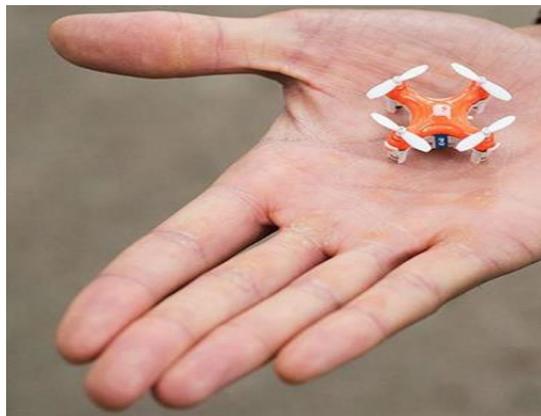
Поэтому предлагаются и разрабатываются также и другие способы противодействия именно малым БЛА: с использованием специальных БЛА-перехватчиков, применение горючих и клейких аэрозолей, использование сетей и даже специально тренированных птиц.

Так как развитие технологий БЛА, идет очень интенсивно – противодействие должно быть гибридным, и включать в себя различные способы и их комбинации. Достаточно

взглянуть на размеры реальных миниатюрных БЛА (рисунок 1) и можно предположить, что в ближайшее время эти устройства будут атаковать человека как назойливые и, что вполне вероятно, опасные летающие насекомые.



Самодельное устройство



Производства КНР

Рисунок 1 – Миниатюрные БЛА

Поскольку на сегодняшний день обнаружение малых БЛА задача сложная, не менее проблематичная задача их своевременная нейтрализация или уничтожение, то наиболее подходящим в данной ситуации считаем метод противодействия средствами функционального поражения СВЧ излучением.

Функциональное поражение электромагнитным излучением (ФП ЭМИ) – разрушение или повреждение радиоэлектронного оборудования (РЭО) путем использования импульсных электромагнитных воздействий, приводящих к необратимым изменениям электрофизических параметров в полупроводниковых и оптико-электронных элементах РЭО [1].

Ключевым отличием ФП ЭМИ от РЭП является физический принцип нанесения ущерба. При ФП ЭМИ ущерб РЭО причиняется путем необратимого или обратимого изменения физико-химической структуры элементов РЭО по причине воздействия электромагнитных полей на материалы, входящие в состав электронных, полупроводниковых и других компонентов этого оборудования.

Серьезным недостатком противодействия малым БЛА методом ФП ЭМИ является то, что одновременно с поражением беспилотников поражаются и другие типы РЭО, попадающие в зону воздействия сильного СВЧ-излучения. Но эта проблема может быть решена использованием регулируемой мощности и узконаправленного действия электромагнитного излучения противоборствующего устройства.

Анализируя вышеизложенное, мы видим, что развитие техники и технологий применения БЛА ставит перед обществом новую задачу – задачу противодействия этим самым БЛА. Вполне возможно, что в ближайшее время мы станем свидетелями появления новых электронных гаджетов, способных обеспечить индивидуальную защиту человека от вездесущих миниатюрных БЛА. И скорее всего в их основу будет заложен метод ФП ЭМИ малой мощности направленного действия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаренко, С. И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам: монография / С. И. Макаренко. – СПб. : Научно-техническое издательство «Лань», 2020. – 204 с.

УДК 537.622:620.22

Г.И. Гайда, С.В. Лойко, А.Л. Желудкевич

Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси, Государственного научно-производственного объединения «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению»

О МОДИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ «БУСЕЛ М» НА ОСНОВЕ МАГНИТОПРОВОДОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА

Разработаны научные и технологические основы получения композиционных материалов на основе частиц металлов и исследованы их основные физические характеристики. Проведен синтез образцов магнитомягких порошковых композиционных материалов путем нанесения наноразмерного изолирующего слоя на основе оксида кремния на частицы железа. Частицы порошка имеют необходимую сложную губчатую геометрию, что важно для получения необходимой плотности при прессовании. Проведен анализ электрофизических свойств магнитных материалов для магнитопроводов электротехнических устройств. Плотность изготовленных компонентов составляет 7,5–7,6 г/см³. Магнитные компоненты обладают достаточной прочностью и необходимыми электромагнитными характеристиками для изготовления винтоэлектромоторной группы малых беспилотных летательных аппаратов. Новый композиционный магнитомягкий материал на основе капсулированного порошка железа обладает электрофизическими характеристиками, позволяющими изготавливать компоненты статоров и роторов электродвигателей, исключив тем самым использование дорогостоящей электротехнической стали.

В современных условиях электродвигатели играют очень важную роль как для промышленности, так и для бытовых применений. С целью создания новых типов высокопроизводительных электродвигателей в мире много научных коллективов разрабатывают новые электромагнитные материалы [1]. В течение последних десятилетий использовались различные типы магнитных материалов, например, на основе чистого железа и его сплавов, такие как Fe-Ni, Fe-Ni-P, Fe-Nd-B, Fe-Si и Fe-Si-Cr и т. д. [2–4]. Среди многих передовых магнитных материалов магнитомягкий композит (SMC) кажется очень перспективным для разработки новых электродвигателей благодаря своим уникальным свойствам, таким как магнитная и тепловая изотропия, очень низкие потери на вихревые токи и перспектива недорогого массового производства [5, 6]. SMC представляют собой частицы ферромагнитного порошка окруженные электроизолирующей пленкой [7]. Компоненты из SMC обычно изготавливаются методами порошковой металлургии в сочетании с новыми технологиями, такими как двухэтапное прессование, горячее прессование, многостадийный и магнитный отжиг с последующей термообработкой при относительно низкой температуре. Используя отработанные методы порошковой металлургии, компоненты из SMC могут быть спрессованы до нужной формы и размеров в пресс-форме, поэтому дальнейшая обработка не требуется, а стоимость производства может быть значительно снижена [8, 9]. Многослойный сердечник из листовой электротехнической стали имеет гораздо более низкую теплопроводность в направлении перпендикулярном плоскости ламинирования, чем теплопроводность внутри ламинированного листа, поэтому тепло в ламинированных сердечника почти полностью передается на края ламинирования. Сердечники из SMC рассеивают тепло во всех направлениях, что обеспечивает высокую гибкость тепловой конструкции [10]. Самым привлекательным преимуществом SMC может стать его экологичность. Отходы материала в производстве сведены к минимуму. Кроме того, бывшие в употреблении двигатели на основе SMC можно легко измельчить для разделения и повторного использования ценных

материалов, таких как медь, что обеспечивает гораздо лучшую пригодность для повторного использования, чем двигатели на основе ламинированной стали.

Снизить величину электромагнитных потерь железа можно путем капсуляции его частиц изолирующим покрытием. Одним из таких покрытий может служить оксидные материалы, способные увеличить прочность и твердость без потери магнитных характеристик. Капсулированное железо обладает более низкой величиной коэрцитивной силы и более высоким значением проницаемости, чем чистое железо при одинаковой плотности. Это связано с тем, что капсулирующие покрытия могут являться стабилизаторами феррита и обеспечивать частичное спекание в альфа-фазе, что приводит к укрупнению зерна феррита. Предварительные исследования показывают, что применение такого материала вместо электротехнической стали позволит достичь высокой эффективности и удельной мощности компонентов и изделий. В ГО «НПЦ НАН Беларуси по материаловедению» исследованы различные методы получения композиционных материалов [11, 12, 13, 14], а именно магнитомягких на основе металлических порошков, покрытых изолирующим слоем. Такие материалы позволят заменить электротехническую сталь и существенно улучшить параметры

предлагаемого электродвигателя для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА): уменьшить массогабаритные показатели, снизить потери, снизить стоимость изделия. Изменяя состав исходных составляющих и режимы изготовления можно получать материалы и изделия на их основе с требуемыми параметрами. В настоящей работе проведена разработка научных и технологических основ получения композиционных материалов на основе частиц металлов и исследование их основных физических характеристик.

Основное назначение синтезированных магнитомягких материалов на основе частиц железа, с электроизолирующим покрытием на каждой частице, это создание их основе высокоэффективных вентильных электродвигателей с инверторным приводом, трансформаторов, дросселей и других устройств, для которых рабочая частота перемагничивания существенно превосходит промышленную частоту. В этой связи основные свойства композиционного материала такие как магнитная проницаемость, магнитная индукция, потери на перемагничивание и механические свойства должны быть не хуже, чем у традиционных ламинированных металлических магнитных материалов. Наиболее пригодным для получения магнитомягких материалов является комбинированный способ изготовления, объединяющий в себя методы нанесения покрытий из газовой фазы и электролитический. Процесс приготовления композитов включает предварительный процесс капсулирования металлических частиц в результате реакционной диффузии тонким изоляционным слоем различного состава при определенных условиях (давление, температура, скорость обработки и т. д.). Далее следует стадия является прессования изделия заданной формы и размеров.

Для проектирования и изготовления магнитопроводов новых высокоэффективных электрических машин, в т. ч. и основных узлов БПЛА, вместо традиционных магнитомягких материалов, таких как электротехническая сталь, необходимо разрабатывать и применять сплавы с параметрами, превосходящими существующие, например, композиционные материалы на основе металлических порошков с нанесенными изолирующими слоями.

Свойства получаемых композиционных магнитных материалов определяются рядом факторов. В первую очередь это параметры изоляционного покрытия частиц – его тип, толщина, удельное сопротивление, адгезия и ряд других свойств. Важным является также сама основа композиционного магнитного материала, его химический и фракционный состав, поверхностная адгезия частиц и некоторые другие. Поскольку чистое железо – это один из лучших и в то же время доступных магнитомягких материалов, в качестве основы для получения композиционного материала выбраны железосодержащие порошки.

Исходя из качества и чистоты, нами выбран в качестве основы для синтеза композиционного магнитомягкого материала шведский водно-атомизированный порошок ABC100.30 производства фирмы Höganäs с размером зерна $d < 100$ мкм. Он является особо чистым и применяется в основном для получения магнитомягких сплавов. Для достижения

необходимых электромагнитных параметров материала для компонентов после прессования необходимо получать как можно большую плотность изделий. Также важной характеристикой является прочность детали. Указанные параметры во многом зависят от формы частиц исходного порошка. Частицы АВС100.30 обладают «губчатой» формой (рисунок 1), которая впоследствии позволит получить плотность изделий до $7,7 \text{ г/см}^3$ и обеспечить достаточную прочность прессуемых сердечников.

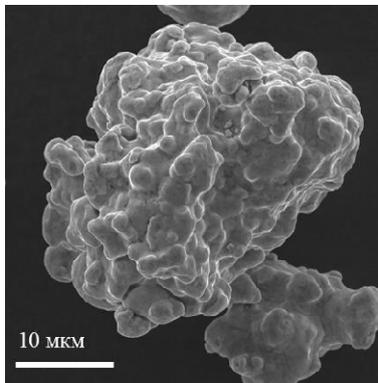


Рисунок 1 – Микроструктура частиц железного порошка АВС100.30

При выборе компонентов для нанесения покрытий различной толщины на частицы микропорошков необходимо учитывать, чтобы материал покрытия после нанесения имел максимальную величину электросопротивления. Для равномерного распределения по поверхности частиц порошков и несложности самого процесса обработки (невысокая температура, летучесть, адгезия и т. д.) выбираемые соединения должны быть легкорастворимыми в экологически безопасных жидкостях и обладать невысокой температурой возгонки. Исходя из литературных данных наиболее доступными являются соединения SiO_2 .

Процесс приготовления композитов включает предварительный процесс капсулирования металлических частиц в результате реакционной диффузии тонким изоляционным слоем SiO_2 при определенных условиях (давление, температура, скорость обработки и т. д.). Далее следует стадия прессования изделия заданной формы и размеров. Спекание изготовленного изделия происходит в различных средах, в том числе и на воздухе, при различных температурах до $700 \text{ }^\circ\text{C}$ в зависимости от последующих требуемых электромагнитных и механических параметров.

В специальных пресс-формах (рисунок 10), на рабочие поверхности которых наносилась смазка, под давлением $0,7\text{--}0,8 \text{ ГПа}$ при нормальных условиях путем гидростатического прессования капсулированного порошка железа АВС100.30 с тонким оксидным слоем на основе SiO_2 изготовлен магнитопровод в виде статора (рисунки 2 и 3) для экспериментального образца высокооборотистого электродвигателя для беспилотных летательных аппаратов. В таблице 1 представлены результаты исследования твердости по методу Бринелля композиционных материалов на основе порошка АВС100.30, частицы которого покрыты диоксидом кремния. Анализ таблицы показывает, что полученные композиты имеют величину твердости НВ от 83,16 до 101,86, что выше значения твердости для чистого железа НВ60.

Таблица 1 – Результаты исследования твердости по Бринеллю образцов композиционных материалов на основе порошка АВС100.30, частицы которого покрыты диоксидом кремния

Образец	НВ
№ 1	96,22
№ 2	99,93
№ 3	92,69
№ 4	83,16
№ 5	101,86
№ 6	89,36

Плотность полученных магнитных компонентов определена методом гидростатического взвешивания при комнатной температуре. Анализ экспериментальных данных показал, что плотность спрессованных композитов, полученных методом прессования при давлении 0,7–0,8 ГПа, составляет 7,5–7,6 г/см³. Композиты имеют величину твердости НВ от 83,16 до 101,86, что выше значения твердости для чистого железа НВ 60. Это говорит о том, у изделий повышен предел прочности, а отсутствие трещин говорит о высокой сопротивляемости материала к возникновению и развитию трещин.



Рисунок 2 – Оснастка для прессования сердечника



Рисунок 3 – Изготовленный экспериментальный сердечник (статор) из композиционного материала

Спрессованные изделия подвергались термообработке для нормализации физических параметров. Отжиг образцов производился при температуре 400 °С – 600 °С в вакууме или на воздухе в течении 1 часа.

Расчет обмоточных данных статора и основных параметров блока питания выполняется с учетом магнитных характеристик композиционного материала для работы с индукцией в максимуме порядка 1,5 Тесла и непосредственно источника питания двигателя. На рисунке 4 приведена кривая намагничивания материала.

Для достижения величины магнитной индукции в импульсе равной 1,5 Тесла величина напряженности магнитного поля имеет значение порядка 7–8 кА/м. Из этих условий и возможности источника питания определяются числа витков обмотки статора. В данном случае обмотка выполнялась по схеме, приведенной на рисунке 5 жгутом из 40 изолированных медных проводников 0,16 мм в количестве 8 штук на один зуб.

Для соблюдения квазисинхронного режима работы в случае соотношения зубьев статора и магнитов ротора 12/14 выполняется намотка, показанная на рисунке 5.

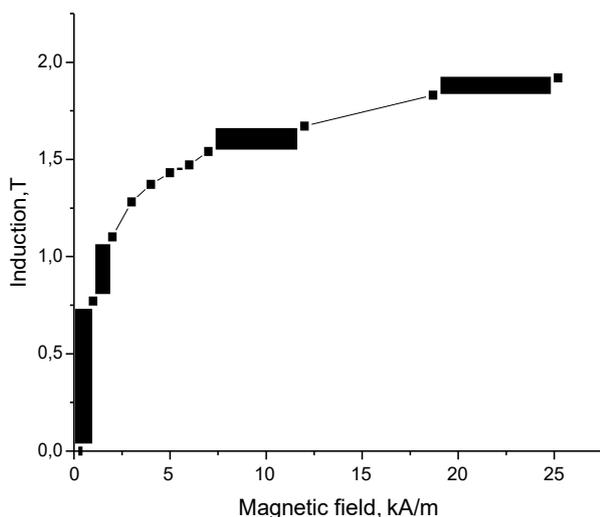


Рисунок 4 – Кривые намагничивания композита

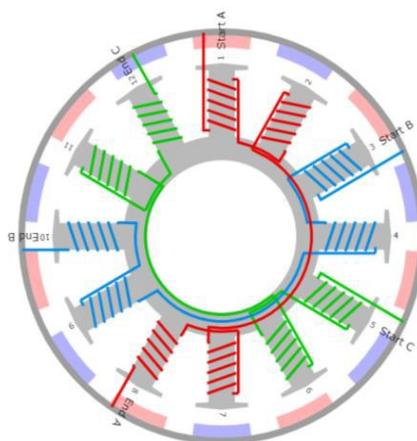
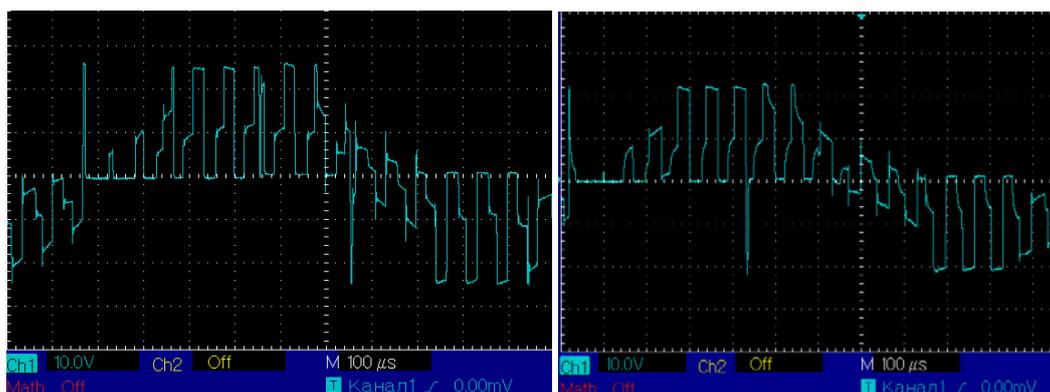


Рисунок 5 – Схема намотки статора при соотношении зубьев статора и магнитов ротора 12/14

При соотношении зубьев статора и магнитов ротора 12/14 наматывается и последовательно соединяются 1-й и 2-й зубья статора и затем соответственно 6-й и 7-й зубья статора. Расчет обмоточных данных статора и основных параметров блока питания выполняется с учетом магнитных характеристик композиционного материала для работы с индукцией в максимуме порядка 1,5 Тесла и непосредственно источника питания двигателя.

После намотки сердечника произвели сборку электродвигателя для БПЛА. При сравнении осциллограмм (рисунок 6) управляющих сигналов собранного двигателей видно, что импульсы управляющих сигналов сильно искажены в двигателе со статором на основе электротехнической стали, при этом незначительное изменение наблюдается для двигателя со статором на основе композиционного магнитомягкого материала.



а

б

а – статор на основе ламинированной электротехнической стали;
б – статор на основе на композиционного магнитомягкого материала

Рисунок 6 – Осциллограммы управляющих сигналов двигателей БПЛА

Замена электротехнической стали на композиционный магнитомягкий материал на основе капсулированного порошка железа позволяет поднять частотный предел управления до 100 кГц (на основе композиционного магнитомягкого материала), что приведет к повышению удельной мощности в несколько раз.

Полученные научные результаты указывают на возможность создания на основе новых магнитомягких композиционных материалов компонентов для различных электротехнических устройств. Исследована возможность применения статоров на основе магнитопровода из порошкового композиционного магнитомягкого материала для изготовления электрических двигателей для малоразмерных БПЛА.

Проведена разработка и анализ методики синтеза образцов магнитомягкого материала с требуемыми параметрами. Исходя из химической чистоты, в качестве основы для синтеза композиционного магнитомягкого материала был выбран порошок ABC100.30 с низким содержанием углерода. В качестве компонентов для нанесения покрытия различной толщины на частицы микропорошка выбрано соединение SiO_2 . Плотность изготовленных компонентов составляет 7,5–7,6 г/см³. Исследования показали, что магнитные компоненты обладают достаточной прочностью и необходимыми электромагнитными характеристиками для создания электродвигателей. Новый композиционный магнитомягкий материал на основе капсулированного порошка железа обладает электрофизическими характеристиками, позволяющими изготавливать компоненты статоров и роторов электродвигателей, исключив тем самым использование дорогостоящей электротехнической стали. Разработана и изготовлена оснастка для прессования порошкового статора для электродвигателя БПЛА. Композиционные магнитные материалы являются ярким примером интеграции различных технологий для получения конечных прикладных продуктов с улучшенными свойствами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Driving-Cycle-Oriented Design Optimization of a Permanent Magnet Hub Motor Drive System for a Four-Wheel-Drive Electric Vehicle / Sun X. [et al.] // IEEE Trans. Transp. Electrification. – 2020. – № 6. – P. 1115–1125.
2. The Operation Analysis and Efficiency Improvement of Switched Reluctance Motors with High Silicon Steel / Hasegawa M. [et al.] // In Proceedings of the IEEE Power Conversion Conference-Osaka. – Osaka, Japan, 2–5 April 2002. – P. 981–986.
3. Fan T. Development of a High Power Density Motor Made of Amorphous Alloy Cores / Fan T., Li Q., Wen X. // IEEE Trans. Ind. Electron. – 2014. – № 61. – P. 4510–4518.
4. Characterization of Rotational Magnetic Properties of Amorphous Metal Materials for Advanced Electrical Machine Design and Analysis / Guo Y. [et al.] // Energies. – 2022. – № 15. – P. 7798.
5. Densification Mechanism of Soft Magnetic Composites Using Ultrasonic Compaction for Motors in EV Platforms / Hwang M.-H. // Materials. – 2019. – № 12. – P. 824.
6. Design Issues for Claw Pole Machines with Soft Magnetic Composite Cores / Liu C. [et al.] // Energies. – 2018. – № 11. – P. 1998.
7. Pennander, L. Soft magnetic iron powder material AC properties and their application in electrical machines / L. Pennander, A. Jack // Magn. Mater., Euro PM. – 2003.
8. Shokrollahi, H. The effect of compaction parameters and particle size on magnetic properties of iron-based alloys used in soft magnetic composites / H. Shokrollahi, K. Janghorban // Materials Science and Engineering : b Vol. 134, Issue 1. – 25 September. – 2006. – P. 41–43.
9. Shokrollahi, H. Soft magnetic composite materials (SMCs) / H. Shokrollahi, K. Janghorban // Journal of Materials Processing Technology. – 2007. – Vol. 189, Issues 1–3, 6 July. – P. 1–12.
10. A Review of Electric Motors with Soft Magnetic Composite Cores for Electric Drives / Youguang Guo [et al.] // Energies. – 2023. – № 16 (4). – P. 2053.
11. Govor, G. A. Composite soft magnetic materials based on iron powders / Govor G. A., Mihnevich V. V. // Inorganic materials. – 2007. – Vol. 43, № 7. – P. 805–807.
12. Структура и магнитные характеристики композитов на основе капсулированных порошков железа ASC100.29 / Г. А. Говор [и др.] // Вестник Фонда фундаментальных исследований. – 2020. – № 1. – С. 105–111.

13. Исследование влияния условий синтеза на магнитные характеристики композиционных материалов на основе порошков / А. К. Вечер [и др.] // Вест. Нац. акад. наук Беларуси. Сер. физ.-техн. наук. – 2020. – Т. 65, № 1. – С. 17–24.

14. A. Vetcher, G. Govor, O. Demidenko, A.-M. Popescu, V. Constantin, U. Berdiev / A composite magnetic material with insulating anticorrosive coatings // Journal Machines. Technologies. Materials. – 2020. – Vol. 14, Issue 7. – P. 296–298.

УДК 623.541

С.Г. Дубовский, А.И. Антонов, А.В. Рожок

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

БАРРАЖИРУЮЩИЕ АВИАЦИОННЫЕ БОЕПРИПАСЫ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ

Анализ современных вооруженных конфликтов показывает, что наиболее широкое распространение у противоборствующих сторон получил новый тип управляемых авиационных средств поражения, спроектированных на базе относительно дешевых беспилотных летательных аппаратов (БЛА). Данные средства в различных источниках определяются такими понятиями, как «барражирующие боеприпасы», «дроны-камикадзе», «БЛА-брандеры» и т. п. Будем использовать для обозначения таких средств термин – барражирующий авиационный боеприпас (БАБ), как наиболее полно отвечающий конечной цели своего применения – нанесения ущерба противнику. Он представляет собой малоразмерный БЛА, оснащенный многофункциональной информационно-измерительной системой, и несущий заряд взрывчатого вещества. Актуальной является задача назначения типовых целей для БАБ и оценка эффективности их поражения.

Наиболее вероятными объектами воздействия БАБ, по мнению авторов, являются – живая сила, а также одиночные объекты вооружения и военной техники (радиолокационная станция, автомобиль и т. п.). Для оценки эффективности поражения указанных целей, в первую очередь, следует оценить радиус фугасного действия.

Расчет расстояния R_p , на котором происходит разрушение объекта вследствие действия газообразных продуктов взрыва и ударной волны производится по следующей формуле [1]:

$$R_p = \kappa_1 \sqrt[3]{\omega^2},$$

где ω – масса заряда, кг; κ_1 – коэффициент, зависящий от типа взрывчатого вещества, свойств объекта и степени поражения.

Математическое моделирование полета БАБ с учетом точностных характеристик информационно-измерительной системы, установленной на его борту, позволит определить среднее квадратическое отклонение промаха при выходе на поражаемый объект σ .

Следовательно, оценка эффективности барражирующего авиационного боеприпаса сводится к определению вероятности попадания в круг радиуса R_p [2]:

$$W = 1 - e^{-\frac{R_p^2}{2\sigma^2}}.$$

Предложенный выше подход к оценке эффективности барражирующих авиационных боеприпасов позволяет решать следующие научные и прикладные задачи:

– анализировать влияние характеристик БЛА, его бортового оборудования, а также характеристик боевой части на эффективность решения задачи поражения типового объекта;

- формировать тактико-технические требования к разрабатываемым образцам малоразмерных барражирующих авиационных боеприпасов;
- разрабатывать рекомендации по рациональному применению барражирующих авиационных боеприпасов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антонов, А. И. Боевое применение авиационного вооружения / А. И. Антонов, С. Г. Дубовский. – Минск : ВА Респ. Беларусь, 2010. – Ч. 1 : Основы конструкции авиационного вооружения. – 288 с.
2. Вервейко, Б. М. Боевые авиационные комплексы и их эффективность / Б. М. Вервейко. – Минск : ВА Респ. Беларусь, 2000. – Ч. 1 : Общая характеристика боевых авиационных комплексов и методов оценки их эффективности. – 308 с.

УДК 357

Е.А. Закревский¹, Д.А. Дьяков²

¹Учреждение образования «Национальный детский технопарк»

²Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРОЕКТ БЕСПИЛОТНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПЛАНЕТОХОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СПУТНИКОВ МАРСА

Изучение объектов ближнего космоса в данный момент ведется преимущественно с помощью беспилотных (автоматических) космических аппаратов: автоматических межпланетных станций, космических телескопов, искусственных спутников, а также космических аппаратов, которые спускаются на поверхности других планет и естественных спутников. К последним относятся беспилотные космические планетоходы (своего рода марсоходы и луноходы). Изучив физические явления, откроются новые данные о влиянии Солнца на объекты ближнего космоса и космическое пространство [1].

Главными задачами проектируемого планетохода будут являться сканирование поверхности марсианских спутников с целью обнаружения признаков жизни; изучение физических явлений, происходящих на поверхности спутников Марса; сбор («складирование») образцов для их дальнейшей доставки и изучения на Земле. Помимо прочего, и сам планетоход станет предметом исследования, ведь во время экспедиции мы получим уникальный опыт эксплуатации беспилотного космического аппарата.

Для выполнения поставленных задач были определены следующие требования к конструкции планетохода:

- малые габариты конструкции;
- высокая проходимость (т. к. естественные спутники Марса покрыты слоем реголита);
- автономность действий (из-за большого расстояния сигнал будет доходить с Земли до планетохода приблизительно за 5–7 минут, и действия аппарата будут заторможенными);
- оснащение надежной аппаратурой, а также элементы защиты этой аппаратуры от воздействия внешних факторов.

Конструктивно проектируемый планетоход будет иметь компактный корпус, представляющий из себя полностью герметичный прямоугольный параллелепипед, выполненный из металла (в основном из алюминия), и покрытый светоотражающим слоем. Светоотражающий слой должен защитить «внутренности» (аппаратуру и приборы) от перегрева, а также данный слой будет отражать некоторое количество солнечного ветра (воздействие заряженных частиц).

Сверху на корпусе аппарата будет установлена солнечная панель, которая будет питать аппаратуру и системы энергией. По бокам корпуса установятся газовые упоры

(поршни), которые одним концом закрепятся к солнечной панели, а другим к углам корпуса. Данная конструкция обеспечит поворот солнечной панели в нужную сторону (максимально солнечную).

Спереди аппарата установится подвижная камера высокого разрешения, которая будет передавать на Землю фото и видео данные о происходящих на поверхности Фобоса и Деймоса явлениях. Также спереди аппарата будут смонтированы осветительные приборы: один подвижный прожектор, освещающий в ночное время путь перед планетоходом и далекие объекты; две фары, подсвечивающие объекты вблизи аппарата для их фотографирования и лучшего (детального) изучения. Рядом с камерой разместится звукозаписывающая аппаратура.

Сзади на корпусе установится UHF-антенна, которая представляет из себя цилиндр, прикрепленный с боку корпуса. С ее помощью, ровер сможет передавать данные через искусственные околомарсианские спутники «MRO» и «Odyssey» на частоте около 400 МГц. Использование околомарсианских спутников для передачи сигнала является предпочтительным из-за того, что они находятся в поле зрения DSN-станций гораздо дольше, чем сам ровер, находящийся на поверхности спутников Марса. Поскольку спутники связи будут значительно ближе расположены к роверу, последнему нужно затрачивать меньше энергии для передачи данных. Скорость передачи может достигать 256 кбит/с для «Odyssey» и до 2 Мбит/с для «MRO». Большая часть информации, приходящей от космического аппарата, будет проходить именно через спутник «MRO».

Сзади в нижних углах планетохода установятся две малонаправленные антенны и передатчик мощностью 20 Вт, будут работать в X-диапазоне (8426.34–8431.1 МГц).

По бокам установлены колеса (по три с каждой стороны). Колеса конструктивно выполнены из алюминия и имеют цилиндрическую форму. Широкие колеса увеличат площадь соприкосновения, и аппарат не будет «закапываться» в слое реголита, а также повысят устойчивость планетохода. Увеличить проходимость помогут металлические шипы. Для повышения устойчивости колеса будут иметь независимую подвеску, а для повышения маневренности аппарата на каждом колесе установится независимый поворотный механизм (по необходимости колеса будут свободно вращаться). Внутри колес (в цилиндрах) установятся электродвигатели, приводящие аппарат в движение.

Аккумуляторная батарея находится внутри корпуса. Заряд будет осуществлять генератор, находящийся внутри который преобразует энергию от солнечной панели.

Внутри корпуса будут находиться научные приборы, с помощью которых аппарат будет производить научные исследования естественных спутников Марса.

Слева спереди установлен манипулятор для складирования небольших образцов грунта и их (образцов) подноса к камере (при необходимости) для лучшего изучения. Также манипулятор может служить «опорой» при «спасении» планетохода, если застрял в слое реголита или провалился в яму, кратер или какие-либо подземные пустоты [2].

Для дополнительной защиты от попадания пыли и космической радиации все элементы, находящиеся внутри корпуса планетохода, звуко- и видеозаписывающая аппаратура будут обернуты полиэтиленовым мешком (объектив камеры и мембрана микрофона будут открыты) [3].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Изучение спутников Марса [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Спутники_Марса. – Дата доступа: 01.09.2023.
2. Основные принципы создания космического комплекса «Астероид-Грунт» / Г. М. Полищук [и др.] // Актуальные вопросы проектирования космических систем и комплексов : сборник научных трудов. – М. : НПО им. С. А. Лавочкина, 2005. – В. 6. – С. 18–20.
3. Система защиты от радиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://patents.google.com/patent/RU2714411C1/ru> – Дата доступа: 10.09.2023.

УДК 629.7.05

Л.А. Иваницкий, А.А. Шейников

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

С развитием технологий в сфере беспилотных летательных аппаратов (БЛА) все большее внимание уделяется совершенствованию их навигационных систем (НС) [1]. Для исследования принципов работы НС БЛА, а также для подготовки специалистов в данной области, становится необходимым создание специализированных учебно-лабораторных комплексов (УЛК). Главная задача таких УЛК – обеспечение интерактивности обучения и разработок.

Основными требованиями к создаваемым УЛК являются:

1. Простота и доступность оборудования.
2. Открытость кода программного обеспечения и возможность его коррекции.
3. Модульность конструкции УЛК.
4. Эргономичность интерфейса.
5. Возможность запуска УЛК на любом компьютере.
6. Кроссплатформенность программ установки.

С учетом рассмотренных требований, при разработке УЛК целесообразным является применение, широко распространенных, открытых аппаратно-программных электронных платформ. Так, одним из наиболее простых и популярных инструментов разработки систем в области электроники, автоматики и робототехники является электронный конструктор Arduino, включающий, кроме отладочной платы на микроконтроллере Atmel AVR, множество специализированных датчиков и радиоэлектронных компонентов. Для организации реалистичного и прозрачного (с точки зрения открытости и простоты кода) графического интерфейса УЛК на компьютере, а также для обеспечения многоуровневой обработки и визуализации данных, целесообразно применение гибкого кроссплатформенного высокоуровневого объектно-ориентированного языка программирования с большим перечнем стандартных и подключаемых библиотек и возможностью создания исполняемых программных приложений. Наиболее известным и широко используемым, с этой точки зрения, в настоящее время является язык программирования Python. На рисунке 1 представлена структурная схема УЛК для исследования современных НС БЛА, разработанного с учетом рассмотренных принципов. Аппаратное обеспечение УЛК включает компьютер (ноутбук), отладочную плату Arduino Uno и комплекс датчиков (измерительных модулей), связанных между собой через информационно-управляющие каналы. Программной базой УЛК является компьютерное приложение, реализованное на языке Python, которое интегрирует измерительную информацию от датчиков, поступающую из СОМ-порта Arduino Uno, и выводит эти данные на виртуальные приборную и геоинформационную панели [2]. Кроме этого, получаемые данные накапливаются, обрабатываются и выводятся в виде зависимостей параметров полета от времени для последующего более глубокого анализа. На отладочную плату Arduino Uno загружена и выполняется специальная программа (скетч) [3], реализующая цифровой процесс получения, интерпретации и выдачи потребителю измерительных данных от датчиков. В таблице 1 приведены описание и основные технические характеристики электронных модулей, составляющих аппаратную часть УЛК. На рисунке 2 показаны примеры подключения некоторых из используемых датчиков к отладочной плате Arduino Uno. На рисунке 3 представлен интерфейс программного модуля индикации пилотажно-навигационной информации (ПНИ). Программный модуль анализа данных обеспечивает возможность графического представления результатов обработки ПНИ (рисунок 4), что существенно упрощает процесс проведения исследований и разработок в области НС БЛА.

Таблица 1 – Описание и основные технические характеристики электронных модулей УЛК

Электронный модуль	Выдаваемые данные	Характеристики
Отладочная плата Arduino Uno	Цифровые и аналоговые информационные и управляющие сигналы	Интерфейс – UART, I2C и SPI; Рабочее напряжение: 3,3–5 В; Максимальный потребляемый ток: 50 мА
Датчик угловой скорости и ускорения GY-521	Данные об угловой скорости и ускорении	Диапазон измерения угловых скоростей: ± 250 , ± 500 , ± 1000 и ± 2000 °/с; Диапазон измерения ускорений: $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ и $\pm 16g$; Интерфейс: I2C
Магнитометрический датчик GY-273	Данные о напряженности магнитного поля Земли по трем осям	Диапазон измерения напряженности магнитного поля: от $\pm 1,3$ до ± 8 Г; Чувствительность: 5 мГ; Интерфейс: I2C
Датчик атмосферного давления BMP388	Данные о давлении и температуре атмосферы	Диапазон измерения давления: 300–1250 гПа; Диапазон измерения температуры: от -40°C до $+85^{\circ}$; Точность измерения давления: 0,016 гПа, Точность измерения температуры: 0,0025°С; Интерфейс: I2C, SPI
Инерциально-навигационный модуль GY-91	Данные об угловой скорости, ускорении, напряженности магнитного поля по трем осям, давлении	Диапазон измерения угловых скоростей: ± 250 , ± 500 , ± 1000 , ± 2000 °/с; Диапазон измерения ускорений: $\pm 2g$, $\pm 4g$, $\pm 8g$ и $\pm 16g$; Диапазон измерения напряженности магнитного поля: ± 4800 мкТл; Диапазон измерения давления: 300–1100 гПа; Интерфейс: I2C, SPI
GPS-модуль NEO 6M V2	Данные о широте, долготе, высоте над уровнем моря, скорости, времени и другой информации, связанной с местоположением	Точность позиционирования: 5 м; Скорость обновления местоположения: 5 Гц; Время горячего старта: 1 с; Интерфейс: UART (Serial)

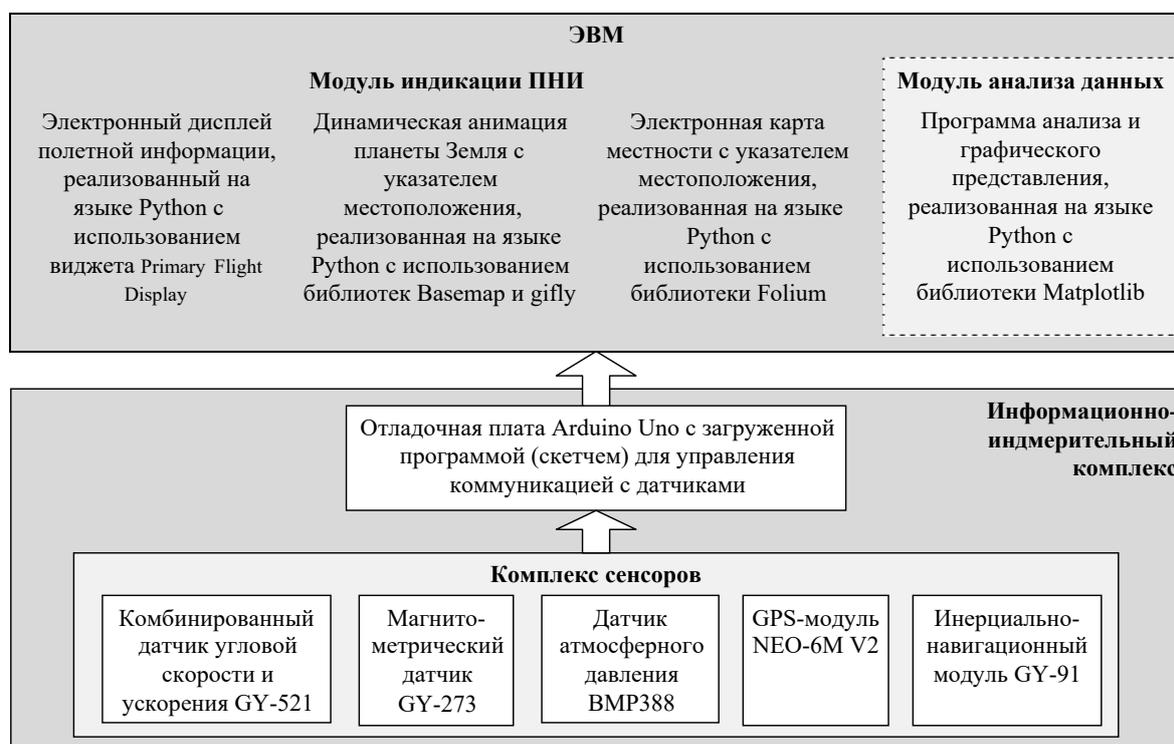
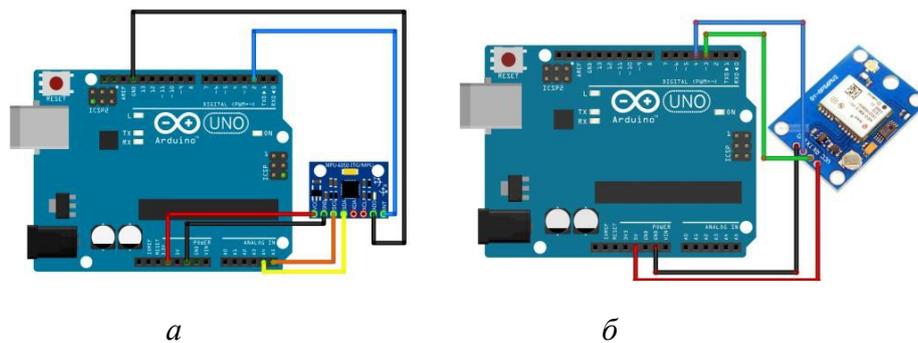
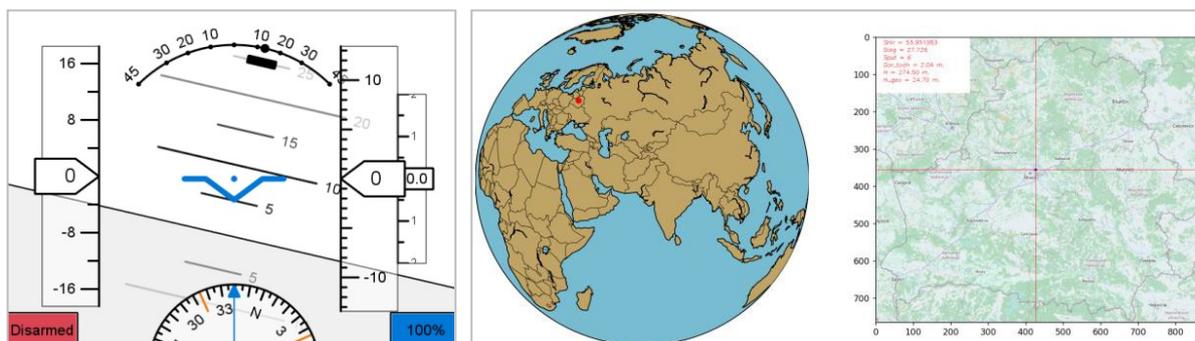


Рисунок 1 – Структурная схема УЛК для исследования современных НС БЛА



a – схема подключения GY-521; *б* – схема подключения NEO 6M V2

Рисунок 2 – Примеры схем подключения измерительных модулей к отладочной плате



a – электронный дисплей полетной информации; *б* – геоинформационный монитор

Рисунок 3 – Интерфейс программного модуля индикации пилотажно-навигационной информации

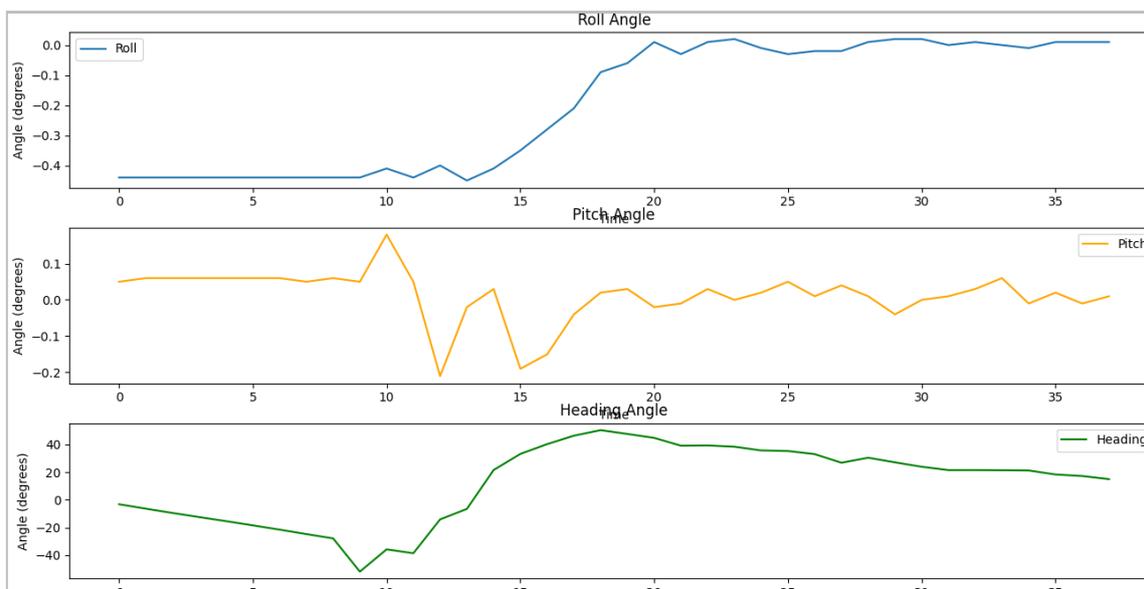


Рисунок 4 – Интерфейс программного модуля анализа данных

Таким образом, разработанный УЛК объединяет в себе навигационные датчики, отладочную плату на базе микроконтроллера и программное обеспечение для управления, обмена информацией, визуализации и анализа данных. Гибкость программного обеспечения и открытость кода дает возможность творческого использования его потенциальных

возможностей. Все это делает УЛК хорошим инструментом при обучении, исследовании и разработке современных НС БЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Биард, Р. Малые беспилотные летательные аппараты: теория и практика / Р. Биард, Т. Маклэйн. – М. : Техносфера, 2015. – 312 с.
2. Петин, В. А. Проекты с использованием контроллера Arduino / В. А. Петин. – СПб. : БХВ-Петербург, 2021. – 560 с.
3. Прохоренок, Н. А. Python 3 и PyQt 5. Разработка приложений / Н. А. Прохоренок, В. А. Дронов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2018. – 832 с.

УДК 355.469.34

А.С. Ишутин, Ю.Д. Пещенко

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВ ВНЕШНЕГО ЦЕЛЕУКАЗАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМ ВЕРТОЛЕТОВ

Вертолетные подразделения, как наиболее гибкий и мобильный компонент авиации, применяются практически во всех видах боевых действий. При выполнении боевых задач вертолеты, как правило, осуществляют полеты на предельно малых высотах (10–20 метров) с использованием складок местности, иначе рискуют быть сбитыми средствами противоздушной обороны (ПВО) противника. Однако, выполнение боевого полета на таких высотах не обеспечивает своевременного обнаружения и опознавания объектов противника, по которым планируется нанесение авиационного удара. Следовательно, экипажам вертолетов приходится выполнять «подскок» на высоту, позволяющую осуществить поиск, обнаружение и опознавание объектов поражения, тем самым подставляясь под удар противника. Как показывает опыт применения армейской авиации в современных конфликтах, основные потери вертолетов были именно во время выполнения боевого полета без применения тактических приемов преодоления противодействия средств ПВО противника, включая полет на высотах выше 20–30 метров, что позволяло противнику прицелиться и осуществить пуск зенитных управляемых ракет (ЗУР) по ним.

В настоящее время сформировались два основных способа выполнения боевой задачи подразделениями вертолетов – нанесение авиационного удара выполнением атак с кабрирования и с использованием внешнего целеуказания экипажам вертолетов передовыми авиационными наводчиками (ПАН). Первый способ предусматривает применение авиационных средств поражения (АСП) экипажами вертолетов с удалений, не позволяющих противнику осуществить противодействие. Однако, такой способ не обеспечивает точного прицеливания по объекту поражения. Второй способ требует наличия ПАН вблизи объектов поражения – что не всегда возможно.

В вооруженных конфликтах уже использовались системы внешнего целеуказания с беспилотных летательных аппаратов (БЛА) для корректирования артиллерийских снарядов «Краснополь», а также с помощью установленных на БЛА систем лазерного подсвета осуществлялось целеуказание для нанесения огневого поражения ударными вертолетами [1]. Однако, нанесение авиационных ударов вертолетами таким способом не имело успеха. Это было связано со сложностью определения рубежа начала маневра для атаки цели с ходу, что не позволяло экипажу осуществлять атаку в пределах разрешенной дальности применения АСП.

Автором предлагается для внешнего целеуказания экипажам вертолетов применять БЛА, оснащенные системой лазерного подсвета, а также для расчета рубежа набора высоты

для атаки цели сходу использовать авторскую методику оценки эффективности способов совместного применения БЛА и подразделений вертолетов для поражения объектов противника [2].

Таким образом, применение БЛА для поиска объектов противника и внешнего целеуказания позволит экипажам вертолетов безопасно выйти на цель, с расчетного рубежа выполнить маневр и атаку обозначенной лазерным подсветом цели за время, не позволяющее противнику прицелиться и осуществить пуск ЗУР, тем самым эффективно выполнить боевую задачу.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фрезе, В. Р. Опыт применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами в вооруженных конфликтах / В. Р. Фрезе // Гуманитарные проблемы военного дела. – 2018. – № 1 (14). – С. 106–122.

2. Иштутин, А. С. Специальная тема : дис. ... канд. воен. наук : 20.01.04 / А. С. Иштутин. – М., 2022. – 147 л.

УДК 004.932.4

О.В. Ковриго

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ И РЕШЕНИЕ В ОБЩЕМ ВИДЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ЭТАЛОНА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Современные вооруженные конфликты характеризуются ростом интенсивности применения барражирующих боеприпасов (ББ), для огневого поражения живой силы, средств артиллерии и противовоздушной обороны, а также другой бронированной техники.

Обсуждая боевую эффективность ББ, следует иметь в виду возможное влияние турбулентности атмосферы, которая приводит к хаотическому смещению оптической оси снижению эффективности ББ. Уменьшение влияния турбулентности атмосферы на бортовую оптико-электронную систему (ОЭС) возможно осуществить с помощью существующих методов программной стабилизации, где к наиболее эффективным относится ускоренный метод нормированных коэффициентов (УМНК). Однако эффективность УМНК снижается в условиях, когда оптическая ось бортовой ОЭС соосна строительной оси ББ, ввиду возникновения дополнительных ошибок, вызванных вращением изображения. Поэтому предложено синтезировать универсальный эталон изображения, инвариантный к вращению изображения.

Синтез эталона для классического корреляционного метода описан в [1], в данном случае существующий подход адаптирован для УМНК и задачи стабилизация. Математическая формализация описывается следующим образом: пусть задана произвольная прямоугольная матрица изображения M размерности $X \times Y$. В следующий момент времени изображение M поворачивается на угол $\Delta\omega$, где конечное изображение принимает вид $M^{\Delta\omega}$. Требуется синтезировать эталон изображения m размерности $X \times Y$ при свертке с которым достигается инвариантность максимума корреляционной матрицы к поворотам изображения, а именно обеспечивается минимальное (в среднеквадратическом смысле) отличие корреляционных матриц искаженной $F_{\Delta\omega}(d_x, d_y)$ от требуемой $F_T(d_x, d_y)$, где d_x, d_y – координаты экстремума корреляционной функции. Выражение минимизации имеет следующий вид:

$$J = \min_{d_x, d_y \in M} \left[F_{\Delta\omega}(d_x, d_y) - F_T(d_x, d_y) \right]^2, \quad (1)$$

Требуемая корреляционная матрица в оптимальном случае представляет изображение с одним максимумом в центральной части изображения, который задается следующим выражением:

$$F_T(d_x, d_y) = e^{-\frac{(x-d_x)^2 + (y-d_y)^2}{\sigma^2}}, \quad (2)$$

где σ – среднеквадратическое отклонение.

Конечное выражение для минимизации корреляционных матриц с учетом УМНК представляет следующий вид:

$$J = \min_m \sum_{\Delta\omega} [2M^{\Delta\omega} \cdot m - M_K^{\Delta\omega} - F_T]^2, \quad (3)$$

Таким образом, для решения в общем виде задачи синтеза эталона, необходимо раскрыть скобки и продифференцировать выражение 3 по m , где для простоты расчета осуществлять дифференцирование необходимо в спектральной области.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Bolme, D.'S. Visual object tracking using adaptive correlation filters"ТDqп g'F 0U06 Ур'Нсркєқ."CA, USA, 13–18 June 201006" . 2544–2550.

УДК 614.8

В.В. Копытков, Д.В. Безмен, И.И. Коваленко

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

На сегодняшний день химическая отрасль вносит весомый вклад в валовый внутренний продукт Республики и является одной из основных по поступлению валютной выручки в страну. На предприятиях химической отрасли химически опасные компоненты могут находиться компактно и в больших объемах.

В частности, на складе хранения исходных компонентов в Обществе с ограниченной ответственностью «Кронохем» (г. Могилев) площадью всего 487,32 м² хранятся [1]:

- диэтиленгликоль – 100 м³;
- триэтанолламин – 30 м³;
- серная кислота – 5 м³;
- ортофосфорная кислота – 30 м³;
- щелочь (едкий натр) – 40 м³;
- моноэтанолламин – 25 м³.

Предсказать заранее какие компоненты будут выделяться при горении не всегда представляется возможным. Так, при горении диэтиленгликоля может образовываться как оксид углерода, так и в случае недостатка кислорода, угарный газ.

На основании утвержденных в МЧС приказов [2, 3] при определении сил и средств для ликвидации чрезвычайной ситуации на таких объектах всегда проводится химическая и радиационная разведка. Выезд химической службы и проведение ею разведки занимает

определенное время, что влияет на время прибытия на место ЧС подразделений МЧС, экипированных и оснащенных всем необходимым для ликвидации конкретного вида ЧС.

В настоящее время технологии беспилотных летательных аппаратов (БЛА) становятся все более широко применяемыми в различных сферах деятельности, включая ликвидацию чрезвычайных ситуаций на химически опасных объектах. Важными аспектами использования БЛА является их оперативность и безопасность. Благодаря своей маневренности и малым габаритам, БЛА способны не только пролетать в труднодоступные места и осуществлять анализ и контроль с использованием газоанализаторов выделяемых в атмосферу веществ при горении, а в случае взрыва.

Нами для ООО «Кронохем» с использованием квадрокоптера фирмы DJI MAVIC 2 Enterprise изучен технологический процесс, установлены наиболее вероятные места возгорания либо пролива химически агрессивных средств, а также проработаны маршруты движения БЛА, с целью проведения химической разведки, исключая задевание технологических коммуникаций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Оперативный план тушения пожара на ООО «Кронохем»: утв. Начальником Могилевского УМЧС Республики Беларусь 10.03.2021. – Могилев, 2021. – 12 с.
2. Боевой устав органов и подразделений по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь по организации тушения пожаров: приказ МЧС, № 1 от 04.01.2021. – Минск, 2021. – 10 с.
3. Инструкция о порядке и критериях отнесения источников ионизирующего излучения к категориям по степени радиационной опасности: постановление МЧС, № 4 от 21.01.2021. – Минск, 2021. – 15 с.

УДК 519.85

А.А. Лобатый

Белорусский национальный технический университет

ОБЗОР АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ СИНТЕЗА РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Интенсивно развивающиеся информационные технологии предоставляют широкие возможности решения задач исследования сложных технических систем, принципы функционирования которых основаны на различных физических принципах. При этом, как правило, отходят на второй план традиционные методы, основанные на аналитическом решении задач анализа и синтеза математических моделей таких систем. В то же время современные информационные технологии позволяют значительно расширить круг задач, решаемых с помощью известных аналитических методов путем творческого применения систем компьютерной математики, позволяющей производить аналитические и численные вычисления, которые прежде до появления современных информационных систем и технологий были невозможны.

Одним из перспективных направлений развития техники является анализ и синтез мехатронных и робототехнических систем, к которым относится широкий класс беспилотных летательных аппаратов (БЛА), на основе использования их математических моделей. Широкий спектр потенциальных областей применений БЛА в военном и гражданском секторах породил множество академических, а также коммерческих исследований. Достижения в области авионики, навигации на основе глобальных систем позиционирования, методов управления полетом и недорогой электроники еще больше способствовали использованию БЛА в коммерческих и военных целях.

Работы [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37], выполненные в последние годы автором и его учениками, посвящены решению задач анализа и синтеза робототехнических систем на примере математических моделей БЛА.

В работах [1, 2, 3, 4, 5, 6] рассматривается анализ построения и исследования детерминированных и стохастических математических моделей БЛА как сложных динамических стохастических систем, элементов и подсистем БЛА, критериев и методов оценки их эффективности в различных условиях применения.

Работы [7, 8, 9, 10, 11, 12] посвящены исследованию вопросов аналитической оценки надежности сложных динамических стохастических систем на примере БЛА на основе математического моделирования влияния на функционирование БЛА различных внешних и внутренних случайных факторов.

Работы [13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24] посвящены решению задач формирования оптимальных траекторий полета БЛА и аналитического синтеза законов управления БЛА с учетом ограничений, наложенных как на движение БЛА в пространстве, так и на динамические свойства его отдельных подсистем и элементов.

Работы [25, 26, 27, 28, 29, 30, 31] посвящены вопросам оценивания (фильтрации) параметров, используемых для управления БЛА. При этом предлагаются оригинальные подходы к формированию критериев оптимального оценивания и применяются современные компьютерные технологии обработки информации, основанные на новых принципах формализации задач оценивания, которые ранее до достижения определенного этапа развития информационных технологий не представлялись возможными.

В работах [32, 33, 34, 35, 36, 37] решаются задачи разработки математических моделей и законов управления гибридными непрерывно-дискретными электротехническими системами, применяемыми в качестве приводов управляющих элементов БЛА. Особенностью таких систем является представление их математических моделей с помощью дифференциальных уравнений, включающих специальные функции, учитывающие дискретный характер процессов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лобатый, А. А. Локальные характеристики сложной стохастической системы / А. А. Лобатый // Системный анализ и прикладная информатика. – 2014. – № 1–3. – С. 4–8.
2. Лобатый, А. А. Беспилотный авиационный комплекс как сложная мультиструктурная система / А. А. Лобатый, А. С. Абуфанас // Системный анализ и прикладная информатика. – 2015. – № 1. – С. 4–9.
3. Лобатый, А. А. Принятие решений при выборе объектов по критериям эффективности / А. А. Лобатый, А. С. Абуфанас // Системный анализ и прикладная информатика. – 2015. – № 4. – С. 36–39.
4. Лобатый, А. А. Идентификация упрощенной математической модели беспилотного летательного аппарата / А. А. Лобатый, Ю. Ф. Яцына, С. С. Прохорович // Системный анализ и прикладная информатика. – 2020. – № 2 (26). – С. 26–33.
5. Лобатый, А. А. Поэтапный аналитический синтез математической модели автопилота беспилотного летательного аппарата / А. А. Лобатый, А. Ю. Бумай, С. С. Прохорович // Системный анализ и прикладная информатика. – 2021. – № 1. – С. 21–28.
6. Лобатый, А. А. Математическое моделирование движения летательных аппаратов мультироторного типа / А. А. Лобатый, Гу Пэнхао // Системный анализ и прикладная информатика. – 2023. – № 1. – С. 10–15.
7. Лобатый, А. А. Аналитическое моделирование граничных режимов работы стохастической системы / А. А. Лобатый, Ж. М. Саид // Доклады БГУИР. – 2009. – № 4 (42). – С. 17–23.
8. Лобатый, А. А. Вероятностная оценка влияния вибраций на чувствительные элементы системы / А. А. Лобатый, Ю. Ф. Икуас // Вестник БНТУ. – 2009. – № 6. – С. 34–37.

9. Лобатый, А. А. Анализ надежности сложной системы с помощью топологических уравнений / А. А. Лобатый, А. А. Антаневич, Ю. Ф. Икуас // Доклады БГУИР. – 2011. – № 2 (56). – С. 90–95.
10. Лобатый, А. А. Вероятностный анализ попадания беспилотного летательного аппарата в запретную зону / А. А. Лобатый, Ю. Ф. Яцына, В. Ю. Степанов // Системный анализ и прикладная информатика. – 2019. – № 4. – С. 46–54.
11. Лобатый, А. А. Приближенная математическая модель оценки влияния вибраций на навесные элементы видеосистемы мобильного робота / А. А. Лобатый, М. М. Татур, А. К. Ибрагим // Системный анализ и прикладная информатика. – 2021. – № 2. – С. 20–26.
12. Лобатый, А. А. Вероятностный анализ срыва автосопровождения видеосистемой мобильного робота / А. А. Лобатый, М. М. Татур, А. К. Ибрагим // Доклады БГУИР. – 2022. – № 2. – С. 5–14.
13. Лобатый, А. А. Аналитический синтез управления беспилотным летательным аппаратом / А. А. Лобатый, А. А. Антаневич, Ю. Ф. Икуас // Сборник статей ВА Респ. Беларусь. – 2009. – № 17. – С. 62–66.
14. Лобатый, А. А. Модальное управление беспилотным летательным аппаратом / А. А. Лобатый, А. А. Антаневич, Ю. Ф. Икуас // Вестник БНТУ. – 2010. – № 5. – С. 37–40.
15. Лобатый, А. А. Оптимальное программное управление беспилотным летательным аппаратом / А. А. Лобатый, Ю. Ф. Икуас // Наука и техника. – 2012. – № 3. – С. 17–20.
16. Лобатый, А. А. Интервально-оптимальное программное управление летательным аппаратом / А. А. Лобатый, М. А. Аль-Машхадани // Наука и техника. – 2014. – № 1. – С. 25–29.
17. Лобатый, А. А. Обеспечение требуемых динамических свойств системы с помощью нечеткого регулятора / А. А. Лобатый, М. А. Аль-Машхадани // Наука и техника. – 2014. – № 3. – С. 7–11.
18. Лобатый, А. А. Формирование оптимальных параметров траектории пролета беспилотного летательного аппарата через заданные точки пространства / А. А. Лобатый, А. Ю. Бумай, Ду Цзюнь // Доклады БГУИР. – 2019. – № 7–8. – С. 50–57.
19. Лобатый, А. А. Аналитический синтез управляющего ускорения беспилотного летательного аппарата / А. А. Лобатый, А. Ю. Бумай, С. С. Прохорович // Наука и техника. – 2021. – Т. 20, № 4. – С. 338–344.
20. Лобатый, А. А. Формирование траектории беспилотного летательного аппарата при облете запретных зон / А. А. Лобатый, А. Ю. Бумай, А. М. Авсиевич // Системный анализ и прикладная информатика. – 2021. – № 4 – С. 47–53.
21. Лобатый, А. А. Аналитическое прогнозирование оптимальной траектории движения мобильного робота / А. А. Лобатый, Д. В. Капский, А. К. Ибрагим // Системный анализ и прикладная информатика. – 2022. – № 2. – С. 21–26.
22. Лобатый, А. А. Форсированное управление движением мобильного робота / Т. Ю. Ким, Г. А. Прокопович, А. А. Лобатый // Информатика. – 2022. – Т. 19, № 3. – С. 86–100.
23. Лобатый, А. А. Особенности моделирования операторного управления беспилотным летательным аппаратом и его целевой нагрузкой / А. А. Лобатый, Гу Пэнхао, П. И. Савёлов // Системный анализ и прикладная информатика. – 2022. – № 4. – С. 24–28.
24. Лобатый, А. А. Форсированное управление квадрокоптером / Гу Пэнхао, Ю. А. Леоновец, А. А. Лобатый // Наука и техника. – 2023. – Т. 22, № 2. – С. 91–95.
25. Лобатый, А. А. Фаззификация сигналов нелинейной стохастической системы / А. А. Лобатый, М. А. Аль-Машхадани // Наука и техника. – 2013, № 2. – С. 28–32.
26. Лобатый, А. А. Особенности применения фильтров Калмана-Бьюси в комплексах ориентации и навигации / А. А. Лобатый, А. С. Бенкафо // Доклады БГУИР. – 2013. – № 5 (75). – С. 67–71.
27. Лобатый, А. А. Оценка навигационных параметров подвижного объекта в условиях многорежимности / А. А. Лобатый, А. С. Бенкафо // Доклады БГУИР. – 2014. – № 4 (82). – С. 52–58.

28. Лобатый, А. А. Структурно-параметрическая нечеткая коррекция алгоритма фильтрации / А. А. Лобатый, А. С. Бенкафо, А. С. Абуфанас // Системный анализ и прикладная информатика. – 2014. – № 4. – С. 4–8.
29. Лобатый, А. А. Оптимальное оценивание случайного процесса по критерию максимума апостериорной вероятности / А. А. Лобатый, Ю. Ф. Яцына, Н. Н. Арефьев // Системный анализ и прикладная информатика. – 2016. – № 1. – С. 35–41.
30. Лобатый, А. А. Пошаговая нечеткая коррекция алгоритма фильтрации случайных сигналов / А. А. Лобатый, А. С. Радкевич // Системный анализ и прикладная информатика. – 2019. – № 1. – С. 35–40.
31. Лобатый, А. А. Особенности построения алгоритмов оценивания параметров многомерных случайных процессов / А. А. Лобатый, А. Ю. Бумай // Системный анализ и прикладная информатика. – 2020. – № 1. – С. 24–31.
32. Лобатый, А. А. Математическое моделирование гибридных электротехнических систем / А. А. Лобатый, Ю. Н. Петренко, И. Эльзейн // Наука и техника. – 2016. – № 4. – С. 322–328.
33. Лобатый, А. А. Импульсное управление гибридной электротехнической системой / А. А. Лобатый, Ю. Н. Петренко, И. Эльзейн // Системный анализ и прикладная информатика. – 2016. – № 4 (12). – С. 46.
34. Лобатый, А. А. Параметрическая идентификация стохастической системы неградиентным случайным поиском / А. А. Лобатый, В. Ю. Степанов // Наука и техника. – 2017. – № 3. – С. 256–261.
35. Лобатый, А. А. Поисковый алгоритм параметрической идентификации электропривода системы мониторинга / А. А. Лобатый, А. С. Абуфанас, А. Г. Шведко // Системный анализ и прикладная информатика. – 2017. – № 2 (14). – С. 39–45.
36. Лобатый, А. А. Анизотропный регулятор демпфирования случайных колебаний подвижной платформы беспилотного летательного аппарата / А. А. Лобатый, А. С. Абуфанас, Ю. Ф. Яцына // Системный анализ и прикладная информатика. – 2017. – № 3. – С. 13–19.
37. Лобатый, А. А. Аналитический синтез форсированного импульсного управления электроприводом системы слежения / А. А. Лобатый, А. С. Абуфанас, Ю. Ф. Яцына // Системный анализ и прикладная информатика. – 2017. – № 4. – С. 16–19.

УДК 614.8

И.И. Коваленко, В.В. Копытков

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ

Во многих странах применение беспилотных летательных аппаратов имеет немаловажную роль в поисково-спасательных работах, выявлении очагов лесных пожаров, наблюдения за паводком, оказании помощи потерявшимся в лесных массивах. В последнее время благодаря беспилотным летательным аппаратам (БЛА) проводится агитация, направленная на соблюдение порядка в общественных местах, правил поведения на водоемах, в местах массового скопления. Так в МЧС РБ в основном применяются модели квадрокоптеров фирмы DJI MAVIC 2 Enterprise и DJI MAVIC 3T. Данные модели компактны, быстро разворачиваются для выполнения задач, удобны и просты в использовании, удобны в транспортировке.

На сегодняшний день операторы БЛА с помощью квадрокоптеров в МЧС, в основном, выполняют следующие функции:

1. Спасение людей на водных акваториях. Для это требуется к квадрокоптеру присоединить комплект спасаемого на воде (рисунок 1) и сбросить на воду, после чего он автоматически надувается и помогает пострадавшему находится на поверхности воды до прибытия группы спасения на водах или спасателя.

2. Поиск людей в природных экосистемах. Поиск пострадавших производится методом визуального осмотра с квадракоптера, с помощью приборов ночного видения, а, так же, при помощи инфракрасной камеры в режиме Online. В настоящие время широкое развитие и распространение получают программные обеспечение, которое помогает искать людей при помощи дешифрирования фотографий сделанными БЛА. Так же при взаимодействии сброса с БЛА, можно доставить пострадавшему аптечку с минимальным количеством медицинских препаратов, для самостоятельного оказания помощи до прибытия поисково-спасательных групп, а также доставить минимальный питательный рацион (еду богатую белками и углеводами), средства для разведения костра.

3. Поиск очагов в природных экосистемах проводится при визуальном осмотре местности, а также при помощи инфракрасной камеры проводится с целью:

– профилактики возникновения пожаров и дальнейшего распространения огня, если пожар уже начался;

– планированием безопасных маршрутов для перемещения пожарных и спасательных расчетов;

– поиск и спасение, координация действий, направленных на помощь пострадавшим.

4. Проведение профилактической и агитационной работы с населением возле водоемов, рыбаков, находящихся на тонком льду, распространение листовок методом сброса их с автоматического сброса. На БЛА записывается специальное сообщение, которое потом воспроизводится, благодаря громкоговорителю.



a – комплект в сборе *б* – содержание комплекта

Рисунок 1 – Комплект спасаемого на воде

Приобретение и закрепление операторами навыков работы на БЛА достигается не только обучением на специальных курсах, но и проведением международных соревнований на лучший оператор БЛА с учетом нормативных документов [1, 2].



Рисунок 2 – участие в судействе И. И. Коваленко на международных соревнованиях на звание лучший оператор БЛА, г. п. Светлая Роща, 2023

Такие соревнования включают в себя не один этап, на которых отрабатываются все актуальные задачи для спасения людей. По окончании соревнований не только выявляются сильнейшие, но и разбираются достоинства и недостатки используемых в соревнованиях моделей БЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Об утверждении Авиационных правил организации и выполнения полетов государственных беспилотных летательных аппаратов Республики Беларусь : постановление Министерства обороны Республики Беларусь, 1 августа 2022 г., № 41. – Минск, 2022. – 20 с.
2. Руководство по порядку государственного учета и эксплуатации гражданских беспилотных летательных аппаратов : приказ Департамента по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, 04.10.2022, № 268. – Минск, 2022. – 18 с.

УДК 623.746.-519

И.С. Маркова

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

ОБ АВТОНОМНОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) нашли широкое применение в различных областях, включая военную, гражданскую и научно-исследовательскую сферы. Одной из ключевых технологий, которая делает БЛА более автономными и эффективными, является искусственный интеллект (ИИ). Текущие тенденции в области адаптивного управления постепенно смещаются в сторону разработки интеллектуальных систем для адаптации подходов, основанных на правилах или знаниях и даже на обучении, таких как системы нечеткой логики, нейронные сети, генетические алгоритмы и коллективный интеллект. Эти системы подходят для работы с очень сложной динамикой, где очень трудно получить точные математические модели. Другое преимущество заключается не только в их адаптивной природе, но и в их способности к самообучению [1].

Навигационные системы на основе ИИ способны оказывать помощь операторам в обработке полученной информации, верно оценивать обстановку и принимать решения,

а также «научить» БЛА самостоятельно оценивать ситуацию и организовывать управление группой при потере связи с оператором. В случае потери сигнала от центра управления среди высотных зданий или из-за радиоэлектронной атаки БЛА сможет обеспечить свою автономность, выполнить задачу и вернуться. А также осуществлять определения местоположения БЛА в условиях подавления его бортовых навигационных систем или подмены координат помехой типа «спуфинг».

Несмотря на все преимущества автономного функционирования БЛА с использованием ИИ, остаются некоторые проблемы. Одной из главных проблем является возможность злоумышленников взломать системы управления БЛА и использовать его для незаконных действий. Еще одной проблемой являются этические вопросы, связанные с принятием автономными системами решений, которые могут привести к потенциально опасным ситуациям. Однако автономное функционирование БЛА с использованием ИИ позволяет повысить эффективность и безопасность авиационных операций.

В настоящее время ИИ не полноценный заменитель человеческого мышления, а помощник, его цель предотвращение человеческих жертв и удешевление процессов. На сегодняшний день БЛА в полной мере не научились действовать без подсказок человека, но все чаще оператор только наблюдает за выполнением и контролирует выполнение поставленных задач [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Santoso, F. State-of-the-Art Intelligent Flight Control Systems in Unmanned Aerial Vehicles / F. Santoso, Matthew A. Garratt, and Sreenatha G. Anavatti // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. – 2021. – 12 February.
2. Долгов, Е. Н. Искусственный интеллект для управления летательными аппаратами / Е. Н. Долгов // Молодой ученый. – 2021. – № 16 (358). – С. 81–86.

УДК 004.94

И.С. Новичихин, А.В. Сухопечев, А.А. Аверин

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

ЭЛЕКТРОННЫЙ ОБУЧАЮЩИЙ КОМПЛЕКС «БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ «ОРИОН»

В настоящее время возникают сложности в восприятии информации при изучении конструкции авиационной техники. С развитием современных информационных технологий появилась возможность визуализировать любой элемент воздушного судна. Все элементы, узлы, агрегаты и протекающие в них процессы могут быть представлены в виде визуальной модели. По итогу вышперечисленного становится ясным, что данная технология без материальных и финансовых затрат дает возможность наглядно представить процессы, протекающие внутри систем для более легкого понимания принципов их функционирования.

Одним из важных вопросов в системе образования является внедрение в учебный процесс электронных обучающих средств. С их использованием появляется возможность к восприятию большого объема информации, появляется доступность в изучении конструкции и принципов работы различных систем. На рисунке представлена flash модель беспилотного летательного аппарата (БПЛА) «Орион» [1].

Используя эту модель, обучаемый может изучить конструкцию агрегатов и принципы работы всех систем БПЛА [2]. При наведении курсора «мыши» на различные элементы БПЛА на экране появляется соответствующее название.

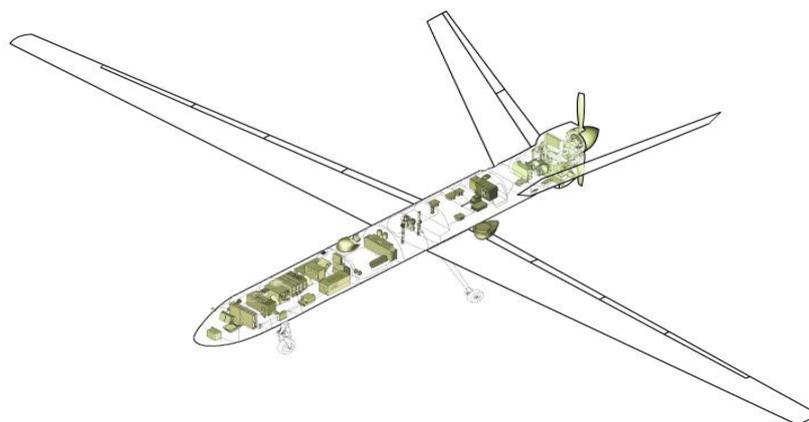


Рисунок – Беспилотный летательный аппарат «Орион»

Разработанный электронный комплекс содержит данные о различных системах БПЛА, их состав и принципы работы. Также данный комплекс может быть использован для проведения практических и лабораторных работ в образовательных учреждениях.

Таким образом, разработанный электронный обучающий комплекс является удобным для изучения принципов работы и конструкции, как отдельных агрегатов, так и всех систем БПЛА в целом.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. 100% самоучитель macromedia Flash MX : учебное пособие / под ред. Б. Г. Жадаева. – М. : ТЕХНОЛОДЖИ-3000, 2005. – 544 с.
2. Беспилотный летательный аппарат. Руководство по технической эксплуатации. – М., 2019. – Кн. 1 : Описание. – 24 с.

УДК 351.814

В.В. Медведев, И.В. Рожков

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ С УЧЕТОМ ПЕРЕРЫВОВ ИНФОРМАЦИИ

Анализ существующих тенденций развития систем вооружения показывает, что в настоящее время приоритетным направлением является создание высокоточного оружия, обеспечивающего эффективное поражение целей в сложной помеховой обстановке. К таким образцам вооружения относятся управляемые ракеты класса «Земля-Земля» с инерциально-спутниковой навигационной системой (ИСНС) и беспилотные авиационные комплексы (БАК) различного назначения. Точность определения навигационных параметров с помощью таких систем является решающим фактором, определяющим качество работы системы навигации в целом. К решению задач позиционирования, определения ориентации и целеуказаний предъявляются высокие требования, которые определяют состав и структуру комплексной ИСНС [1]. Основными факторами, которыми определяется выбор структуры, и состав такой системы является необходимая точность определения навигационных параметров при условии воздействия на спутниковый приемник потребителей информации средств радиоэлектронной борьбы (РЭБ). Исследование путей повышения точностных характеристик

характеристик таких систем в условиях радиоэлектронного противодействия является актуальной научно-технической задачей.

В ИСНС коррекция бесплатформенной инерциальной навигационной системы (БИНС) осуществляется алгоритмически с использованием информации от спутниковой радионавигационной системы (СРНС) [2].

Алгоритмы фильтрации строятся на основе фильтра Калмана [4, 5, 8]. В докладе рассмотрены два режима работы навигационных комплексов (режим комплексирования БИНС и СРНС и режим автономной работы БИНС). Исходя из особенностей работы системы в условиях радиоэлектронного противодействия следует отметить, что алгоритм фильтрации представляет собой динамическую систему со случайно изменяющейся структурой и наблюдаемыми моментами переходов.

Основой любого алгоритма оценивания являются математические модели системы и измерений. В наибольшей степени разработаны способы построения алгоритмов фильтрации для линейных моделей, поэтому предлагается рассматривать модель в вариациях [7]. В этом случае корректным является использование теории линейной фильтрации.

В докладе проведен анализ и рассмотрены структурные схемы комплексирования БИНС и СРНС. Наибольшее распространение в связи с простотой и надежностью получила слабосвязанная схема. В такой системе БИНС и СРНС вырабатывают независимые решения, однако между ними есть связующий блок, в котором фильтр Калмана на основе данных приемника СРНС формирует оценку вектора ошибок, в результате чего производится коррекция данных, полученных от БИНС [7]. Структурная схема комплексирования БИНС и СРНС представлена на рисунке 1.

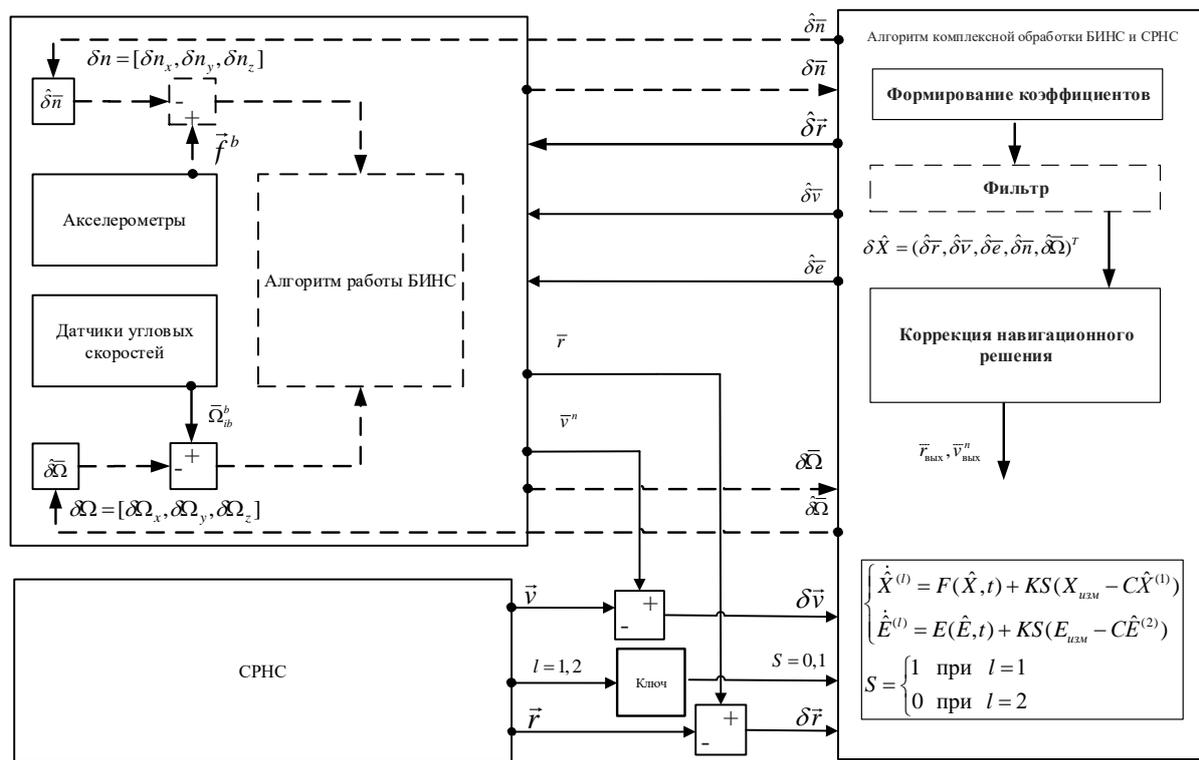


Рисунок – Структурная схема комплексирования БИНС и СРНС

Имея информацию о статусе приемника спутниковых сигналов $S = 0; 1$ (0 – подавлен, 1 – не подавлен), мы можем с помощью переключения структуры работы комплексного измерителя зафиксировать момент воздействия средств РЭБ на приемник спутниковых сигналов [6]. В связи с этим модель, описывающая динамику изменения $l = 1; 2$ структуры комплексного навигационного алгоритма (l – режим комплексирования БИНС и СРНС,

2 – автономная работа БИНС), рассматривается в теории стохастических систем со случайно изменяющейся структурой как система с наблюдаемыми моментами переключения [5]. В такой системе значение индекса структуры (I) достоверно известно. В комплексном навигационном измерителе состояние приемника СРНС определяется состоянием обнаружителя сигналов. Если спутниковый приемник подавлен, то фильтр Калмана работает в режиме экстраполяции ошибок первичных датчиков, которые используются для компенсации в алгоритме БИНС [3].

Представленная в докладе система уравнений состояния для фильтра Калмана составлена как система уравнений в вариациях. Достоинством такого подхода является использование линейного нестационарного фильтра Калмана, в котором коэффициенты фильтра не зависят от фазовых координат и вычисляются до интегрирования основных уравнений фильтрации. Использование этих оценок для коррекции сигналов акселерометров и гироскопов позволит повысить заданные дальности пуска при сохранении требуемой точности наведения в условиях радиоэлектронного противодействия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вовасов, В. Е. Комплексование радиотехнических систем управления с другими информационными датчиками : учебное пособие для вузов / В. Е. Вовасов, С. А. Герко. – М. : Горячая линия. – Телеком, 2021. – 242 с. : ил.

2. Управление и наведение беспилотных маневренных летательных аппаратов на основе современных информационных технологий / под ред. М. Н. Красильщикова, Г. Г. Серебрякова. – М., 2005. – 280 с.

3. Малкин, В. А. Оценка влияния ошибок БИНС на точность наведения управляемого реактивного снаряда методом имитационного моделирования / В. А. Малкин, П. В. Иванишин, А. Я. Сенько // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2020. – № 2. – С. 55–66.

4. Казаков, И. Е. Оптимизация динамических систем случайной структуры / И. Е. Казаков, В. М. Артемьев. – М. : Наука : Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 384 с.

5. Бухалев, В. А. Распознавание, оценивание и управление в системах со случайной скачкообразной структурой / В. А. Бухалев. – М. : Наука : Физматлит, 1996. – 287 с.

6. Медведев, В. В. Оценка зоны радиоэлектронного подавления спутникового приемника управляемого реактивного снаряда активными маскирующими помехами / В. В. Медведев, В. А. Малкин // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2022. – № 4. – С. 95–103.

7. Медведев, В. В. Модель комплексной навигационной системы УРС с учетом воздействия шумовых помех / В. В. Медведев, В. В. Нечаев, В. А. Малкин // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2023. – № 2. – С. 95–103.

8. Казаков, И. Е. Анализ систем случайной структуры / И. Е. Казаков, В. М. Артемьев, В. А. Бухалев. – М. : Наука, 1993. – 355 с.

УДК 519.2

В.В. Цыбулько, А.И. Федоров

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЛА

Современные локальные конфликты и войны в любой точке мира и любого масштаба не обходятся без массового применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

БЛА доказали свою способность значительно эффективнее вести воздушную разведку, чем пилотируемые средства, и выполнять другие задачи боевого обеспечения, в том числе и задачи по нанесению ударов по объектам противоборствующей стороны. БЛА наводят на цель артиллерию, корректируют огонь, передают разведывательные данные на пункты управления или в подразделения, которые выполняют боевую задачу. То есть БЛА

стали серьезнейшим средством борьбы, которым необходимо оказать эффективное противодействие.

Какие же способы противодействия БЛА, на данном этапе необходимо рассматривать, без углубления в их практическую плоскость реализации.

Во-первых, это взлом БЛА. БЛА управляются дистанционно. Оператор БЛА может находиться за тысячи километров на наземном пункте управления. Он управляет БЛА через спутниковый канал передачи данных. Заглушив или перехватив канал управления, можно вмешаться в управление БЛА. Но при этом следует отметить, что канал управления может быть закодирован, но все же в большинстве БЛА кодирование не используется.

Во-вторых, это перехват. При этом эффективный, но более сложный метод перехвата заключается в использовании антенн спутниковой связи, ТВ-тюнера или программы Skygrabber, позволяющих перехватить частоты, используемые для передачи данных БЛА. Могут быть перехвачены как данные, отправляемые со спутника на БЛА, так и идущие в обратном направлении.

В-третьих, это радиоэлектронная борьба с БЛА. В первую очередь путем постановки помех в контур управления БЛА. При постановке помех на частотах, применяемых для управления БЛА, будет утеряна обратная связь с его оператором.

С помощью фотоэлектрических средств противодействия, информационных помех и других технологий системы управления и связи БЛА выводятся из строя, что делает его неспособным нормально выполнять задачи.

В-четвертых, это имитация (подделка) сигналов GPS. Портативные GPS-передатчики могут посылать ложные GPS-сигналы и нарушить систему навигации БЛА. Это можно использовать для перенаправления БЛА по траектории, на которой он разобьется или даже для перехвата и посадки его на нужной взлетно-посадочной полосе или участке местности.

В-пятых, это ослепление БЛА. Ослепить поисково-разведывательную аппаратуру (теле- и ИК-камеры) БЛА можно при помощи лазера в некоторых случаях даже не промышленной мощности.

Преимущества лазерного оружия заключаются в его высокой скорости, высокой точности и низкой стоимости. Некоторые военные специалисты считают, что лучшим средством борьбы с малоразмерными БЛА является именно лазерное оружие.

В-шестых, это электромагнитное излучение.

Непосредственно излучаемые мощные микроволновые лучи могут напрямую атаковать электронные системы БЛА, выводя из строя или повреждая их, причем могут одновременно повреждать несколько целей с высокой скоростью и большой площадью поражения [1].

В Российской Федерации, для Вооруженных сил рассматривается возможность создания электромагнитной гранаты, при подрыве которой выходит из строя вся электронная начинка вооружения в определенном радиусе, что может, конечно же, и повредить аппаратуру БЛА.

В-седьмых, это, самый эффективный метод противодействия БЛА – его поражение. Конечно же, наилучший вариант – это применение широкого спектра зенитных ракетных (зенитных пушечно-ракетных, зенитных артиллерийских) комплексов, стоящих на вооружении в Вооруженных силах.

При этом против малых БЛА, применяемых на небольшой высоте, прекрасно зарекомендовали себя способы ведения заградительного огня из обычного стрелкового оружия, крупнокалиберных пулеметов типа «Утес», «Корд», ДШК, КПВТ [2].

На сегодняшний день ни одни Вооруженные силы не способны в полном объеме противостоять спланированным и качественно организованным действиям БЛА, поэтому организации борьбы с БЛА должна носить комплексный характер, сочетать в борьбе с ними различные способы противодействия. Только при комплексном использовании сил и средств борьбы с ними можно на порядок снизить их эффективность применения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Интернет-журнал «Военно-политическая аналитика» [Электронный ресурс] : Владимир Прохвятилов. Способы борьбы с беспилотниками: вызовы и ответы. 16.04.2023. – Режим доступа: <https://vpoanalytics.com/2023/04/16/sposoby-borby-s-bespilotnikami-vyzovy-i-otvety/>. – Дата доступа: 25.09.2023.
2. Livejournal [Электронный ресурс]: И. Мельник. Беспилотники: способы маскировки и противодействия. 28.07.2022. – Режим доступа: <https://pereklichka.livejournal.com/946769.html>. – Дата доступа: 26.09.2023.

УДК 614.8

В.В. Панасюк, В.В. Копытков

Университет гражданской защиты МЧС Беларуси

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ВОЗГОРАНИЙ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ

Практика подготовки и проведения мероприятий по предупреждению чрезвычайных ситуаций (ЧС), ликвидации последствий стихийных бедствий, техногенных катастроф последних десятилетий доказывает возрастающую роль роботизированных комплексов в развитии системы МЧС. В последнее время успешно используются беспилотные авиационные системы (БАС) для тушения пожаров в зданиях повышенной этажности. К недостаткам использования обычной высокоэтажной техники (автолестницы, коленчатые подъемники) при ликвидации подобных ЧС являются:

- загроможденность дворовых территорий транспортом жильцов близлежащих домов и, как следствие, невозможность подъезда пожарной техники на требуемое расстояние от дома;
- одним из условий ввода в эксплуатацию здания повышенной этажности является наличие техники МЧС способной подать огнетушащие вещества на верхний этаж здания;
- высокой стоимостью и обслуживания подобной техники.

Существует большое разнообразие беспилотных воздушных судов (БВС). По конструкции и способу полета они бывают самолетного, вертолетного или комбинированного типа. Также беспилотники подразделяются по типу двигателя, дальности применения и взлетной массе. На них может устанавливаться различное оборудование (целевая нагрузка): фото-видеоаппаратура, GPS-модули, тепловизоры, приборы ночного видения, приборы радиационного и химического анализа, речевые и радио ретрансляторы и т. д. [1]. В зависимости от этих характеристик определяются возможности применения беспилотных воздушных судов для выполнения различных авиационных задач. Основные усилия разработчиков БАС, наряду с совершенствованием аэродинамической компоновки и снижения массогабаритных характеристик БВС, направлены на создание оптико-электронной бортовой аппаратуры много- и гиперспектральной съемки, радиолокационного поиска и обнаружения, а также новых алгоритмов обработки данных для автоматического распознавания объектов и получения их интегральных изображений, в том числе создание 3-мерных моделей местности.

Хоть и по непродолжительному времени применения БАС в МЧС, но уже можно сделать вывод, что они являются одним из самых эффективных инструментов дистанционной разведки, используются для получения объективной информации в реальном масштабе времени, и позволяют грамотно организовывать мероприятия по предупреждению и ликвидации последствий ЧС, оперативно реагировать на изменения обстановки, что в конечном результате отражается на эффективности, качестве и своевременности выполнения подразделениями МЧС поставленных задач.

На сегодняшний день можно в отдельный класс модно выделить пожарные БАС, в частности фирмы EHang [2]. Такие БАС могут работать в автономном режиме и подниматься на высоту до 600 метров. Дальность действия БАС составляет до 5 км.

Такие БАС способны с помощью лазерного указателя разбить окно и начать тушение пожара пятью огнетушащими снарядами и 150 литрами специальной пены. По заверениям разработчика, этого достаточно для одной стандартной квартиры.

Таким образом, с учетом навыков практического применения при предупреждении ЧС и ликвидации их последствий, методы и тактические способы использования БАС будут совершенствоваться, а спектр сфер использования расширяться. Достижение обозначенных целей обеспечивается выполнением следующих задач [3]:

- оснащением сил МЧС перспективными БАС различного целевого назначения для обеспечения и поддержки аварийноспасательных операций, в том числе позволяющими решать задачи проведения комплексной воздушной разведки зон ЧС, выполнять полеты в условиях радиоактивного загрязнения и химического заражения, а также при низких температурах;

- разработкой тактических приемов и способов использования БАС применительно к различным условиям проведения спасательных операций во взаимодействии с основными силами МЧС, а также силами территориальных и функциональных подсистем единой государственной системы предупреждения и ликвидации ЧС;

- организацией в образовательных учреждениях МЧС подготовки и повышения квалификации специалистов в области применения БАС в соответствии с необходимой потребностью.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Беспилотные авиационные системы на страже России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lib.secuteck.ru/articles2/all-over-ip/bespilotnye-aviatsionnye-sistemy-na-strazhe-rossii>. – Дата доступа: 22.10.2023.

2. Беспилотные летательные аппараты в МЧС России. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://petrozavodsk.bezformata.com/listnews/bespilotnie-letatelnie-apparati-v-mchs/99282620/>. – Дата доступа: 22.10.2023.

УДК 519.85

П.И. Савёлов

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

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) в современном мире имеет широкий спектр приложений и охватывает различные сферы деятельности. Но основное их применение – это удаленное визуальное наблюдение при помощи оптикоэлектронных систем (ОЭС). Оптические модули играют важную роль в получении четких и информативных данных во время эксплуатации БПЛА. Однако, они подвержены влиянию вибраций, ошибок операторного управления БПЛА [1] и других факторов, что может снижать качество изображения и точность данных.

Целью работы является определение основных проблем по реализации систем стабилизации оптических модулей беспилотного летательного аппарата. Для уменьшения негативных факторов, влияющих на качество получаемого изображения, были определены требования, технические решения и алгоритмы систем стабилизации оптических модулей.

Выявлены основные проблемы и современные технические решения при проектировании ОЭС, разработана твердотельная модель ОЭС (рисунок).



Рисунок – Твердотельная модель оптоэлектронной системы

При разработке модели применялся современный подход проектирования, который является модельно-ориентированным, т. е. конструирование и выработка технических решений проводится на основании разработанных твердотельных моделей деталей, узлов и аппарата в целом [2]. Разработка проводилась с учетом влияния окружающей среды при эксплуатации БПЛА, оптимизация компоновки и расчеты проводились при помощи компьютерного моделирования методом конечных объемов [3, 4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лобатый, А. А. Особенности моделирования операторного управления беспилотным летательным аппаратом и его целевой нагрузкой / А. А. Лобатый, Гу Пэнхао, П. И. Савёлов // Системный анализ и прикладная информатика. – 2022. – № 4 – С. 24–28.
2. Савёлов, П. И. Применение современных САПР в электронном приборостроении / П. И. Савёлов, А. С. Довнар, Е. А. Плытник, // Приборостроение – 2019: материалы 12-й Международной научно-технической конференции. – Минск, 2019 – С. 73–75.
3. Савёлов, П. И. Оптимизация компоновки блока автоматизированного управления / П. И. Савёлов, Ю. Е. Лившиц // Инновационные технологии, автоматизация и мехатроника в машино- и приборостроении: материалы VIII международной научно-практической конференции. – Минск, 2020. – С. 67–69.
4. Савёлов, П. И. Компьютерное моделирование теплообмена в электронной аппаратуре / П. И. Савёлов, Ю. Е. Лившиц // Актуальные проблемы и пути развития энергетики, техники и технологии: сборник трудов VI Международной научно-практической конференции – М. : НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. – Т. I. – С. 233–237.

УДК 629.7.036

Ю.И. Семак, А.В. Амброжевич

РУП «НПЦ многофункциональных беспилотных комплексов» НАН Беларуси

О КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОМ ДВИГАТЕЛЕ

Практический опыт проектирования пульсирующих воздушно-реактивных двигателей (ПуВРД) [1–4] указывает на то, что доля работ по их натурной доводке намного превышает вклад в создание силовой установки от расчетных работ. Данное обстоятельство обуславливает увеличение продолжительности и стоимости стадии «Разработка» жизненного цикла

беспилотного летательного аппарата (БЛА). Проведение моделирования рабочих процессов в ПуВРД в рамках первоначальных стадий жизненного цикла двигателя предоставляет возможность сократить объем работ, продолжительность и затраты на экспериментальную доводку силовой установки БЛА на основе ПУВРД и тем самым повысить эффективность разработки.

Горение топливовоздушной смеси (ТВС) в ПуВРД является одним из основных процессов, определяющих качество его работы, в том числе тягу, удельный расход топлива, долговечность, а также показатели экологичности. В подготовленной ТВС реакция горения может происходить во всем объеме, заполненном горючей смесью (объемное горение) или в узкой зоне (фронт пламени), разделяющей исходную смесь и продукты сгорания (ПС) и распространяющейся в виде волны горения. Основные компоненты ПС – углекислый газ и вода. Горючее (бензин АИ-92 или газ пропан) может подаваться в камеру сгорания (КС) в жидком или газообразном состоянии. В ПуВРД с аэродинамическим клапаном реальный термодинамический цикл работы описывается модифицированным циклом Ленуара при условии, что процесс подвода теплоты носит «квазиизохорный» характер из-за неполного заполнения КС и конечного времени сгорания ТВС.

Известно, что пульсационные физико-химические процессы в ПуВРД носят нелинейный и нестационарный характер. Однако, рабочий процесс ПуВРД возможно декомпозировать на три взаимодействующих основных процесса: газодинамический, горения и акустический. Газодинамический и акустический процессы рассматриваются как единый волновой процесс. Для моделирования рабочих процессов была разработана технология опережающих численных исследований БЛА с бесклапанным ПуВРД. По результатам моделирования можно выделить следующие этапы работы бесклапанного ПуВРД:

- «сжатия»;
- расширения ПС;
- понижения давления в КС;
- наполнения ТВС;

Также, предлагается практически пригодная математическая модель качества работы ПуВРД на основе известной эмпирической формулы Вибе И.И. Данный подход позволяет применить способ расчета скорости сгорания ТВС без использования величины линейной скорости пламени. В основе предлагаемого способа лежит гипотеза о том, что дефлаграционное горение ТВС в ПуВРД является одним из основных процессов, определяющих качество его работы, в том числе тягу, удельный расход топлива, долговечность и экологичность.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Семак, Ю. И. Математическая модель компактного низкоресурсного пульсирующего воздушно-реактивного двигателя / Ю. Ф. Яцына, Ю. Ф. Семак, М.Г. Дзагидзе // Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации : материалы XII Международной научно-практической конференции авиационного факультета УО «Военная академия Республики Беларусь», Минск, 19.05.2022. – Минск, 2022. – С. 32–38.
2. Мигалин, К. В. Стволовые и эжекторные пульсирующие воздушно-реактивные двигатели : монография / К. В. Мигалин, А. И. Сиденко, К. К. Мигалин // Тольяттинский государственный университет. – Тольятти : ТГУ, 2017. – 266 с.
3. Побежимов, В. Н. Моделирование рабочего процесса, пульсирующего ВРД с аэродинамическим клапаном на основе анализа термодинамического цикла / В. Н. Побежимов // Авиационная техника. – 2007. – № 1. – С. 40–48.
4. Сейфетдинов, Р. Б. Рабочий процесс пульсирующих воздушно-реактивных двигателей : методы моделирования / Р. Б. Сейфутдинов. – Самара : LAP LAMBERT Academic Publishing GmbH & Co.KG, 2011. – 116 с.
5. Амброжевич, А. В. Комплексная математическая модель ПуВРД / А. В. Амброжевич // Радиоэлектронные и компьютерные системы : научно-технический журнал. – 2004. – № 4. – С. 118–121.

УДК 629.76.05

А.В. Петухов, М.А. Калинин, Е.А. Верютин

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

ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТ ПО ПОДГОТОВКЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ К ПРИМЕНЕНИЮ

Успех боевых действий авиационных частей во многом определяется тем, насколько полно и качественно решает свои задачи инженерно-авиационная служба (ИАС). Одними из главных характеристик, определяющих боеготовность авиационной части (подразделения) является среднее время подготовки летательных аппаратов (ЛА) к применению, а также вероятность их подготовки в запланированный срок. В боевых условиях невыполнение такой задачи может привести к тяжелым последствиям, что определяет актуальность вопроса о надежности (реальности) составляемых технологических графиков подготовке ЛА к применению.

Нарушения реального времени работ, указанных в технологических графиках, вызываются непредвиденными, случайными причинами поэтому надежность планирования работ (заданий) целесообразно исследовать вероятностными методами. При этом целесообразно принимать во внимание не все случайные факторы, а лишь те из них, о которых составитель графиков имеет статистическую информацию. В большинстве случаев достаточно учитывать отдельные качества (свойства) исполнителей, объем работ и условия их выполнения.

При исследовании надежности планирования работ речь идет о своевременном выполнении определенных мероприятий с учетом некоторых случайных факторов. Необходимо оценить возможность выполнения этих мероприятий в течение заданного срока.

При выборе того или иного варианта технологического графика, составители руководствуются лишь удобством дальнейших математических преобразований и не рассматривают психофизиологической сущности процессов, а также уровень подготовки личного состава, выполняющего работы. Если при рассмотрении надежности технических устройств это объясняется применением различных распределений времени безотказной работы путем составления вероятностных моделей развития отказов, то для процессов выполнения работы людьми таких моделей нет. Все это существенно снижает возможность и ценность вероятностных исследований в области организации труда в том числе специалистами ИАС.

Изменить существующее положение можно лишь путем применения психофизиологических моделей случайных процессов выполнения работ с учетом уровня подготовки специалистов. Тогда можно объяснить причины появления различных распределений времени выполнения работ и выбрать типовые распределения.

Распределение времени выполнения системы работ можно определить аналитически или путем применения статистического моделирования. Для аналитического исследования надежности планирования систем работ возможно последовательно находить эквивалентные распределения времени выполнения отдельных участков этой системы. Однако этот метод применим не всегда, поскольку могут встречаться математические трудности (например, при учете корреляции между периодами выполнения работ). Поэтому аналитическое исследование целесообразно сочетать с моделированием.

При осуществлении моделирования воспроизводятся последовательные дискретные состояния, в которых оказывается исследуемая система. Такое моделирование удобно использовать при рассмотрении очень сложных систем работ, в которые редко вносятся изменения. Для рассмотрения систем работ целесообразно применять такой способ моделирования, который позволит рассмотреть коррелированные процессы выполнения работ, благодаря чему появится возможность учитывать влияние деятельности руководящего состава ИАС авиационной эскадрильи, организующих выполнение работ на АТ;

воспроизводить непрерывные процессы выполнения работ инженерно-технического состава (ИТС); учитывать некоторые психофизиологические особенности деятельности коллективов людей и уровень их подготовки.

Таким образом, необходимо создание методик, учитывающих:

1. Использование психофизиологической модели выполнения работ ИТС на АТ с учетом уровня подготовки специалистов.

2. Обеспечение простых и наглядных решений сложных вопросов, благодаря сочетанию аналитического метода с моделированием.

3. Использование минимальной информации о процессах выполнения работы людьми. Рассматривая подготовку ЛА к полетам, можно отметить, что каждая выполняемая для этого операция имеет определенный объем, который выражается в человеко-часах и т. д. Она выполняется одним или несколькими исполнителями, которые характеризуются производительностью труда, под которой понимается объем работ, выполненный в единицу времени.

Определение надежности планирования работы и системы работ состоит в вычислении функции своевременности. При исследовании рассматривается случайная величина T – время выполнения работ. За основную количественную меру надежности планирования работ примем вероятность $q(t)$ выполнения работы в течение заданного времени t в определенных условиях и получим функцию своевременности:

$$q(t) = P\{T < t\}. \quad (1)$$

Перечислим некоторые свойства $q(t)$:

- 1) $q(0) = 0$, то есть ни одну работу нельзя выполнять мгновенно;
- 2) $q(t)$ является непрерывной функцией времени t ;
- 3) при $q(t) \rightarrow 1$ при $t \rightarrow \infty$, то есть за бесконечное время любая работа может быть выполнена любым исполнителем.

Каждый специалист отличается друг от друга способностями, опытом и другими качествами. Поэтому различные исполнители обладают различной индивидуальной производительностью труда, которая колеблется в широких пределах.

Иногда исполнителям приходится сталкиваться с нарушениями привычного ритма деятельности и отдыха, что может привести к снижению их профессиональной работоспособности.

Основное влияние на производительность труда исполнителя в лице специалиста ИАС могут оказывать три фактора:

- плохое физическое самочувствие в следствии недостатка сна или других причин;
- большое нервное напряжение;
- большие физические усилия.

Многочисленными исследованиями [1] установлено, что обычно производительность труда распределена по нормальному (гауссовому) закону. Также процессы выполнения работы исполнителями можно условно изобразить на графике, по вертикальной оси которого отложен выполненный объем работ, по горизонтали оси – время. При этом процесс выполнения работы каждым конкретным исполнителем изобразится монотонной линией, проходящей через начало координат.

Для наугад выбранного исполнителя можно рассматривать случайный процесс выполнения работы $W(t)$ [2]. Все реализации этого случайного процесса монотонны и проходят через неслучайную точку (полнос) – начало координат $(0, 0)$. Если предположить, что производительность труда каждого исполнителя постоянна, то все реализации случайного процесса выполнения работы будут прямыми линиями. Назовем веерными случайные процессами такие нестационарные случайные процессы, все реализации которых являются прямыми, проходящими через неслучайную точку (полнос).

Таким образом, имеющийся в действительности случайный процесс выполнения работы аппроксимируется веерной случайной функцией времени следующего вида

$$W(t) = Bt, \quad (2)$$

где производительность труда B является случайной величиной распределения по нормальному закону. С помощью веерных случайных процессов описываются лишь главные линейные части процессов выполнения работ. На рисунке 1 пунктиром изображена возможная реализация случайного процесса выполнения работы при колебаниях производительности труда и сплошными линиями, аппроксимирующие реализацию веерного случайного процесса.

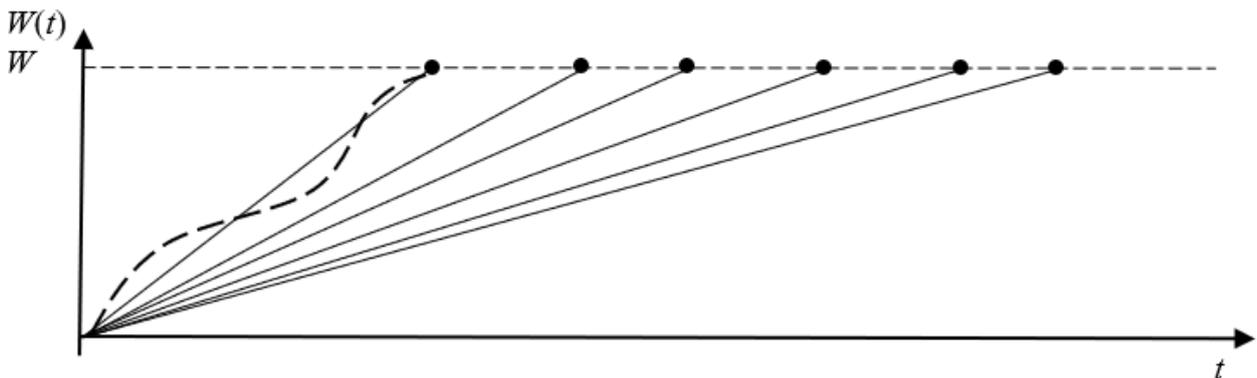


Рисунок – Реализация случайного процесса выполнения работ

Используя веерные случайные функции, можно полностью характеризовать случайный процесс выполнения работы двумя числовыми характеристиками: средним значением m_B и средним квадратичным отклонением σ_B производительности труда исполнителей. Математическое ожидание веерного случайного процесса:

$$m_W(t) = m_B t, \quad (3)$$

корреляционная функция:

$$K_W(t, t') = \sigma_B^2 t t' \quad (4)$$

и, соответственно, соотношение между средними квадратическими отклонениями

$$\sigma_W(t) = \sigma_B t. \quad (5)$$

Если рассматривать подготовку ЛА в целом по всем специальностям то, производительность труда в таком случае также можно считать постоянной за время выполнения работы. Аналогично одиночному исполнителю, производительность труда коллектива можно рассматривать как случайную величину.

Таким образом проведенная начальная оценка надежности планирования работ указывает на необходимость проведение дополнительных исследований распределения времени выплнения работ определенного (неслучайного) объема, а также распределения времени выполнения работ, объем которых является случайной величиной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теория статистики : учебник / под ред. Р. А. Шмойловой. – 5-е изд. – М. : Финансы и статистика, 2009. – 656 с. : ил.
2. Основы организации труда : учеб. пособие / А. А. Гершанок ; Перм. гос. нац. исслед. ун-т электрон. – Пермь, 2019. – 227 с.

УДК 623.746.4-519:355

С.В. Синявская, М.Д. Аскарбек

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ

Применение беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) – дронов в военных конфликтах имеет огромное значение и меняет ход современных боевых действий. Эти автономные дроны предоставляют армиям новые возможности в выполнении различных задач, которые раньше требовали присутствия пилотов на борту (рисунок) [1, 2, 3].



Рисунок – Беспилотные летательные аппараты – дроны

Одним из основных преимуществ использования БПЛА в военном конфликте является возможность проведения разведки и наблюдения. Беспилотные аппараты оснащены передовым оборудованием, включая камеры высокого разрешения, тепловизоры и другие сенсоры, что позволяет собирать ценную информацию о позициях противника, территории боевых действий и особенностях местности, что позволяет получить преимущество в планировании и выполнении тактических операций.

Еще одним важным применением БПЛА в военных конфликтах является выполнение огневой поддержки. Дроны могут быть оснащены различными видами вооружения, включая ракеты, бомбы и другие типы смертоносных снарядов. Благодаря своей маневренности и точности, БПЛА могут выполнять удары по противнику с минимальным риском для собственных войск [4].

БПЛА также могут использоваться для электронной разведки и борьбы. Они обладают возможностью перехватывать радиосигналы и анализировать электронный трафик противника, а также подавлять его связь и коммуникации. Это дает возможность получить ценную информацию о намерениях и действиях врага, а также ослабить его электронную оборону.

Беспилотные аппараты также могут выполнять задачи доставки грузов и медицинской помощи. Военные медицинские дроны обладают способностью быстро доставлять медицинское снаряжение, кровь и лекарства в отдаленные и недоступные места, где обычное средство доставки затруднено или невозможно [5, 6].

Использование БПЛА в военных конфликтах, вызывает этические и юридические вопросы. Создается опасность применения этих автономных систем в нарушение международного права, включая непропорциональное использование силы и получение значительного ущерба, включая гражданские жертвы, в связи с чем следует строгая регулировка и контроль применения БПЛА, чтобы минимизировать риски неправомерных действий [7].

Применение беспилотных летательных аппаратов в военных конфликтах является неотъемлемой частью современных стратегий и тактик. Они обладают высоким уровнем маневренности, точности и предоставляют армиям новые возможности для разведки, огневой поддержки и электронной войны [8, 9].

Следовательно, можем сделать вывод о необходимости учитывать этические и юридические вопросы и строго контролировать использование БПЛА в целях соблюдения международного права и минимизации гражданских потерь [10].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Василин, Н. Я. Беспилотные летательные аппараты / Н. Я. Василин. – Минск : ООО «Попурри», 2003. – 272 с. : ил.
2. Беспилотные летательные аппараты / С. М. Ганин [и др.]. – СПб. : Невский бастион, 1996. – 160 с.
3. Погорелов, В. И. Беспилотные летательные аппараты: нагрузки и нагрев : учеб. пособие / В. И. Погорелов. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Юрайт, 2020. – 191 с. – (Высшее образование).
4. Виды летательных аппаратов. Классификация летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avia.pro/blog/vidy-letatelnyh-apparatov-klassifikaciya-letatelnyh-apparatov>. – Дата доступа: 11.10.2023.
5. Классификация летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Новости деловой авиации. – Ницца, 2021. – Режим доступа: <https://aviav.ru/klassifikatsiya-letatelnyih-apparatov.html>. – Дата доступа: 11.10.2023.
6. Дрон дрону рознь: как поднять его в воздух, чтобы ничего не нарушить [Электронный ресурс] // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/novosti/obshchestvenno-politicheskie-i-v-oblasti-prava/2019/may/35343>. – Дата доступа: 11.10.2023.
7. Правила использования дронов в странах мира. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://digbox.ru/news/pravila-ispolzovaniya-dronov-v-stranakh-mira>. – Дата доступа: 12.10.2023.
8. Где и как можно летать за рубежом? [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://glazamidrona.ru/news/drone/gde-i-kak-mozhno-letat-za-rubezhom/>. – Дата доступа: 15.10.2023.
9. Виды летательных аппаратов. Классификация летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avia.pro/blog/vidy-letatelnyh-apparatov-klassifikaciya-letatelnyh-apparatov>. – Дата доступа: 16.10.2023.
10. Классификация летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Новости деловой авиации. – 2021. – Режим доступа: <https://aviav.ru/klassifikatsiya-letatelnyih-apparatov.html>. – Дата доступа: 16.10.2023.

УДК 629.7.05

Э.А. Смоленский, А.А. Шейников

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

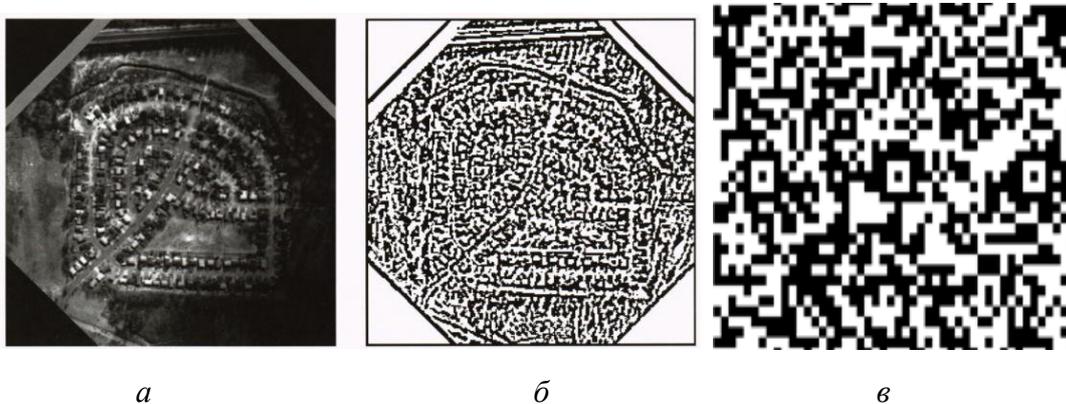
ОСОБЕННОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ВОЗДУШНЫХ БОЕВЫХ РОБОТОВ

Длительное и точное определение навигационных параметров воздушных боевых роботов (ВБР), к которым можно отнести беспилотные летательные аппараты (БЛА) и крылатые ракеты (КР), до недавнего времени было невозможным без использования сигналов спутниковых радионавигационных систем (СРНС). Однако в настоящее время, как показывает анализ современных военных конфликтов, средства радиоэлектронной борьбы позволяют «перехватывать» управление ВБР, зависимое от внешних радиосигналов позиционирования, или, по крайней мере, подавлять такие сигналы. Поэтому актуальной становится задача разработки систем автономной навигации, не требующих для обеспечения движения по заданному маршруту сигналов коррекции от СРНС. Что касается автономных бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС) (базовых элементов навигационных комплексов ВБР), то они без периодической коррекции от СРНС с течением времени достаточно быстро накапливают ошибку счисления координат из-за значительного дрейфа акселерометров и гироскопов. В таких условиях альтернативой СРНС могут стать автономные корреляционно-экстремальные навигационные системы (КЭНС), тем более что примеры их использования существуют уже с 70-х годов прошлого века. В таблице представлено описание известных КЭНС, используемых в конструкции современных ВБР.

Таблица – Описание известных КЭНС, используемых в конструкции современных ВБР

Тип КЭНС	ВБР	Характеристики БР	Описание метода навигации
TERCOM (Terrain Contour Matching)	Американская КР морского базирования «Tomahawk»	Дальность полета: до 1600 км Вероятное отклонение: 5–10 м	Сравнение текущих радиолокационных изображений (РЛИ), представляющих собой контурные карты местности с усредненными дискретными элементами, полученных с бортового радиовысотомера, с предварительно загруженными эталонными РЛИ на основе методов корреляционного анализа
DSMAC (Digital Scene Matching Area Correlator)			Сопоставление текущих изображений (ТИ) местности, полученных с бортовой комбинированной камеры оптического и инфракрасного диапазонов, с предварительно загруженными эталонными изображениями (ЭИ). Поиск уникальных (по цвету, яркости и т. д.) точек и контуров на сопоставляемых изображениях и их корреляционный анализ
TERPROM (Terrain Profile Matching)	Англо- французская КР воздушного базирования «Storm Shadow»	Дальность полета: до 250 км Вероятное отклонение: 5–7 м	Сопоставление числовых данных, отражающих профиль местности и расстояния до объектов, полученных с бортового радара или лидара, с предварительно загруженными в бортовой компьютер данными. Система осуществляет поиск уникальных точек и контуров (выделяющихся по высоте на фоне среднего уровня местности), которые можно использовать для сопоставления на основе методов корреляционного анализа
	Российская КР морского базирования «Калибр»	Дальность полета: до 2600 км Вероятное отклонение: 4 м	
Комбини- рованная с элемен- тами искус- ственного интеллекта	Российский БЛА ZALA 421-16E5G	Дальность полета: до 150 км Вероятное отклонение: 2–5 м	Дешифровка подстилающей поверхности на последовательности цифровых изображений от бортовой системы технического зрения (HD телевизор и 60-кратная FullHD видеокамера) с автоматическим распознаванием наземных объектов на основе искусственного интеллекта. Точную работу системы в режиме реального времени обеспечивают двойной радиодальномер и мощный бортовой вычислитель

Максимальная точность КЭНС достигается в основном над уникальной, контрастной по текстуре (для DSMAC) профилю высот рельефа (для TERCOM) и профилю высот местности (для TERPROM) местностью. Поэтому маршрут КР выбирается исходя из наличия контрастных участков местности в пунктах коррекции бортовой БИНС. Так, во время операции «Буря в пустыне» (Ирак, 1991 г.) в качестве таких привязок использовались развязки шоссе дорог. В свою очередь противоборствующая сторона предусмотрительно разместила на этих развязках зенитные батареи, что позволило сбить несколько КР «Tomahawk». Новые КР, оснащенные системой DSMAC (для поддержки системы TERCOM на сложных участках маршрута), несмотря на их теоретическую устойчивость к ухудшению видимости, туману и дыму, для повышения эффективности боевого применения дополнительно снабжались лампами-вспышками. К слову, старая корректируемая инерциальная навигационная система с механически стабилизируемой платформой обеспечивала достаточно продолжительный полет КР без коррекции по рельефу около 30 км, но весит при этом около 10–15 кг. Говоря, о системе TERCOM еще можно отметить, что в бортовую память там закладывалось не «изображение цели», а «изображение района цели» (своеобразный QR-код участка местности, где находится цель) (рисунок 1).



а – исходное ТИ (TERCOM); *б* – обработанное в бортовом компьютере ТИ (TERCOM); *в* – QR-код

Рисунок 1 – Примеры контурных изображений, приспособленных для идентификации

Такие изображения получаются путем усреднения и перевода в двоичную форму пониженного разрешения. Затем процессор КР сопоставляет полученную оцифровку кадра с хранящейся в его памяти картой района цели. Два набора данных подвергаются корреляционному анализу. Одиночная привязка к местности, разумеется, не позволяет точно установить положение КР. Поэтому ее КЭНС сопоставляет пики корреляции, полученные на трех последовательных кадрах. Если хотя бы два из трех кадров удастся соотнести с относительным положением, то система считает привязку к местности истинной и, опираясь на нее, выдает навигационное решение для автопилота КР. Таким образом, можно заключить, что КЭНС вообще не видит цель и это совершенно не сказывается на точности воздушной навигации (ВН). Вместо этого осуществляется ковровое совмещение изображений, при котором маскировка цели совершенно бесполезна, поскольку нельзя угадать, какие именно опорные точки (ОТ) выберут при установке полетного задания. Следует отметить, что интеллектуальное распознавание ОТ (КЭНС ZALA 421-16E5G) требует наличия на борту достаточно дорогого оборудования. Кроме этого, известно, что новые модификации систем DSMAC используют в качестве эталонных не изображения местности, а цифровые модели местности (ЦММ). Современный тренд – это оцифровка территории для целей создания геоинформационных систем. Данные цифрового сканирования целесообразно использовать для навигации ВБР. Причем предлагается пристальнее присмотреться к трехмерным ЦММ. Современные технологии позволяют производить трехмерную реконструкцию участков

местности по последовательности ее плоских цифровых изображений (ЦИ) [1]. Причем не обязательно обеспечивать сверхвысокую точность составления трехмерной ЦММ и результатов ее реконструкции. Так, в свежих научных публикациях показано, что для этих целей достаточен второй уровень детализации LoD2 (Level of Detail) [2]. Таким образом, предлагаемый авторами подход к построению КЭНС базируется на современных принципах трехмерной реконструкции и заключается в следующем: получение трехмерной ЦММ любым доступным способом (по стереопарам с БЛА или спутника); восстановление текущей трехмерной ЦММ по набору текущих кадров; программное совмещение этих ЦММ; поиск экстремума корреляционной функции; привязка к местности и расчет местоположения ВБР. На рисунке 2 представлены, полученные в результате исследований, текущая и эталонная стереопары одного и того же участка местности, сделанные с БЛА и со спутников соответственно. Причем спутниковые снимки получены намного раньше кадров, сделанных с борта БЛА. Однако все равно из графика видна корреляционная зависимость между, соответствующими этим стереопарам, картами диспаратности (КД) (картами распределения высот на сцене), что подтверждает целесообразность использования трехмерных ЦММ для целей ВН.

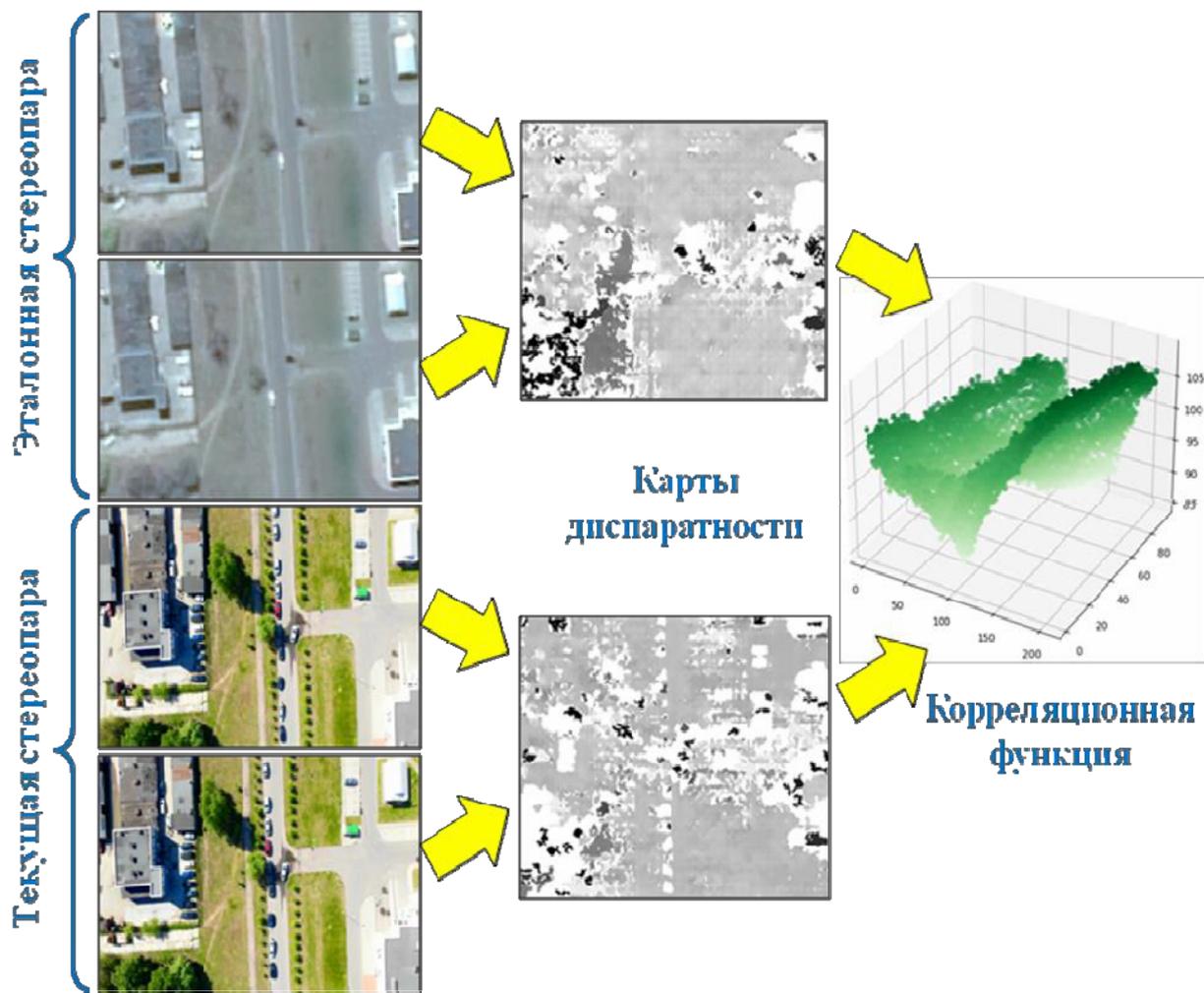


Рисунок 2 – Корреляционная обработка текущей и эталонной КД

Видно, что КД достаточно хорошо и устойчиво отражают трехмерные элементы участков местности и вполне могут выступить в качестве своеобразных QR-кодов районов с наземными навигационными ориентирами. Можно также заключить, что КД слабо чувствительны ко времени их получения. Кроме этого, можно предположить, что они будут слабо чувствительны и к теням, являющимся одной из важнейших проблем, препятствующих

распознаванию и идентификации объектов на ЦИ оптического диапазона. Таким образом, представленный подход является перспективным для легких тактических БЛА, где масса и стоимость бортового оборудования имеют определяющее значение.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Латкин, В. А. Трехмерное картографирование местности / В. А. Латкин // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 2. – С. 133–146.
2. Тужилкин, А. Ю. Распознавание и реконструкция 3D-объектов по спутниковым изображениям на основе сравнения спектров графов / А. Ю. Тужилкин // Фундаментальные исследования. – 2015. – № 2. – С. 3727–3732.

УДК 623.746

Е.В. Снитков

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

ОБ ОБОСНОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА НАЗЕМНОГО ПУНКТА УПРАВЛЕНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫМ БЛА

Беспилотные авиационные комплексы (БАК) специального назначения, включающие в себя малые беспилотные летательные аппараты (БЛА) взлетной массой до 3,5 кг и радиусом действия до 10 км (ближней тактической зоны) широко используются подразделениями тактического звена для ведения оптической, инфракрасной (тепловой) и акустической разведки, осуществления целеуказания, в качестве ударных БЛА, для осуществления радиомониторинга, радиоконтроля, радиоэлектронной борьбы, в качестве ретрансляторов радиосвязи и для решения ряда других специфических задач [1, 2, 3].

Преимуществами малых БЛА являются: способность летать на низких и средних высотах; легковесность конструкции за счет их изготовления из полимерных композиционных материалов; низкий уровень шума за счет применения бесколлекторных электрических двигателей постоянного тока, питающихся от аккумуляторных батарей; низкая радиолокационная заметность; простота управления. Однако в силу особенностей конструкции таких БЛА они имеют малый радиус действия. Исходя из этого, а также специфики решаемых задач, операторы БАК с малыми БЛА специального назначения вынуждены работать в непосредственной близости от линии боевого соприкосновения, а иногда и в тылу противника. Указанный фактор обуславливает наличие особых требований к наземным пунктам управления (НПУ) таких БАК [4].

НПУ малым БЛА в составе БАК, предназначенного для применения в непосредственной близости от линии боевого соприкосновения или группами специального назначения в тылу противника, должен обеспечивать следующие технико-эксплуатационные свойства:

- малые габаритные размеры и масса, обеспечивающие удобство переноски одним человеком в тактическом рюкзаке или в специальной сумке (укладке);
- быстрота развертывания и свертывания в полевых условиях с применением минимального количества инструмента и приспособлений;
- механическая прочность элементов конструкции и стойкость к воздействию климатических факторов;
- высокая техническая надежность, в том числе специального и общего программного обеспечения, а также ремонтпригодность в полевых условиях;
- надежность и защищенность (безопасность) протоколов передачи данных;
- бесперебойность и высокое качество радиосвязи с БЛА;

- низкая вероятность обнаружения пассивными радио- и радиотехническими методами;
- эргономичность, удобство считывания информации со средства ее отображения (мобильный портативный видеотерминал – ноутбук или планшетный компьютер);
- электрическая и пожарная безопасность;
- высокая емкость аккумуляторных батарей, обеспечивающая длительную автономную работу [5, 6].

Специалисты Республиканского унитарного предприятия «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси при выполнении разработки малоразмерного БАК ближнего действия учитывают вышеперечисленные требования к НПУ из его состава и применяют в конструкции НПУ высококачественные комплектующие изделия и материалы, а также реализуют конструктивно-технические решения, обеспечивающие выполнение данных требований [7, 8, 9].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Алетунович, В. Ю. Проблемы построения каналов управления и передачи данных БПЛА / В. Ю. Алетунович, И. С. Гордей, Д. В. Бобровский // *Авиация: история, современность, перспективы развития* : сборник материалов V Международной научно-практической конференции учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации». – Минск, 2020. – С. 359–362.

2. Алиев, Д. С. Полноазимутальная антенна наземного пункта управления / Д. С. Алиев [и др.] // *Перспективы развития комплексов с БПЛА, систем и средств технической эксплуатации: сборник статей по материалам I Всероссийской научно-практической конференции «Беспилотная авиация: состояние и перспективы развития»*. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2019. – С. 118–123.

3. Ананьев, А. В. Разработка способа организации связи с использованием беспилотных летательных аппаратов малой дальности / А. В. Ананьев, М. А. Стафеев, Е. В. Макеев // *Труды МАИ*. – 2019. – № 105. – С. 25–28.

4. Волков, К. А. Автомат сопровождения наземных целей / К. А. Волков, С. В. Пручковский // *Актуальные проблемы и перспективы развития авиации* : сборник материалов III Международной научно-практической конференции учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации». – Минск, 2019. – С. 220–221.

5. Гогин, А. А. Проблемные вопросы при организации связи с беспилотными летательными аппаратами на больших расстояниях и возможные пути их решения / А. А. Гогин, С. Ю. Ежов // *7-я Международная научная конференция по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения* : сборник научных статей : в 3-х ч. – Минск, 2017. – Ч. 1. – С. 40–46.

6. Лобатый, А. А. Особенности моделирования операторного управления беспилотным летательным аппаратом и его целевой нагрузкой / А. А. Лобатый, Гу Пэнхао, П. И. Савёлов // *Системный анализ и прикладная информатика*. – 2022. – № 4. – С. 24–28.

7. Jeremiah Gertler U. S. Unmanned Aerial Systems [Электронный ресурс] // *Congressional Research Service. Report for Congress, January 3, 2012*. – Режим доступа: <https://sgp.fas.org/crs/natsec/R42136.pdf>. – Дата доступа: 10.07.2023.

8. AeroVironment Product Catalog 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.avinc.com/images/uploads/product_docs/2023_Product_Catalog.pdf – Дата доступа: 12.07.2023.

9. BaykarUnmanned Aerial Systems. Catalog 2023 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://crd.yerphi.am/files/Baykar_catalog_eng.pdf. – Дата доступа: 12.07.2023.

УДК 656.7.025

А.В. Спесивцев

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ
АВИАЦИИ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Беспилотная авиация разрабатывалась давно, немного отставая в развитии от пилотируемой авиации. Первые разработки в этой области применялись в военном деле, так для воздушной бомбардировки Венеции 22 августа 1849 года австрийская армия использовала беспилотные аэростаты; в Германии в период с 1915–1918 гг. работали над проектом

«Летучая мышь» – радиоуправляемом бомбардировщике; в США с 1916 г. разрабатывалась летучая торпеда, по конструкции представляющая биплан со сбрасываемыми крыльями, управляемый часовым механизмом; в Великобритании в 1933 году была разработана первая беспилотная мишень самолетного типа многократного использования «Queen Bee».

Толчком к появлению и развитию дистанционно управляемых летательных аппаратов стали открытия электричества, изобретение радио, изобретение гироскопа. В настоящее время развитию БЛА способствует спутниковая навигация и уменьшение размеров электронных компонентов.

Так как беспилотная авиация все еще находится в стадии развития и формирования в настоящее время нет единообразной системы классификации БЛА.

БЛА можно классифицировать по следующим признакам:

- 1) по принадлежности к государственным структурам (военные, гражданские);
- 2) по типу системы управления (дистанционно-пилотируемые в зоне визуальной видимости, дистанционно-управляемые, автоматические, дистанционно-управляемые авиационной системой, беспилотные автоматические, дистанционно-пилотируемые вне зоны визуальной видимости);
- 3) по применяемым правилам полета (визуальные, приборные, визуально-приборные);
- 4) по конструкции воздушного судна (самолетные, вертолетные, конвертопланы, мультироторные);
- 5) по типу крыла (с фиксированным крылом, с изменяемой геометрией крыла);
- 6) по высоте полета (маловысотные, средневысотные, высотные);
- 7) по типу выполнения взлета и посадки (вертикальные, горизонтальные, взлетающие с помощью катапульты, взлетающие самостоятельно);
- 8) по количеству использований (одноразовый, многократный);
- 9) по типу силовых установок (реактивные, поршневые, электрические и т. п.);
- 10) по дальности полета;
- 11) по массе.

Международная организация гражданской авиации (ИКАО) предлагает классификацию БЛА по массе (таблица 1) [1].

Таблица 1 – Классификация БЛА ИКАО

Категория	Вес БЛА, кг	Уровень регулирования
Малые	До 25	Национальный
Легкие	От 25 до 150	Национальный
Тяжелые	Более 150	ИКАО, наднациональный

Международная ассоциация беспилотных систем (AUVSI) предлагает классификацию БЛА, используя в качестве классифицируемых признаков массу БЛА, дальность полета, время полета и т. д.

Таблица 2 – Классификация БЛА AUVSI

Категория БЛА	Обозначение	Радиус действия, км	Высота полета, м	Время полета, час	Максимальный взлетный вес MTOW, кг
Nano	N	< 1	100	< 1	< 0,025
Micro	μ (micro)	< 10	250	1	< 5
Mini	Mini	< 10	150...300	< 2	< 25
Close Range	CR	10...30	3 000	2...4	150
Short Range	SR	30...70	3 000	4...6	200
Medium Range	MR	70...200	5 000	6...10	1 250
Medium Range Endurance	MRE	> 500	8 000	10...18	1 250
Low Altitude Deep Penetration	LADP	> 250	50...9 000	0,5...1	350
Low Altitude Long Endurance	LALE	> 500	3 000	> 24	< 25
Medium Altitude Long Endurance	MALE	> 500	14 000	24...48	1 500
High Altitude Long Endurance	HALE	> 2 000	20 000	24...48	5 000
Stratospheric	STRATO	> 2 000	> 20 000	> 48	2 500
Exo-Stratospheric	EXO	> 2 000	> 30 500	> 48	2 500

В Республике Беларусь Воздушным кодексом устанавливается градация БЛА подлежащих и не подлежащих сертификации в зависимости от взлетной массы, так сертификации подлежат БЛА со взлетной массой семь и более килограмм [2].

Руководством по порядку государственного учета и эксплуатации гражданских беспилотных летательных аппаратов вводится дополнительная классификация БЛА. В соответствии с этим документом БЛА разделяются [3]:

- по типу: на БЛА и БВС;

- по категории полетов: открытая – для гражданских БЛА; специальная – для гражданских БЛА; сертифицированная;

- по классам: БЛА делятся на C0, C1, C2, C3, C4, C5, C6.

БЛА обладают рядом специфических свойств, которые делают применение БЛА во многих случаях более целесообразным по сравнению с пилотируемыми летательными аппаратами. К таким специфическим свойствам можно отнести [4]:

- максимальное снижение или исключение человеческого фактора при выполнении поставленной задачи;

- исключение риска для жизни и здоровья оператора БЛА;

- при выполнении одинаковых задач использование БЛА обходится дешевле, чем с использованием пилотируемых летательных аппаратов, за счет отсутствия необходимости в наличии систем жизнеобеспечения экипажа и т. д.;

- подготовка операторов БЛА обходится дешевле, чем подготовка пилотов.

Область применения гражданских БЛА обширна, и развивается дальше. С помощью БЛА можно выполнять следующие работы:

- обследование нефтегазопроводов, диагностику и контроль повреждений, обнаружение протечек; доставку еды/лекарств в вахтовые бригады;

- дистанционную разведку запасов рыбы (визуальную и эхолокацией);

- съемку в карьерах для подсчета добычи ископаемых, обследование шахт при завалах, поиск людей, спектральный анализ, геологоразведка, сбор и транспортировка образцов горных пород, нивелировка местности для разведочных работ;

- выпас скота, дистанционные замеры и диагностика массы скота, количества питания, состояния выпасов, поиск пропавших животных, обнаружение и отпугивание хищников, учет и диагностика пчелиных семей, наблюдение за птицами;

- дистанционный анализ роста и состояния растений, состояния почвы, обработка растений и почвы, опыление, борьба с сорняками, борьба с вредителями, сбор урожая,

покрывание растений пленкой, осмотр состояния теплиц, замеры температур, отпугивание птиц и грызунов;

– фотографирование мероприятий (праздников, дней рождения и т. д.), выполнение экстремальных съемок, групповых фото с воздуха, панорамных фото, фотографирование и видеосъемка с высоты птичьего полета;

– видеотрансляцию массовых спортивных мероприятий, концертов, шоу, экстремальных видов спорта, максимальное приближение к спортсмену, слежение и полет за объектами с видеосъемкой (спортивные снаряды, мячи и т. д.), дистанционно управляемая камера, операторская работа при съемке фильмов, световые шоу;

– доставку еды, предметов первой необходимости, доставку запчастей, доставку медикаментов и вакцин в центры эпидемий, забор проб воздуха, воды, грунта;

– охрану объектов с воздуха (дачных участков, коттеджей, складских и производственных территорий), поочередной облет периметра, автоматическое распознавание объектов, людей, съемка в различных диапазонах, подлет к подозрительным объектам, включение дополнительного освещения, применение электрошоковых устройств, включение сирен, нанесение несмываемой краски на злоумышленников, и т. д.;

– окраска фасадов, наружных и внутренних стен помещений, мытье окон, стен и ограждений, подъем и перемещение стройматериалов, протяжка воздушных линий (тросов, кабелей, канатов);

– вывоз мусора, очистка урн, уборка улиц, посыпка тротуаров и дорожек против гололеда, снятие сосулек с карнизов.

Самыми перспективными и быстрорастущими сегментами коммерческого применения БЛА являются сельское хозяйство, строительство, геодезия и картография, мониторинг объектов инфраструктуры, видеопроизводство.

Агентством Drone Industry Insights [5] в своем аналитическом исследовании, выполненном в 2019 году, приводятся данные, что 5 % БЛА используются для транспорта и логистики, 19 % используются для торговли, обеспечения экстренных служб или других целей. Третья часть полетов БЛА выполнялась для наблюдения или мониторинга инфраструктуры, а другие полеты выполнялись для фото и видео съемки с воздуха. Половина полетов БЛА, выполнялась для проведения инспекций. Более половины пользователей БЛА заявили, что они используют БЛА для мониторинга строительства зданий или инфраструктуры. Почти 80 % БЛА использовались для геодезии и картографии.

В аналитическом исследовании агентства Drone Industry Insights за 2023 год [6] указывается что, сектор услуг БЛА в среднем растет на 9,2 %, до 2030 года рынок коммерческих БЛА будет расти со среднегодовыми темпами 7,1 %, а общая стоимость рынка коммерческих БЛА к 2030 году достигнет 54,6 млрд долларов.

Использование БЛА является перспективной деятельностью в коммерческом плане и будет способствовать развитию экономики и сферы услуг.

Особенностью Республики Беларусь является не простая система классификации БЛА, что сказывается на развитии этой отрасли.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. ICAO Cir 328, Unmanned Aircraft Systems (UAS) [Электронный ресурс] // ИКАО. – Режим доступа: https://www.icao.int/Meetings/UAS/Documents/Circular%20328_en.pdf. – Дата доступа: 06.10.2023.

2. Воздушный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс]: 16 мая 2006 г. № 117-3 : принят Палатой представителей 3 апреля 2006 года : одобрен Советом Республики 24 апреля 2006 года // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск, 2018.

3. Руководство по порядку государственного учета и эксплуатации гражданских беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс]: приказ директора Департамента

по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь 04.10.2022 № 268 // Департамент по авиации. – Режим доступа: <https://www.caa.gov.by/uploads/files/Rukovodstvo-po-porjadku-gosudarstvennogo-ucheta-i-ekspluatatsii-grazhdanskix-bespilotnyx-letatelnyx-apparatov-v-red.-prikaza-ot-26.12.2022-341.pdf>. – Дата доступа: 06.10.2023.

4. Лихачев, В. П. Применение беспилотных летательных аппаратов для ведения тактической радиолокационной разведки / В. П. Лихачев, Л. Б. Рязанцев, И. Ю. Чередников // Военная мысль. – 2016. – № 3. – С. 24–28.

5. The Drone Applications Report 2019 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://droneii.com/drone-applications-2019>. – Дата доступа: 10.10.2023.

6. DRONEII Drone Market Report: Where the Drone Industry Will Grow the Fastest by 2030 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://droneii.com/drone-applications>. – Дата доступа: 10.10.2023.

УДК 629.7

С.А. Хилькевич, О.Н. Скрышник

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант T23-029).

В последние десятилетия прогресс в области искусственного интеллекта (ИИ) привел к значительным изменениям в различных отраслях экономики, включая авиацию. Методы искусственного интеллекта рассматриваются в качестве эффективного инструмента безопасной интеграции беспилотной авиации в общее с пилотируемой авиацией воздушное пространство (ВП). В частности, применение ИИ эффективно в управлении беспилотными летательными аппаратами (БЛА), в планировании их трафика, в обработке больших объемов получаемой информации, которая, в свою очередь, обеспечивает работоспособность функций принятия решений, адаптации к изменяющимся условиям и выполнения сложных задач.

Внедрение технологий ИИ позволяет системе выполнять более сложные и адаптивные задачи. Рассмотрев технологии ИИ, можно выделить основные способы интеграции ИИ в функционал беспилотных авиационных систем (БАС).

Технологии компьютерного зрения могут быть интегрированы для обнаружения и распознавания объектов на земле или в воздухе. Это может использоваться для предупреждения столкновений, поиска целей или обнаружения изменений окружающей среды.

Использование алгоритмов машинного обучения позволяет БЛА обучаться на основе полученных данных как во время полета, так и загруженных предварительно. Алгоритмы машинного обучения могут быть обучены для распознавания объектов, оптимизации маршрутов, адаптации к изменениям окружающей среды и принятия решений на основе полученной информации.

Глубокое обучение на основе глубоких нейронных сетей может использоваться для обработки больших объемов данных, получаемых от сенсоров, таких как видеокамеры, лидары, радары. Полученные алгоритмы подходят для решения таких задач как распознавание объектов, навигация, предотвращение столкновений с препятствиями, планирование маршрутов, управление конфликтными ситуациями на стратегическом, тактическом и оперативном уровнях, автоматическое пилотирование, прогнозирование возможных аварийных ситуаций и принятие мер по их предотвращению.

На современном этапе развития беспилотной авиации можно выделить следующие направления разработок БЛА с искусственным интеллектом [1, 2]:

- управление группой БЛА, обладающей способностью различать объекты с возможностью самообучения всей группы с целью адаптации к сложным внешним условиям;
- сканирование и обнаружение других БЛА;
- способность к организации групповых действий БЛА, в том числе смешанной группировкой пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов;
- защита БЛА собственного оборудования от некорректных команд оператора, которые могут привести к разрушению системы управления и самого БЛА;
- полное управление в автономном режиме: достижение заданного множества целей, видеосъемка, уход от опасных движущихся объектов, автономная навигация в движущейся среде при помощи системы компьютерного зрения;
- самообучающаяся система самостоятельного полета, взлета, посадки и выполнения фигур высшего пилотажа, ранее труднореализуемых на БЛА; повышение маневренности и увеличение живучести БЛА в сложных метеоусловиях при полете в автономном режиме;
- выполнение любых поставленных задач без участия оператора, в том числе в длительных полетах на сверхзвуковой скорости, участие в автономных беспилотных миссиях;
- прокладка маршрута с определением степени угрозы, которая возникает в ходе полета, и принятие решений о способах ее преодоления;
- прогнозирование интенсивности солнечной и ветровой энергии для БЛА с альтернативными двигателями и способность (в зависимости от этого) выбирать наиболее приемлемый вариант полета;
- полностью автономная система управления: БЛА самостоятельно продолжает полет в условиях, когда не поступают команды от оператора.

С целью непосредственно повышения эффективности использования ВП беспилотными авиационными системами с применением методов ИИ можно выделить несколько основных направлений их внедрения:

- усовершенствование систем управления воздушным движением (УВД): интеграция ИИ в системы УВД может помочь оптимизировать потоки воздушного движения, предотвращать конфликты между беспилотным воздушным судном (БВС) и пилотируемой авиацией, а также позволит более эффективно использовать воздушное пространство;
- автоматизация маршрутизации и планирования полетов БВС: использование ИИ для автоматического планирования маршрутов и оптимизации траекторий полета;
- создание функции по внедрению оперативной информации о запретных, опасных или зонах ограничений с целью недопущения допуска к полетам в указанных координатах;
- развитие систем обнаружения и избегания столкновений (Detect and Avoid, ДАА) с применением ИИ: способность в реальном времени анализировать ситуацию в воздухе и автоматически принимать решения и маневрировать с целью уменьшения риска столкновений;
- развитие систем по обнаружению незаконного использования воздушного пространства БАС: программное обеспечение для предотвращения несогласованного входа в ВП и мониторинг использования ВП;
- совершенствование связи и обмена данными между БЛА и наземными станциями управления для повышения точности и своевременности передачи данных;
- создание унифицированных стандартов по внедрению технологий ИИ в БАС: обеспечение более безопасного взаимодействия между различными видами БЛА, другими пользователями воздушного пространства, а также с наземными объектами и препятствиями.

Подходы ИИ для автономной навигации БЛА можно разделить на две части: подходы, основанные на оптимизации и подходы, основанные на обучении. В первом случае ИИ должен каждый раз выполнять все необходимые вычисления с самого начала, чтобы

получить оптимальное решение. Как итог – решения на основе оптимизации имеют высокую временную загрузку и требуют больших вычислительных мощностей.

Во втором случае рассматривается подход на основе компьютерного обучения на основе памяти и обучения. В данном случае ИИ изучает окружающую среду, анализирует данные и сохраняет их для использования в будущем.

Рассмотрим основы и принципы работы методов искусственного интеллекта, реализованных различными исследователями для автономной навигации БЛА с точки зрения подходов, основанных на оптимизации и на обучении, как показано на рисунке.

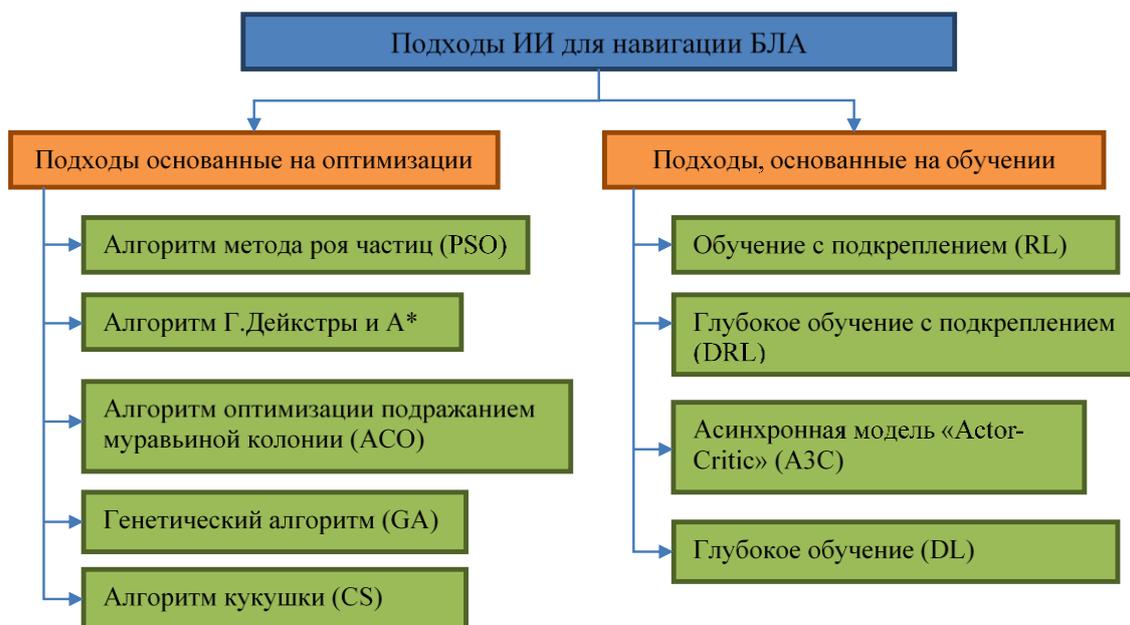


Рисунок – Схема подходов искусственного интеллекта для навигации БЛА

Подходы, основанные на оптимизации, охватывают традиционные математические алгоритмы решения проблем ИИ. Наиболее широко используемыми подходами на основе оптимизации для автономной навигации БЛА являются оптимизация методом роя частиц (PSO), алгоритм A-star (A*), алгоритм оптимизации подражанием муравьиной колонии (ACO), генетический алгоритм (GA), алгоритм имитации отжига (SA), алгоритм поиска кукушки (CS), оптимизация с использованием голубей (PIO) и другие алгоритмы [3].

Таким образом, внедрение методов искусственного интеллекта в системы управления БАС – это одно из актуальных и перспективных направлений в современной технологической сфере применительно к беспилотной авиации. Создание алгоритмов ИИ для автономной навигации и обхода препятствий, решения задач управления конфликтными ситуациями на стратегическом и оперативном (DAA) уровне, а также внедрение ИИ в системы управления БАС являются одними из перспективных применений искусственного интеллекта в беспилотной авиации, обеспечивающими безопасное, эффективное и устойчивое использование воздушного пространства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Современные направления разработок БЛА с искусственным интеллектом [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.rspp-arctic.ru/userfiles/images/hi-tech/docs/drone-ai-fedotovskikihav-2013.pdf>. – Дата доступа: 27.04.2023.

2. Федотовских, А. В. Особенности разработки и эксплуатации гражданских беспилотных авиационных систем с технологиями искусственного интеллекта в Арктической зоне Российской Федерации : монография / А. В. Федотовских. – Москва : Ай

Медиа, 2022. – 277 с. – ISBN 978-5-4497-1443-5 // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iprbookshop.ru/120431.html>. – Дата доступа: 27.04.2023.

3. Artificial Intelligence Approaches for UAV Navigation: Recent Advances and Future Challenges [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9729807/references#references>. – Дата доступа: 20.09.2023.

УДК 623.746

Ю.Ф. Яцына, А.А. Щавлев, М.В. Максимова

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

О РАЗРАБОТКАХ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕНТРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ

Интенсивно развивающиеся информационные технологии, искусственный интеллект, микроминиатюрная элементная база, системы навигации и ориентирования в пространстве предопределили возможность создания и интенсивного применения беспилотных авиационных комплексов в различных областях народного хозяйства и в сфере безопасности, там, где можно с не меньшей эффективностью, заменить непосредственное присутствие человека на борту летательного аппарата робототехническими системами.

Задача создания таких робототехнических систем является сложной многокритериальной задачей и решается в РУП «НПЦ многофункциональных беспилотных авиационных комплексов» НАН Беларуси (далее – Предприятие) по многим научным и прикладным направлениям, начиная с построения и исследования математических моделей БЛА как сложных динамических стохастических систем, проектирования планеров летательных аппаратов с проведением оптимизационных расчетов их аэродинамических коэффициентов и формированием требований к параметрам силовых установок, отдельно производится разработка и постоянное совершенствование математических законов и программного обеспечения контура управления, автопилота летательного аппарата для всех этапов эволюции полета, начиная с взлета, полета с выдерживанием запланированного маршрута, выполнения специфических задач в процессе полета, заканчивая посадкой БЛА. При изготовлении планеров БЛА решаются многие технологические задачи по оптимизации применяемых композитных материалов, связующих и условий их полимеризации с целью достижения максимальной прочности элементов планера с наименьшим весом. Для серийно производимых БЛА разрабатываются и серийно изготавливаются различные высокоинтеллектуальные оптические системы, способные самостоятельно обнаруживать и в автоматическом режиме сопровождать различные объекты, разработаны и серийно производятся наземные пункты управления БЛА, где человек включен в единый контур управления БЛА с задачей формирования задания на полет и функциями контроля выполнения БЛА полученного задания, а БЛА на всех этапах полета, управляется полностью в автоматическом режиме бортовым автопилотом. На Предприятии разработаны и серийно производятся другие вспомогательные системы и устройства для повышения их надежности, ремонтпригодности БЛА, а также расширения функциональных возможностей, серийно выпускаемых БЛА в интересах различных потребителей.

В докладе рассматриваются разработанные и серийно производимые на Предприятии беспилотные авиационные комплексы различного назначения, анализируются их характеристики, а также обосновываются направления развития и характеристики перспективных беспилотных авиационных комплексов, а также их составных частей, которые планируются к разработке и организации серийного производства на Предприятии.

УДК 519.2

В.В. Цыбулько, Е.Ю. Бертош

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

МАСКИРОВКА, КАК НАПРАВЛЕНИЕ СНИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЛА ПО ОПЫТУ СВО

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) доказали свою эффективность в выполнении задач, стоящих перед противоборствующими сторонами в ходе их применения в последних локальных военных конфликтах. При этом следует отметить, что специальная военная операция (СВО), проводимая Российской Федерацией, является ярчайшим этому подтверждением. Уникальность использования БЛА в ходе СВО заключается в масштабах и интенсивности применения систем БЛА, а также в уровне технического оснащения противоборствующих сторон. Такой ситуации не наблюдалось ни в одном ранее прошедшем вооруженном конфликте.

В ходе СВО БЛА применяются для ведения разведки и обеспечения пунктов управления разведывательной информацией в реальном масштабе времени, для радиоэлектронной борьбы, для корректировки огня артиллерии, ракетных и авиационных ударов, для обеспечения связи, для поражения, как средств ПВО, так и других различных бронированных объектах на позициях, и ряду других боевых задач.

Говоря о разведке поля боя, то БЛА ведут ее в полосе действий соединений и воинских частей на высотах до 3000 м. Данные разведки от БЛА в реальном масштабе времени поступают на пункты управления и тем самым обеспечивают оперативное реагирование на изменение обстановки [1].

Учитывая, что ведения разведки и нанесение ударов по различным выявленным объектам – это одни из важнейших задач, решаемых БЛА, необходимо остановиться на таком вопросе как тактическая маскировка. Именно выполнение мероприятий тактической маскировки минимизирует возможности БЛА по ведению разведки, вскрытию элементов боевых порядков подразделений, по выявлению позиций вооружения, военной техники и пунктов управления, и нанесению ударов по ним.

Какие же способы маскировки от БЛА, может применить военнослужащий (подразделение), при этом без использования специальных штатных маскировочных средств, или с их минимумом [2].

Во-первых, это дневная маскировка. Необходимо укрываться в тени зданий или деревьев. Использовать при размещении на местности густой лесной массив, в населенных пунктах – застройку, готовить инженерные сооружения (блиндажи, перекрытые щели, окопы) как укрытие для личного состава и военной техники, или применять маскировочные сети.

Во-вторых, это ночная маскировка. Размещаться необходимо внутри зданий и сооружений или под укрытием крон деревьев. Не использовать как при нахождении на месте, так и при передвижении ручные фонарики или световую сигнализацию образцов военной техники, в крайнем случае, использовать светомаскировочные устройства образцов военной техники.

В-третьих, это тепловая маскировка. Для укрытия можно использовать спасательные покрывала, изготовленные из майлара (лавсана), они удерживают до 80 % излучаемого телом тепла. Ночью необходимо набросить на себя спасательное покрывало как пончо, это поможет защитить себя от обнаружения инфракрасной камерой БЛА. Необходимо помнить, что в жаркую погоду, когда температура воздуха от 36 °С до 40 °С, инфракрасная камера не может различить силуэт человека. В жаркую погоду, также следует размещаться в тепловой тени нагретых предметов (камней, стен зданий и т. д.). Следует помнить, что в холодную погоду толстая куртка ватная или шинель значительно снижают тепловое излучение тела.

В-четвертых, если есть возможность, то для действий на местности, необходимо дожидаться ненастной погоды. Многие БЛА не могут работать при сильном ветре, дыме, различных атмосферных осадках или грозах. На данный момент существуют всего несколько образцов всепогодных ударных БЛА.

В-пятых, при выполнении боевых задач необходимо исключить использование любого вида беспроводной связи. Использование радиостанций, мобильных средств передачи данных (телефона) или GPS-устройств выдает местоположение пользователя, что ведет к его обнаружению и поражению.

В-шестых, следует рассматривать применение, для введения в заблуждения ложных целей. Как самый простой вариант, можно использовать манекены или чучела в человеческий рост, с целью снизить качество ведения оптической воздушной разведки.

Конечно же, БЛА различных классов и типов не являются уникальным средством решения поставленных задач, с которым нельзя бороться. БЛА можно, как и уничтожить, так можно и помешать ему выполнить поставленную задачу. Так вот вопрос правильного применения способов тактической маскировки объектов, военнослужащих, подразделений позволит обеспечить им свою живучесть и снизить эффективность применения разведывательных или ударных БЛА.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Topuch.com [Электронный ресурс] : Опыт СВО по противодействию различным типам БПЛА. 22.05.2023. – Режим доступа: <https://topuch.com/opit-svo-po-protivodejstviyu-razlichnim-tipam-bpla/index.html>. – Дата доступа: 25.09.2023.

2. Livejournal [Электронный ресурс] : И. Мельник. Беспилотники: способы маскировки и противодействия. 28.07.2022. – Режим доступа: <https://pereklichka.livejournal.com/946769.html>. – Дата доступа: 26.09.2023.

УДК 623.746.4-519

С.В. Синявская, А.Д. Прохоров, В.С. Пачковский

Учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации»

СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ

На сегодняшний день большинство людей до сих пор представляют беспилотные летательные аппараты (БЛА) как один из способов игрушек, которыми можно дистанционно управлять с помощью пульта управления, или как один способ проведения видеосъемок. Но, как показывают сегодняшние разработки и реальные факты применения, это является лишь маленькой долей общего применения БЛА. В мире они используются в таких сферах, как журналистика, логистика, искусство, военная промышленность, кинематограф, мониторинг местности, охрана и патрулирование, сельскохозяйственная промышленность и т. д. [1].

Очень большой вклад в развитие беспилотной авиации вносит мировая военная промышленность. Но в этом издании будут разобраны те сферы, которые являются более распространенными в мирное время. А именно в таких видах, как логистика, искусство, сельское хозяйство и строительство.

Компания Trase Air является одной из передовых в сфере строительства с использованием БЛА. Они не участвуют в строительстве как таковом, но оказывают помощь в анализе и прогнозировании строительстве объектов. Согласно официальному сайту компании Trase Air, польза их технологий в том, что улучшается качество коммуникации, осуществляется качественное краткосрочное планирование, повышается «прозрачность»,

повышается контроль и ускоряется процесс принятия управленческих решений. Этой компанией эксплуатируются БЛА «Gemini» и «Геоскан 201» [2, 3].

В сфере логистики компания Amazon основала службу доставки Amazon Prime Air, которая является официально первой службой, внедрившей БЛА в один из видов доставок. Данный вид доставки несет за собой как плюсы, так и минусы. Плюсами являются минимальное время доставки, удобство в пользовании, экономичность для компании. Но также есть и минусы, такие как: большая вероятность происшествий и аварий, возможность переносить только малогабаритные грузы, загруженность движения в небе и так далее. Как обещают сотрудники компании, со временем эти недостатки будут устранены и внедрят также полную автоматизацию [4]. Также в России Национальному центру вертолетостроения им. М. Л. Миля и Н. И. Камова холдинга «вертолеты России» был выдан сертификат типа ограниченной категории на БАС-200 – первую беспилотную авиационную систему вертолетного типа. Данная системы предназначена для переброски грузов небольших габаритов в труднодоступные места. Пока что данная система имеет большое количество ограничений в использовании по тем же причинам, что и в компании Amazon.

С каждым годом все больше по всему миру развивается искусство БЛА, или как называют в народе «шоу дронов», которое заменяет фейерверки и пиротехнику. Это место, где небо становится холстом, а дроны красками. Например, 3 сентября 2020 года в Санкт-Петербурге прошло «шоу дронов», приуроченное к 75-летию окончания Второй мировой войны, где был поставлен новый мировой рекорд по количеству используемых дронов. В вечернем небе с помощью квадрокоптеров были воспроизведены фигуры, посвященные военной тематике. Этот новый вид представления является для всех зрителей привлекательным. Ведь когда на ночном небе появляются большие иллюстрации, это для каждого человека будет чем-то невероятным и завораживающим [5, 6].

Внедрение БЛА в сельскохозяйственную промышленность является также нововведением и обладает рядом преимуществ. В сельском хозяйстве беспилотники выполняют следующие операции: аэрофотосъемка, видеосъемка, 3D моделирование, тепловизионная съемка, лазерное сканирование и опрыскивание. Именно преимущества беспилотных летательных аппаратов стали основной причиной их внедрения. Одними из них являются: своевременная оценка качества выполненных работ, максимальная точность результатов, анализ информации в реальном времени, высокая скорость исследований и экономия время фермеров, а также детальный контроль каждого участка на всех этапах сельскохозяйственных работ [7].

Подведя итоги, нужно отметить, что в современном мире использование БЛА занимает передовые места, так как актуальность и потребность их использования с каждым днем только растет. Применение БЛА в любой сфере пока что имеет свои недостатки, но наука не стоит на месте. Вероятнее всего будут разработаны новые технологии, которые позволят внедрять беспилотную авиацию во множество сфер жизнедеятельности, тем самым облегчат и улучшат жизнь для человека.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Василин, Н. Я. Беспилотные летательные аппараты / Н. Я. Василин – Минск : Попурри, 2003. – 272 с. : ил.
2. Беспилотные летательные аппараты / С. М. Ганин [и др.]. – СПб. : Невский бастион, 1996. – 160 с.
3. Виды летательных аппаратов. Классификация летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avia.pro/blog/vidy-letatelnyh-apparatov-klassifikaciya-letatelnyh-apparatov>. – Дата доступа: 11.10.2023.
4. Классификация летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Новости деловой авиации. – 2021. – Режим доступа: <https://aviav.ru/klassifikatsiya-letatelnyih-apparatov.html>. – Дата доступа: 11.10.2023.

5. Дрон дрону рознь: как поднять его в воздух, чтобы ничего не нарушить [Электронный ресурс] // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/novosti/obshchestvenno-politicheskie-i-v-oblasti-prava/2019/may/35343>. – Дата доступа: 11.10.2023.

6. Виды летательных аппаратов. Классификация летательных аппаратов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avia.pro/blog/vidy-letatelnyh-apparatov-klassifikaciya-letatelnyh-apparatov>. – Дата доступа: 16.10.2023.

7. Классификация летательных аппаратов [Электронный ресурс] // Новости деловой авиации. – 2021. – Режим доступа: <https://aviav.ru/klassifikatsiya-letatelnyih-apparatov.html>. – Дата доступа: 16.10.2023.



**СЕКЦИЯ 3.
ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ
И УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ,
БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ**



UDC 625.717

D. Bychanok, V. Paletayeva

*Educational institution «Belarusian State Academy of Aviation»***USE OF AIRFIELD ROAD SECTIONS IN THE REPUBLIC OF BELARUS**

During hostilities or wars, aviation carries the greatest losses at its own airfields. Several hits of missiles or bombs on the runway can disable the airfield for a long time. It is almost impossible to completely cover the airfields from air strikes in order to preserve combat vehicles, it is necessary to deconcentrate the aircraft to as many areas as possible suitable for take-off and landing. The system of modern freeways provides distances that can be used as runways, namely airfield sections of the road. When the road network turns into an airfield network, it is extremely difficult for the enemy to detect aircraft. Enemy vehicles will not be able to cause irreparable damage [1].

Highway strips are also necessary to improve the pilots' skills, carry out an emergency landing, and maintain expensive equipment in operational condition. In addition, the use of numerous landing places has a positive effect on compliance with flight safety requirements.

For the first time the plane landed on the road in Belarus in 2007. In 2016 on the territory of the post-Soviet space, Belarusians were the first to put an attack aircraft (Su-25) on the highway at night.

Nowadays aviation deconcentration training in the Air Force and Air Defense Forces is carried out almost annually. Asphalt pavement in Belarus tested the chassis of almost all types of aircraft of the Air Force.

Construction of the highway strip is carried out on public roads of categories I-a, I-b, I-b. Rectilinear sections of roads on flat terrain with free air approaches and favorable soil and hydrogeological conditions are selected for preparation of highway strip. It is not allowed to arrange bridge structures, intersections with automobile and railways, main pipelines, overhead power transmission and telecommunication lines and other communications within the limits of the highway strip. Fencing along the border of airfield sections is not provided [2].

In the average design conditions for the Republic of Belarus, the length of the runway (RW) is taken from 2100 to 2500 m. The width of the RW should be at least 40 m. Radii of convex and concave curves in the longitudinal profile of the RW are accepted at least 8000 m. The sections of the junction of the bypass road to the main one should be located no closer than 1000 m from the end of the RW, and the bypass roads themselves must pass from the boundaries of the side safety areas at a distance of at least 150 m. The minimum size of the aircraft service area is 120×35 m. At the highway strips there is often a place for aircraft parking disguised as a regular car parking [2].

The preparation of the airfield section of the road is carried out by specialists from the 83rd separate engineering and airfield regiment. First, the highway strip is finalized in airfield terms and airfield metal slabs are laid. Thus, a platform for aircraft maintenance is being prepared. There they are pre-flight preparation, refueling, refueling with special fluids, suspension of ammunition. Temporary road markings are applied to the road, day landmarks are established, thresholds and the runway itself are indicated, the road surface is cleaned, and it is blown away from dust, garbage and dirt. The preparation of the highway strip is completed by a test pass through it of specially trained personnel. The surface should be perfectly flat, without any flaws [3].

The traffic police informs about the closure of highways the day before the start of limited traffic, the notification includes the date and time of the restriction, the road and blocked kilometers, as well as roads along which you can bypass the section. Bypass routes are coordinated with the Ministry of Transport and Communications.

The approach to the landing on the highway strip is very difficult, because it is not equipped with such a navigation system as an airfield; the only means of guidance is an inner marker. In addition, the strong crosswind formed over the forest (as a rule, the highway strip is located there)

complicates the landing, and the latter, in turn, is a restriction on landing and obliges the pilot to be incredibly accurate when landing.

In the Republic of Belarus highway strips are not used for civilian Armed Forces for several reasons:

1. The dimensions of the aircraft, in particular the wingspan, aircraft will not be able to land even on a wide part of the road. Moreover, due to its size, the plane will not be able to turn around or move to parking lots, especially in the forest.

2. Aircraft weight. Even the most durable coating designed for government aircraft on the highway can be easily broken and lead to negative consequences.

3. The lack of guidance means, without an outer marker beacon, it is very difficult for the aircraft to accurately land.

4. Inability to freely use the entire airspace. Civilian aircraft fly strictly along area navigation (RNAV) routes, air routes and local air lines, deviation from the trajectory axis is allowed within RNP5, and this causes the need to implement new flight routes and include them in aviation documents.

5. Refueling on the ground. Due to its size, the civilian aircraft requires a larger volume of fuel than the state aircraft, which excludes refueling from another aircraft, a station is needed for refueling on the ground.

6. It is impossible to include highway stripes in the air traffic control (ATC) system, because for civil aircraft they can be used only in case of emergency landing. It is impossible to completely vacate the highway immediately from the moment of the decision to land the aircraft, because there are no special means of notifying drivers of all cars about the planned event, as well as parking areas, safe exits along highways specifically for such cases.

7. Absence in the area of the motorway runway of the service of the Armed Forces, the fire service, as well as the medical service. The absence of these services in an emergency is unacceptable.

Many examples can be given why highway strip is not a promising idea for civil aviation. The equipment of such areas will rather resemble a new airfield and will lead to large economic costs. Therefore, the highway strip in the Republic of Belarus is used only for state aviation.

REFERENCES

1. Константин Гагарин: О посадке самолетов на аэродромный участок дороги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.sb.by/articles/o-posadke-samoletov-na-aerodromnyu-uchastok-dorogi>. – Дата доступа: 21.10.2023.

2. mogilyanec-3 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://elib.belstu.by>. – Дата доступа: 21.10.2023.

3. Посадка на аэродромный участок дороги [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.mil.by/ru/news>. – Дата доступа: 21.10.2023.

УДК 533.661.2

Д.В. Верещиков, А.А. Широ́в, И.К. Макаров

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

К ВОПРОСУ О ЛЕВОМ САМОВРАЩЕНИИ ВЕРТОЛЕТА

Левое самовращение вертолета классической схемы является недопустимым в эксплуатации режимом и проявляется при недостаточной тяге рулевого винта (РВ) для компенсации реактивного момента, создаваемого несущим винтом (НВ). Опыт эксплуатации вертолетов с РВ позволяет утверждать о том, что в принципе любой из них подвержен

левому самовращению, однако наиболее восприимчивым в плане проявления этого явления к ошибкам летчика, давлению, температуре воздуха, направлению ветра и массе являются вертолеты Ми-8 разных модификаций.

Анализ доступной литературы [1] позволяет сформировать один из возможных сценариев развития левого самовращения, который может быть применен к широкому спектру ситуаций. Пусть, например, вертолет находится на режиме висения при наличии правого ветра (ветра справа). Известно, что такое направление ветра приводит к росту углов атаки на лопастях РВ по отношению к ситуации в безветрие. Пусть так же реактивный момент, создаваемый НВ настолько велик, что запас тяги у РВ отсутствует в силу того, что его лопасти находятся на близких к критическим углах атаки. Имеет место баланс моментов, а, следовательно, вращения по рысканию не наблюдается. При этом вполне возможно, что запас на перемещение правой педали вперед еще имеется.

В том случае, если летчик «дает правую ногу» для разворота вертолета вправо или наблюдается пусть даже незначительный порыв ветра справа, углы атаки на лопастях РВ увеличиваются и становятся больше критических. Происходит срыв потока с лопастей РВ и, как следствие, падает его тяга. Вертолет начинает вращаться влево и скорость потока, набегающего на РВ справа, еще сильнее возрастает, растут углы атаки на его лопастях. Инстинктивно для предотвращения вращения вертолета влево летчик еще дальше перемещает правую педаль, что приводит к росту шага РВ и еще большему увеличению углов атаки лопастей. Растет аэродинамическое сопротивление лопастей и, по этой причине, потребный для вращения РВ крутящий момент. Обороты РВ, а, следовательно, и НВ снижаются. Тяга НВ становится меньше, вертолет начинает снижаться. Для компенсации снижения летчик инстинктивно перемещает рукоятку «Шаг-газ» вверх. Растет крутящий момент на НВ, а, следовательно, и создаваемый им реактивный. Ситуация усугубляется и никакие последующие действия с рычагами управления вертолетом в кабине не приводят к остановке вращения и снижению вертолета.

Описанная ситуация наталкивает на размышление о том, что полезным является изучение зависимостей, связывающих запас тяги РВ с его шагом, оборотами и величиной бокового ветра справа. Эта задача может быть вполне эффективно решена путем компьютерного моделирования с использованием программного продукта ANSYS [2]. Авторами было выполнено моделирование при углах установки лопастей 6°, 12°, 18°, 23°, оборотах 1000, 1120 и 1300 об/мин и значениях правого бокового ветра 5, 10, 12 и 15 м/с.

На рисунке 1 представлены графики, характеризующие зависимость тяги РВ от угла установки лопастей при постоянном значении оборотов и скорости правого ветра, а, так же зависимости тяги РВ от потребного крутящего момента для обеспечения заданных оборотов при разных скоростях правого ветра. Важно обратить внимание на то, что линии, изображенные на правом рисунке, являются по своей сути полярами с нанесенными на них углами установки лопастей. Вполне понятно, что рост тяги РВ при постоянной скорости его вращения и ветре справа возможен только за счет увеличения угла установки лопастей, а это приводит к росту сопротивления лопастей и, как следствие, увеличению потребного крутящего момента.

Анализ представленных на графиках зависимостей целесообразно проводить, предполагая, что снижение тяги РВ может происходить по двум причинам, способным не быть реализуемыми одновременно:

- образованию «вихревого кольца», когда индуктивная скорость отбрасывания винтом потока становится равной скорости ветра справа;
- срыву потока с лопастей РВ из-за увеличения угла атаки на них.

Рассмотрим, например, ситуацию, возникающую при угловой скорости вращения РВ 1120 об/мин. Тяга РВ при скорости ветра справа 5 м/с для углов установки лопасти менее 12° незначительно меньше тяги в безветрие. Это можно объяснить тем, что индуктивная скорость отбрасывания потока винтом незначительна и близка к скорости ветра. Формируется «вихревое кольцо», расположенное близко к плоскости вращения винта, приводящее

к снижению тяги. При увеличении угла установки лопастей (шага РВ) более 12° индуктивная скорость отбрасывания потока отодвигает «вихревое кольцо» вправо, а углы атаки лопастей возрастают. Тяга РВ возрастает и становится больше ее значения в безветрие.

Случай, когда скорость ветра справа составляет 10 м/с. При малых углах установки лопастей (примерно, до 7°) индуктивная скорость отбрасываемого винтом потока невелика, углы атаки лопастей РВ возрастают за счет скорости ветра. Тяга винта больше, чем в безветрие и при ветре в 5 м/с. При дальнейшем увеличении углов установки лопастей индуктивная скорость отбрасываемого потока растет, ее значение приближается к скорости бокового ветра и «вихревое кольцо» приближается к плоскости вращения винта, углы атаки лопастей уменьшаются. Тяга винта начинает снижаться. Схожая ситуация наблюдается и при скорости ветра 15 м/с.

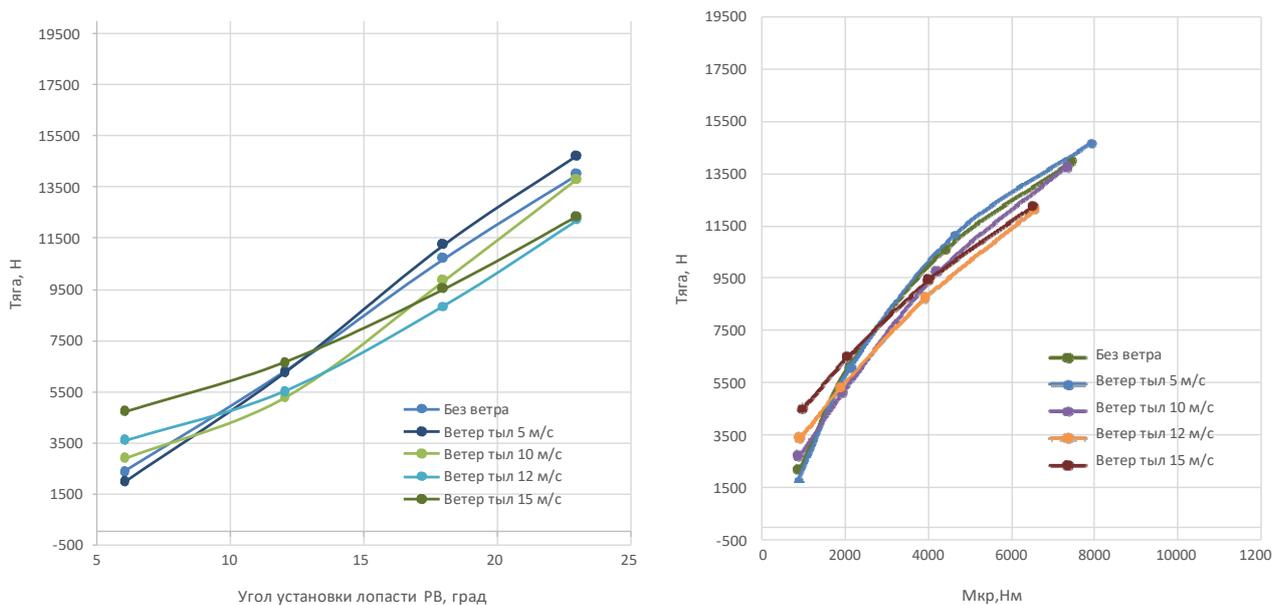


Рисунок – Зависимости тяги рулевого винта от угла установки лопастей и потребного крутящего момента для различной скорости правого бокового ветра при постоянном значении оборотов

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Браверман, А.С. Динамика вертолета. Предельные режимы полета / А. С. Браверман, А. П. Вайнтруб. – М.: Машиностроение, 1988. – 350 с.
2. Басов, К. А. ANSYS для конструкторов / К. А. Басов. – М. : ДМК Пресс, 2009. – 248 с.

УДК 656.7

Е.А. Волк¹, В.В. Шаталова²

¹Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»,

²Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

На безопасность полетов влияет большое количество факторов, от которых зависит качество функционирования авиационной транспортной системы (АТС).

Фактором считают определенное действие, случай, условие или обстоятельство, наличие либо отсутствие которого увеличивает или уменьшает вероятность благоприятного окончания полета.

Для совершенствования системы обеспечения безопасности полетов на воздушном транспорте, необходимо учитывать все факторы, которые могут привести к возможным авиационным происшествиям.

Никакая деятельность человека или система, им созданная, не могут избежать риска и ошибок. Можно влиять на частоту повторяемости негативных событий в авиационной деятельности, но нельзя их (включая тяжелые происшествия) полностью устранить. Усилия по предотвращению (снижению частоты повторяемости) негативных событий требуют ресурсных затрат, часто возрастающих, вплоть до практически неприемлемых. В изначально безопасной системе контролируемый риск и ошибки приемлемы [3].

Техническая сложность авиационных систем, количество авиационного персонала различных служб, принимающих участие в организации, подготовке, выполнении и обеспечении полетов, эксплуатация воздушных судов в широком диапазоне климатических условий порождают значительное количество составляющих, которые влияют на конечный результат полета.

Учитывая сложность структуры авиационной транспортной системы, перечислить все факторы практически невозможно. Степень их детализации определяется условиями функционирования системы и характером их влияния на возникновение потенциальной опасности для полетов.

Факторы, которые проявляются в авиационных происшествиях и инцидентах: уровень квалификации руководящего состава, службы УВД, экипажа и инженерно-авиационной службы; состояние материально-технического обеспечения служб (метеорологической, аэродромной, электро-светотехнической, организации перевозок, горюче-смазочных материалов); правильность решений; качество технического обслуживания, а также условия, связанные с деятельностью человека, недостатками авиационной техники и влиянием внешней среды [4].

Анализ причин авиационных происшествий (АП) и инцидентов свидетельствует, что в большинстве случаев в процессе развития АП возникают события, которые последовательно усложняют ситуацию в полете. По статистике, свыше 70% авиационных происшествий обусловлены возникновением в полете совокупности неблагоприятных факторов. Как правило, это совокупность нескольких факторов, связанных с деятельностью экипажа, функциональной эффективностью воздушного судна и условиями внешней среды [1].

Факторы влияния на безопасность полетов можно разделить на системные (составляющие, определяемые внутренними свойствами АТС) и внесистемные (зависят от свойств внешней среды, воздействие неблагоприятных внешних условий) [5].

Системные факторы включают: уровень технической оснащенности авиационных служб; функциональную эффективность и надежность применяемых технических средств; уровень организации функционирования авиационных служб; уровень профессиональной подготовки и дисциплины авиационного персонала; психофизиологическое состояние авиационных специалистов; уровень контроля качества функционирования авиационных элементов и служб в целом.

В более подробной классификации факторов выделяют технические (определяются надежностью или отказами авиационной техники), человеческие (определяются действиями людей и имеют личностную природу) [3].

Одним из основных понятий, используемых при рассмотрении безопасности полетов, является человеческий фактор. Это понятие служит для характеристики всех явлений в авиационной практике, связанных с деятельностью человека.

Под человеческим фактором понимается совокупность социальных, психологических, нравственных, физических, профессиональных и других качеств человека, оказывающих влияние на результаты его деятельности [2].

Роль человеческого фактора в авиации огромна, так как все процессы по организации, выполнению полетов осуществляются людьми – авиационными специалистами различного профиля. Они выполняют множество операций по управлению воздушным движением, технической эксплуатации и заправке воздушного судна, поддержанию аэродромов и их оборудования в эксплуатационной готовности, пилотированию воздушных судов и др.

Человеческий фактор включает нарушения, ошибочные действия либо бездействие лиц, связанных с организацией, подготовкой, выполнением и обеспечением полетов [5].

Для предотвращения возникновения опасностей, обусловленных деятельностью человека, существует несколько способов уменьшения влияния человеческого фактора: воспитание, обучение и отработка навыков, профессиональный отбор и медицинское обследование (включает в себя медицинский, социально-психологический, образовательный и психофизиологический отбор).

Активизация положительного влияния человеческого фактора во всех видах деятельности авиационных специалистов является мощным средством повышения уровня безопасности полетов. Главные средства активизации положительного влияния человеческого фактора – воспитание высокого чувства ответственности за безопасность полетов, повышение деловой профессиональной компетентности.

Таким образом, безопасность полетов объективно основывается на полной и достоверной информации о функционировании авиационной системы в целом и всестороннем анализе влияющих факторов и процессов, происходящих внутри нее.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Doc 9750-AN/963. Глобальный аэронавигационный план ИКАО на 2016–2030 годы. – Монреаль, 2016. – 220 с.
2. Doc 9806. Основные принципы учета человеческого фактора в руководстве по проведению проверок безопасности полетов. – Монреаль, 2012. – 150 с.
3. Прозоров, С. Е. Безопасность полетов: материалы для специальности «Безопасность технологических процессов и производств» / С. Е. Прозоров. – М. : МГТУГА, 2018. – 68 с.
4. Мешанков, Д. В. Создание современной системы обеспечения безопасности полетов на воздушном транспорте / Д. В. Мешанков, А. И. Тихонов // Московский экономический журнал. – 2022. – № 1. – С. 25–28.
5. Кузнецова, Н. Б. Передача информации и коммуникации как человеческий фактор / Н. Б. Кузнецова // Транспорт, общество, образование, язык. – М., 2017. – С. 240–246.

УДК 629.072

Г.А. Гаспарян, И.А. Чехов

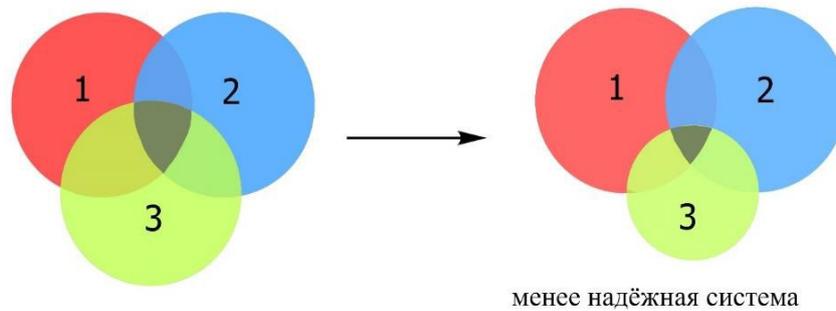
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) (г. Москва, Российская Федерация)

ПОНЯТИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕДУР И УПРАВЛЕНИЯ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ АВИАЦИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК

Модель SHELL, разработанная профессором Элвином Эдвардсом, действительно отражает важность интерфейса «человек-процедуры» (Liveware-Software). Это связующее звено между человеческими ресурсами и техническими системами. Эти факторы надежности охватывают как аспекты производственных и технологических процессов, так и эксплуатационные аспекты, и их баланс – ключевой компонент обеспечения надежности и безопасности.

Важно понимать, что ни одна система не может учесть все возможные отклонения, возникающие в процессе эксплуатации. Поэтому необходимо иметь запасные системы и резервы, чтобы обеспечить стабильную, надежную и эффективную работу. Эффективность здесь оценивается по степени достижения целей. Руководители должны рационально распределять ресурсы, учитывая множество факторов при проектировании и функционировании системы [1, с. 16].

Решающее воздействие на надежность воздушных перевозок и авиационных работ оказывают эксплуатационные факторы, ибо именно в процессе эксплуатации настоящая степень надежности становится явной [2, с. 280].



1. Надёжность технических устройств
2. Надёжность персонала
3. Надёжность процедур

Рисунок – Парадигма надежности (общая надежность системы ниже)

Следует подчеркнуть, что вопросам обеспечения высокой надежности при создании летательных аппаратов (ЛА) и авиационных систем всегда уделялось большое внимание. Уровень подготовки персонала и его физическое состояние строго контролируются. В то время как, вопросы, связанные с надежностью процедур, долгое время оставались на периферии научных исследований. Это включает в себя надежность управления, организацию эксплуатации и другие важные аспекты, связанные с организацией воздушного движения и его регулированием.

Возвращаясь к предложенной выше общей парадигме надежности, следует подчеркнуть, что все три составляющие – надежность технических устройств, надежность персонала и надежность процедур (управления) – должны находиться в тесном взаимодействии и иметь равный вес. Как видно из представленного изображения, даже если соблюдается тесное взаимодействие между всеми тремя аспектами, недостаточное внимание к одному из них может снизить общую надежность системы.

Понятие «надежность» представляет собой комплексный характер, и обеспечение надежности становится результатом объединенных усилий разработчиков, производителей и специалистов, занимающихся технической эксплуатацией. Важно понимать, что даже если воздушное транспортное средство имеет хорошую конструкцию, это само по себе не гарантирует высокой надежности. С другой стороны, даже высоконадежное изделие, разработанное и изготовленное с учетом всех технических аспектов, может оказаться неработоспособным из-за ненадлежащего обслуживания или неправильной эксплуатации. Это подчеркивает важность квалификации и обучения персонала, а также строгое соблюдение процедур технического обслуживания и регулярного контроля [3, с. 90].

В существующей литературе действительно уделяется много внимания надежности технических устройств, и часто это связано с анализом надежности воздушных судов (ВС). Также часто обсуждается человеческий фактор (ЧФ) в контексте летного персонала, особенно экипажей. Однако следует подчеркнуть, что успешное обеспечение безопасности и надежности полетов зависит от согласованных усилий всех участников авиационной индустрии, включая

эксплуатантов ВС, эксплуатантов аэродромов и поставщиков обслуживания воздушного движения (ОВД).

В данном контексте, надежность процедур управления (управленческой надежности) играет важную роль и включает в себя все аспекты, связанные с поставщиками услуг, занимающимися аэронавигационным обслуживанием полетов ВС. Ответственность за разработку и внедрение стандартов управления безопасностью полетов (СУБП) действительно лежит на эксплуатантах, так как они имеют глубокое понимание своих операций и специфики.

На практике понятие «приемлемый уровень безопасности полетов» выражается через использование конкретных показателей и целевых уровней безопасности полетов. Эти метрики представляют собой важные инструменты оценки и обеспечения безопасности в авиации.

Показатели безопасности полетов и установленные стандарты безопасности могут различаться. Например, показатель безопасности полетов может оцениваться как 0,5 инцидентов с человеческими жертвами на 100 000 летных часов эксплуатации, в то время как целевой уровень безопасности предполагает уменьшение этого коэффициента на 50 %. Однако существуют и случаи, когда эти показатели совпадают. Например, показатель безопасности полетов составляет 0,5 инцидентов с человеческими жертвами на 100 000 летных часов эксплуатации, и целевой уровень безопасности полетов также устанавливается на уровне не более 0,5 инцидентов с человеческими жертвами на 100 000 летных часов эксплуатации [4, с. 7].

Как подчеркивает В. Н. Шкляр, «эффективность функционирования технических систем в значительной степени зависит от надежности как отдельных компонентов, так и элементов, обеспечивающих их взаимодействие». Важно отметить, что в условиях постоянного развития авиационной техники и увеличения нагрузки на человеческий фактор, введение термина «эксплуатационный отказ» свидетельствует о возрастающем внимании к нарушениям правил и условий эксплуатации как одному из ключевых факторов, влияющих на безопасность полетов [5, с. 15].

SOPs (Standard Operating Procedures), или стандартные операционные процедуры, играют ключевую роль в обеспечении безопасности полетов. Они устанавливают стандарты и последовательность действий как для диспетчеров, так и для членов экипажа. Однако, как вы верно отметили, существует проблема с тем, что экипажи иногда отклоняются от установленных процедур.

Из методического пособия «Рекомендации по разработке и внедрению стандартных эксплуатационных процедур» (в дальнейшем – Рекомендации):

СОПы совершенно справедливо считаются основой безопасного выполнения полетов. Эффективность взаимодействия членов летного экипажа при выполнении полета зависит от того, насколько одинаково и правильно пилоты понимают модель выполнения каждой процедуры. Данные модели в свою очередь основаны на СОПах (таблица) [6, с. 9].

Таблица – Факторы SOP

Факторы SOPs	%
Невыполнение действия, или неправильное действие	72
Невыдерживание критериев стабилизированного захода на посадку	66
Плохое взаимодействие, контроль и взаимопомощь	63
Недостаточная ситуационная осознанность	52
Неадекватное или недостаточное понимание условий	48
Медленное или позднее действие	45
Намеренное отклонение от процедур	40
Ошибки при ведении радиообмена	33
Неправильное использование автоматики	20

Эффективное внедрение СОПов в авиацию зависит от нескольких фундаментальных факторов:

- практичность формулировки;
- понимание необходимости;

- четкость и разграничение ролей;
- обучение персонала;
- пример со стороны лидеров;
- контроль и обратная связь.

Все эти элементы в совокупности содействуют успешному внедрению и соблюдению СОПов, что в конечном итоге способствует безопасности полетов [6, с. 7].

В результате СОПы, представленные производителем, могут быть приняты эксплуатантом без изменений или использоваться как основа для разработки кастомизированных СОПов, которые лучше отвечают нуждам и философии авиакомпании.

Однако, важно учитывать, что в авиационных организациях, включая регулирующие органы, постоянно происходят изменения, будь то расширения, сокращения или корректировки в системах, оборудовании, правилах, программах и регламентах.

Следует отметить, что при внесении таких изменений могут возникнуть непреднамеренные опасные факторы, которые могут угрожать безопасности персонала, целостности оборудования и инфраструктуры. Эти потенциальные угрозы могут включать в себя все, что способно причинить вред, уничтожить материалы или нарушить функциональность систем.

Поэтому крайне важно иметь систему по выявлению и анализу этих опасных факторов. Эти факторы могут проявляться на всех уровнях организации и могут быть выявлены при помощи систем сбора и анализа данных, в процессе регулярных проверок и инспекций.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Петров, В. А. Планирование гибких производственных систем / В. А. Петров, А. Н. Масленников, Л. А. Осипов. – Ленинград, 1985. – 320 с.
2. Масленников, П. А. Взаимосвязь надежности и эффективности в производственных системах / П. А. Масленников // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2006. – № 1. – С. 13–18.
3. Чинючин, Ю. М. Взаимосвязь заказчика и поставщика как фактор обеспечения надежности авиационной техники / Ю. М. Чинючин, П. Д. Жильцов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2009. – № 47. – С. 54–58.
4. Малыгин, В. Б. Обеспечение безопасности полетов при управлении воздушным движением : учебное пособие / В. Б. Малыгин, Е. Е. Нечаев. – М., 2011. – 320 с.
5. Шкляр, В. Н. Надежность систем управления : учебное пособие / В. Н. Шкляр. – Томск, 2009. – 250 с.
6. Рекомендации по разработке и внедрению стандартных эксплуатационных процедур (SOP) : методическое пособие. – М., 2016. – 25 с.

УДК 621.396

И.В. Рожков¹, Т.А. Шарай², Е.С. Грабовская²

¹Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»,

²Учреждение образования «Национальный детский технопарк»

ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ И ПУТИ ИХ РЕШЕНИЯ

Спутниковая навигационная система (СНС) определяет положение беспилотного летательного аппарата (БЛА) в пространстве путем подсчета расстояния от нескольких спутников до приемника. Эта система отличается точностью, потому в данный момент

используется повсеместно. Однако при нарушении работы СНС БЛА переходят в режим автономной работы, использующей инерциальные навигационные системы (ИНС).

ИНС делятся на имеющие гиросtabilизированную платформу – платформенные ИНС и не имеющие – бесплатформенные (БИНС). Первые сегодня практически не используются в авиации. В свою очередь у БИНС есть погрешность в определении координат, которая накапливается с течением времени от момента точки отсчета, которой является последняя достоверная координата, полученная от системы спутниковой навигации.

Необходимой точностью для достаточно продолжительного полета обладают БИНС, в основе которых лежит использование лазерного или волоконно-оптического гироскопа. Российская Федерация входит в пятерку стран, которые освоили технологии создания БИНС (разработку таких систем ведет АО «КРЭТ») [1].

Поскольку погрешность ИНС обратно пропорционально зависит от частоты корректировки координат, предлагается размещение наземных стационарных пунктов. Данные пункты на протяжении всего полета независимо от того работает СНС или нет через транспондер, установленный на БЛА, будут передавать их геопозицию, тем самым начальная точка отсчета у ИНС будет обновляться. Данный метод поможет ИНС работать без весомых погрешностей.

На данный момент существует общая проблема полетов БЛА в воздушном пространстве (могут летать только в выделенной им зоне, которая предварительно заказывается в специальном подразделении).

Данную проблему может решить внедрение в навигационную систему датчика, который будет передавать на общую частоту в центр управления полетами высоту и точные координаты аппарата, тем самым БЛА включается в общую систему полетов.

Эта технология используется на пилотируемых самолетах. Таким методом они сообщают информацию о высоте и местонахождении летательного аппарата в центр управления полетами (ЦУП).

Automatic Dependant Surveillance Broadcast (автоматическое зависимое наблюдение-вещание), или ADS-B использует систему GPS, передает информацию в ЦУП, а также позволяет не только диспетчеру, но и пилоту видеть обстановку в воздухе там, где происходит полет [2].

Для удобства отслеживания полетов пилотируемых летательных аппаратов существует интернет-платформа FlightRadar24.com.

Предлагается создать подобную систему отслеживания БЛА как и для пилотируемых летательных аппаратов и внедрить данную систему в уже существующий вышеуказанный сайт. Такая система позволила бы безопасно и эффективно интегрировать БЛА в общее воздушное пространство.

Проблемы использования воздушного пространства БЛА не имеют свое решение в пределах территории Республики Беларусь. В Российской Федерации данные вопросы также не решены.

Таким образом, предложенные варианты могут помочь решить проблемы использования воздушного пространства беспилотными летательными аппаратами.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Авиация России. Гражданская авиация, пассажирские и боевые самолеты и вертолеты России, новости и история российской и советской авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://aviation21.ru/inercialnaya-navigacionnaya-sistema-dlya-bpla/>. – Дата доступа: 20.10.2023.

2. Британская вещательная корпорация «BBC News Русская служба» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.bbc.com/russian/international/2016/05/160520_qa_transponders_track_plane. – Дата доступа: 20.10.2023.

УДК 656.7; 656.014

О.Г. Жданович, О.Н. Скрыпник

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ЛИЦ ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Аэропорт является одним из наиболее уязвимых транспортных объектов с точки зрения криминально-террористических угроз. Террористические акты на объектах гражданской авиации (ГА) ведут к многочисленным жертвам, наносят существенный урон престижу страны, отрицательно влияют на экономику и существенно дестабилизируют общественную безопасность. В связи с этим обеспечение авиационной безопасности является важной составляющей обеспечения безопасности на транспорте.

Данные, опубликованные в отчете (ASR) за 2022 г. Европейского агентства по безопасности полетов (EASA), показывают соотношение авиационных происшествий/актов незаконного вмешательства и числа смертельных исходов (рисунок 1).

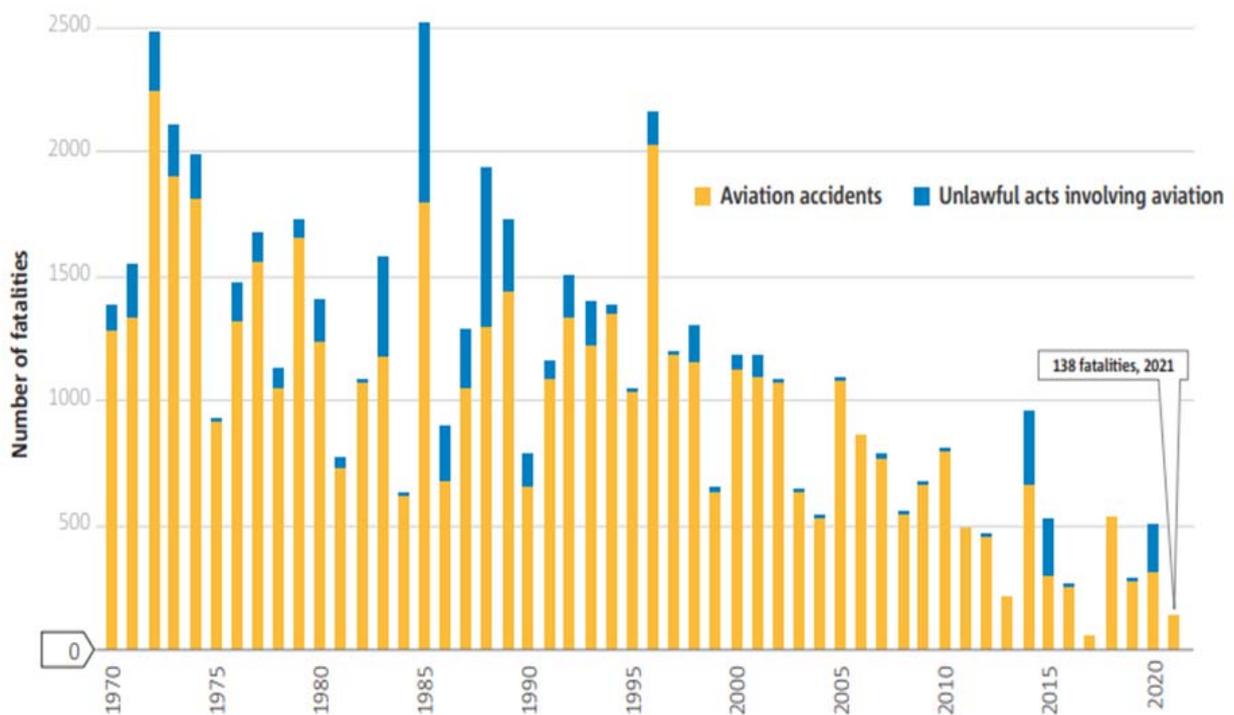


Рисунок 1 – Количество авиационных происшествий и АНВ со смертельным исходом

Ежегодно многие страны мира пересматривают и совершенствуют системы безопасности и технические средства ее обеспечения в национальных аэропортах, что приводит к усилению мер безопасности во всех зонах аэропортов, включая контрольно-пропускные пункты. В эти меры входят введение службы кинологов, оборудование детекторами взрывчатых веществ, а также команды профайлеров [1].

С учетом специфики объектов ГА, одним из основных способов предотвращения актов незаконного вмешательства служит организация своевременного выявления потенциально опасных лиц (ПОЛ). Эффективным средством в задаче выявления ПОЛ являются биометрические системы, и прежде всего системы и методы, позволяющие определять мысли, намерения и психоэмоциональное состояние человека (ПЭС).

Основной задачей биометрических систем (3-го поколения) является выявление личностей, собирающихся совершить террористический акт и представляющих опасность

для транспортной инфраструктуры. Рассмотрим вопросы практической реализации таких систем в США (система SPOT) и России (система виброизображения).

Система *SPOT* (*Screening of Passengers by Observation Techniques*) разработана Департаментом транспортной безопасности США как программа идентификации поведения и состояния пассажиров. SPOT использует для характеристики лояльности человека интегральные поведенческие индикаторы, характеризующие уровни стресса, страха и лжи. Основной действующей силой проекта SPOT являются специалисты по анализу поведения BDO (*Behavior Detection Officers*), визуально анализирующие психоэмоциональное состояние и намерения человека, выявляя из пассажиропотока людей, поведение которых выделяется из общего уровня.

Алгоритм поведенческого контроля и выявления потенциально опасных пассажиров, реализуемый SPOT, включает три этапа:

– этап 1 – BDO сканирует пассажиров на линии контроля багажа и выявляет пассажиров с повышенными уровнями стресса, страха и лжи.

– этап 2 – BDO проводит персональную беседу с выявленными пассажирами, проверку их документов. Если в процессе поведенческого контроля BDO считает, что пассажир не представляет опасности, то он допускается к посадке. В противном случае пассажир передается представителю полиции.

– этап 3 – представитель полиции (LEO) определяет, есть ли причины для задержания подозрительного пассажира, или допускает его к посадке.

Система виброизображения является российской разработкой, позволяющей дистанционно идентифицировать и измерять психоэмоциональное, психофизиологическое состояния человека. В основе технологии виброизображения лежит компьютерный анализ движений и микродвижений человека. Показатель уровня опасности или лояльности человека определяется по расчету трех поведенческих индикаторов, относительно похожих на индикаторы программы SPOT, включающих уровни агрессии, стресса и тревожности контролируемого человека. Превышение установленных пределов одного из указанных индикаторов или усредненного значения их суммы означает немедленную фиксацию контролируемого человека системой виброизображения и необходимость проведения повторного усиленного контроля зафиксированного человека [3].

Система виброизображения, в качестве одной из ступеней системы обеспечения безопасности (рисунок 2), прошла успешную апробацию во время Олимпийских игр 2014 г. в Сочи.



Рисунок 2 – Система обеспечения безопасности на ОИ-2014

Проведем сравнительный анализ указанных методов профайлинга.

Цели у обоих методов одинаковые – выявление людей, которые представляют или могут представлять опасность для транспортной системы и государства. Критерии оценки, или индикаторы ПЭС, в целом так же схожи, – это три интегральных показателя ПЭС. Превышение любого из показателей служит основанием для остановки пассажира для второго этапа контроля.

Основное и принципиальное различие заключается в методе контроля – с помощью начального наблюдения профайлером (SPOT) или технической системой виброизображения. Условно можно считать, что оба указанных метода имеют близкую эффективность (условно – потому что методы оценки эффективности нуждаются в доработке и стандартизации). Метод технического профайлинга имеет преимущество над человеческим наблюдением за счет объективности оценки и реального измерения психофизиологических характеристик человека [2]. Метод визуального наблюдения проще для развертывания на любом месте, он не предъявляет специальные требования к месту контроля. С точки зрения стоимости, при массовом контроле технический профайлинг значительно дешевле и надежнее, чем визуальный контроль.

Следует отметить, что технологию виброизображения следует совершенствовать и развивать. Одним из направлений развития должно стать совершенствование алгоритмов обработки изображений, уменьшающих влияние движения посторонних объектов в кадре на результаты анализа. Другим направлением развития должна стать разработка и стандартизация методов оценки эффективности контроля ПЭС человека.

Наиболее оптимальным для обеспечения безопасности на объектах авиационной транспортной инфраструктуры является комплексный подход, основанный на сочетании технического профайлинга всего потока пассажиров с визуальным профайлингом людей, выявленных системой виброизображения. Такая комплексная организация контроля имеет все преимущества (объективность, производительность, дешевизну) от сочетания технического и визуального профайлинга и должна быть одним из элементов авиационной транспортной безопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волынский-Басманов, Ю. М. Профайлинг. Технологии предотвращения противоправных действий : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальностям «Юриспруденция» и «Правоохранительная деятельность» / Ю. М. Волынский-Басманов, Н. Д. Эриашвили. – М. : ЮНИТИ-ДАНА : Закон и право, 2010. – 223 с.

2. Молодцова, Е. Ю. Использование технологии профайлинга в обучении специалистов служб безопасности для транспортной отрасли / Е. Ю. Молодцова. – М. : Педагогика высшей школы, 2015. – 189 с.

3. Целуйко, А. В. К вопросу подготовки квалифицированных сотрудников транспортной полиции в условиях проведения массовых спортивных мероприятий / А. В. Целуйко // Транспортное право. – 2013. – № 2 (2). – С. 76–80.

УДК 369.2

Л.С. Ильина, З.В. Машарский

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЭКСПЛУАТАНТОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИЕ АВИАЦИОННЫЕ ПЕРЕВОЗКИ

В Воздушном кодексе Республики Беларусь под «эксплуатантом» понимается организация, гражданин или иной субъект гражданского права, имеющие воздушное судно (воздушные суда) на праве собственности, хозяйственного ведения или оперативного управления, а также на основании договора аренды, договора фрахтования или иного договора и использующие воздушное судно (воздушные суда) для полетов [1].

Обеспечение эксплуатационной безопасности воздушного судна является сложной проблемой, которая решается поочередно на всех этапах функционирования воздушного транспорта. Требования, предъявляемые к безопасности, выполняются при создании воздушных судов и в процессе их эксплуатации. Эксплуатационная безопасность обусловлена не только состоянием систем самого воздушного судна, но и разнообразными факторами, связанными с функционированием различных звеньев авиационно-транспортной системы, которые могут проявиться в процессе выполнения полетов.

Эксплуатант несет ответственность за:

а) безопасное осуществление полетов;

б) выполнение требований и условий, которые приняты государством эксплуатанта.

Формируя требования к эксплуатационной безопасности, ИКАО обязывает государства разработать авиационные правила, в которых содержались бы государственные требования ко всем эксплуатантам, осуществляющим свою деятельность на территории государства при коммерческих воздушных перевозках и авиационных работах.

К основным нормативным правовым актам Республики Беларусь, регулирующим деятельность гражданской авиации в области сертификации эксплуатантов следует отнести:

а) Кодекс Республики Беларусь от 16.05.2006 № 117-З «Воздушный Кодекс Республики Беларусь» (с изменениями и дополнениями);

б) авиационные правила «Сертификация деятельности эксплуатантов, осуществляющих (планирующих) авиационные перевозки (работы) на гражданских воздушных судах», утвержденные постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 18.12.2020 № 58.

Департамент по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь обеспечивает государственное регулирование деятельности эксплуатанта на международных авиаперевозках с введением следующих систем:

– сертификация эксплуатанта (СЭ) и выдача свидетельства соответствия его, установленным требованиям и условиям для международных авиаперевозок;

– регулярное инспектирование эксплуатационной деятельности авиационных организаций, и принятие соответствующих мер ограничения или прекращения его деятельности при несоблюдении установленных требований и норм.

Для получения сертификата эксплуатант должен иметь определенную техническую базу и персонал, чтобы выполнять как минимум оперативное техническое обслуживание ВС. При этом подразумевается, что эксплуатант знает свою авиатехнику, способен оперативно устранять отказы и неисправности, имеет службу контроля, необходимое минимальное оборудование, запасные части и т. д. [2].

Департаментом по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь с целью реализации основных положений нормативных правовых актов, регулирующих деятельность гражданской авиации в области сертификации эксплуатантов, было разработано и утверждено приказом директора Департамента по авиации от 22.12.2018 № 291 «Руководство по процедурам сертификации и надзора за эксплуатантами гражданских воздушных судов» (далее – Руководство), которое предназначено для применения инспекторским составом Департамента по авиации при организации и проведении работ по сертификации, инспектированию и надзору за эксплуатантами воздушного судна Республики Беларусь, а также для будущих эксплуатантов при их подготовке к сертификации.

Настоящим Руководством устанавливаются следующие процедуры:

а) первоначальной выдачи СЭ;

б) продления срока действия СЭ;

в) внесения изменений в условия эксплуатации воздушного судна (эксплуатационные спецификации);

г) приостановление, прекращение действия и аннулирование СЭ;

д) контроля деятельности эксплуатантов, включая регулярное инспектирование, принятие и исполнение решений по результатам инспекций.

Авиационные правила «Сертификация деятельности эксплуатантов, осуществляющих (планирующих) авиационные перевозки (работы) на гражданских воздушных судах», утвержденные постановлением Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 18.12.2020 № 58, относятся к техническим нормативным правовым актам в области технического нормирования и стандартизации.

Настоящие авиационные правила регулируют отношения по организации сертификации эксплуатантов и определяют порядок первоначальной выдачи СЭ воздушного судна, продления, приостановления срока действия, внесения изменений, дополнений и ограничений в СЭ, осуществления инспекционного контроля сертифицированных эксплуатантов воздушного судна.

В соответствии с Авиационными правилами эксплуатация гражданских воздушных судов коммерческой гражданской авиацией юридическим или физическим лицом, не имеющим действующего СЭ, запрещается. СЭ выдается на срок до двух лет и не может быть передан одним юридическим или физическим лицом другому.

Специально уполномоченный орган в области гражданской авиации осуществляет постоянный контроль за выполнением эксплуатантом установленных требований по организации, обеспечению и осуществлению коммерческих воздушных перевозок и авиационных работ, соблюдением безопасности полетов. В случае нарушения эксплуатантом условий и ограничений, оговоренных в эксплуатационных спецификациях, действие СЭ может быть приостановлено. СЭ может быть аннулирован в соответствии с законодательством Республики Беларусь [3].

Эксплуатант разрабатывает Руководство по производству полетов (РПП), Руководство эксплуатанта по регулированию и процедурам технического обслуживания (РПТО), Руководство качества (РК) и эксплуатационные инструкции, содержащие установленные и принятые к исполнению авиационным персоналом эксплуатанта правила, процедуры и нормы по организации, производству и обеспечению полетов. РПП утверждается приказом руководителя специально уполномоченного органа в области гражданской авиации. РПТО и РК утверждаются руководителем эксплуатанта и согласовываются со специально уполномоченным органом в области гражданской авиации.

Таким образом, факт выдачи государством СЭ удостоверяет, что данный эксплуатант отвечает критериям государственных требований в отношении уровня эксплуатации воздушного судна и государство имеет достаточные основания считать, что данный эксплуатант в состоянии обеспечивать безопасные и эффективные полеты. Эксплуатант может осуществлять полеты, виды работ (услуг), которые указаны в СЭ и соответствуют РПП и РПТО данного эксплуатанта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воздушный кодекс Республики Беларусь [Электронный ресурс] : Закон Республики Беларусь, 16 мая 2006 г., № 117-3 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3961&p0=Hk0600117>. – Дата доступа: 23.10.2023.

2. Руководство по процедурам сертификации и надзора за эксплуатантами гражданских воздушных судов [Электронный ресурс] : постановление Министерства транспорта и коммуникаций, 22 декабря 2018 г., № 291 // Национальный правовой интернет-портал Республики Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/>. – Дата доступа: 23.10.2023.

3. Об утверждении авиационных правил «Сертификация деятельности эксплуатантов, осуществляющих (планирующих) авиационные перевозки (работы) на гражданских воздушных судах» [Электронный ресурс] : постановление Министерства транспорта и коммуникаций, 18 декабря 2020 г., № 58. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=12551&p0=W22137064p>. – Дата доступа: 23.10.2023.

УДК 629.7.017.073

Е.И. Капцевич, М.Н. Мануйлов

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОРНИТОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЛЕТОВ, НАПРАВЛЕННЫЕ НА СНИЖЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПОВРЕЖДЕНИЯ ПОСТОРОННИМИ ПРЕДМЕТАМИ И ПТИЦАМИ ДВИГАТЕЛЕЙ

Обеспечение орнитологической безопасности полетов – это весь комплекс мер, принимаемых в районах аэродромов для предотвращения угрозы столкновения самолетов с птицами. Попадание птиц в двигатели самолета может привести к аварийной ситуации и стать причиной катастрофы.

Мероприятия по орнитологическому обеспечению полетов имеют целью обеспечить устранение факторов, привлекающих птиц, и оборудование аэродромов средствами для их отпугивания.

Проблема решается с помощью регулярных эколого-орнитологических осмотров с привлечением профессиональных орнитологов. Биологическая подготовка позволяет им оценить на основе плановых осмотров и облетов территории численность популяции птиц, ее плотность в конкретных зонах и возможность угрозы для безопасности. Ключевой задачей является также оценка состояния всей прилегающей к аэродрому экосистемы, ведь на численность птиц могут повлиять такие неочевидные факторы, как динамика популяции насекомых или изменения в растительном покрове [1].

Орнитологическое обеспечение полетов сводится к изменению экологической обстановки в районе аэродромов и к отпугиванию птиц от аэродромов перед полетами и во время полетов. Возможности повышения качества орнитологического обеспечения обусловлены тем положением, что половина всех столкновений воздушных судов с птицами происходит в районах аэродромов на малых высотах.

На основе плановых осмотров и анализа экосистемы разрабатывается прогноз по орнитологической безопасности и предлагается перечень мер по ее усилению. Прежде всего предпринимаются меры по предотвращению больших скоплений птиц в зонах, особо опасных для полетов.

Поддержание незначительной численности птиц на аэродроме возможно только при систематическом целенаправленном проведении изменения экологических условий, то есть условий для обитания птиц. Отпугивание птиц биоакустическими, макетными и другими средствами, в том числе и стрельбой, обуславливает временный эффект и только дополняет, а не заменяет мероприятия по устранению основных факторов, привлекающих птиц.

Направленное изменение экологической обстановки в районе аэродромов для птиц может быть обеспечено:

- высоким травостоем (снижается популяция чаек и отряда воробьиных, но может увеличиться число хищных птиц);
- вырубкой деревьев и кустарников (снижается популяция воробьиных, но может увеличиться число куликов);
- устранением мест кормления, открытых водоемов; установкой мусоросжигающих печей на свалках; регулированием засева полей в районе аэродрома с учетом мест ночевки и мест кормления местных видов птиц; применением средств отпугивания птиц;
- лесонасаждением, устройством заповедников, созданием благоприятных условий для птиц в районах, где они не представляют опасность для ВС.

С этой целью, отпугивание птиц от аэродромов осуществляется:

- макетными отпугивающими средствами (ветряки, чучела хищных птиц и т. п.);
- акустическими и биоакустическими отпугивающими средствами (карбидные и газовые пушки, крики страха, бедствия);

– лазерные установки, механические отпугиватели, зеркальные шары, манекены и даже составом стартового наряда (ракетницами).

Всего существует более 100 видов технических средств, которые отпугивают пернатых из ключевых для полетов зон.

Учитывая, что птицы высокоорганизованные, хорошо приспосабливающиеся к изменениям в среде обитания существа, успех в отпугивании птиц от аэродрома может быть достигнут только при аperiodическом комплексном применении всех имеющихся средств отпугивания и постоянном поиске, и внедрении новых. Так, например, вертушки, чучела и пугала следует выставлять лишь на полеты, в разных местах и с изменением формы, цвета и т. п. Места установки карбидных (газовых) пушек также изменять, согласуя их с размещением чучел, вертушек [2].

Одним из наиболее эффективных способов отпугивания птиц от аэродрома считается применение периодического проблескового света в сочетании с биоакустическими средствами (крики бедствия, пушки). При этом важно, чтобы на высококачественную магнитофонную пленку были записаны крики бедствия местных птиц.

Исходя из индивидуальных особенностей каждого аэродрома, методы изменения экологической обстановки, состав и размещение технических средств отпугивания птиц должны устанавливаться с учетом маршрутов перелетов мигрирующих и оседлых птиц, разрабатываемых метеослужбой авиационной части, то есть карт-схем орнитологической обстановки.

Орнитологическое обеспечение безопасности полетов требует разностороннего комплексного и творческого подхода, который должен применяться индивидуально в зависимости от видового состава птиц, но и в каждом аэропорту. Ключевым моментом успешности работы авиационного орнитолога является понимание предпосылок поведения птиц на летном поле. Тем не менее, в работе авиационного орнитолога все же имеет место процент случайности, в связи с которым следует придерживаться правила «потенциальной опасности для ВС любого вида птиц». При прогнозировании орнитологической напряженности, помимо статистических данных о количественно-видовом составе птиц следует учитывать текущие факторы – погодные условия, урожайность, проведение каких-либо работ (землеобработка, строительство и пр.) в контролируемой зоне, что влияет на локальное распределение птиц и степень их самолетоопасности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Безопасность полетов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://proektoria.online/catalog/professions/speczialist-po-ornitologicheskoy-bezopasnosti-polyotov>. – Дата доступа: 02.10.2023.
2. Концептуальные подходы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninkru/article/n/kontseptualnye-podhody-k-ornitologicheskomu-obespecheniyu-bezopasnosti-polyotov-vozdushnyh-sudov/viewer>. – Дата доступа: 02.10.2023.

УДК 629.7

С.А. Коршак, Р.В. Шиман, А.Н. Марчук

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА

Прогрессивным инструментом для обеспечения безопасности полетов (БзП) в мировой практике является система управления рисками [1]. В рекомендациях ИКАО [2] как инструмент оценок рисков предлагается только матрица риска, применение которой имеет

следующие ограничения: не предназначена для количественных оценок, не учитывается способность АС противостоять угрозам, появление неопределенности при значениях вероятностей и тяжести последствий, расположенных вблизи границы диапазонов.

Проведенный анализ показал, что описанных выше недостатков лишены методики, основанные на использовании математического аппарата теории нечетких множеств (ТНМ) [3].

Для построения нечеткой модели оценки риска для БзП предлагается в качестве выходной переменной использовать лингвистическую переменную (ЛП) «Риск», в качестве выходных: «Вероятность опасного фактора (ОФ)», «Тяжесть последствий» и «Степень парирования». ЛП «Степень парирования» характеризует потенциальную возможность устранения опасного фактора, например, своевременными и правильными действиями экипажа, при его воздействии на авиационную систему в полете. В таблице 1 приведено описание ЛП для оценки риска.

Таблица 1 – Описание ЛП

Наименование ЛП	Множество значений	Терм-множество T
Риск	$r_0 \in R = [0...1]$	{низкий; умеренный; существенный; высокий; очень высокий}
Вероятность ОФ	$p_0 \in P = [0...1]$	{часто; иногда; маловероятно; крайне маловероятно; практически невозможно}
Тяжесть последствий	$s_0 \in S = [0...10]$	{отклонение; авиационный инцидент (АИ); серьезный авиационный инцидент/с повреждением ВС (САИ/САИП); авария; катастрофа}
Степень парирования (вероятность парирования)	$v_0 \in V = [0...1]$	{высокая, средняя, незначительная, меры по предотвращению отсутствуют}

В общем виде схема процесса нечеткого логического вывода оценки риска для БзП с использованием ТНМ представлена на рисунке 1.



Рисунок 1 – Схема процесса нечеткого логического вывода оценки риска

Задача разработки модели процесса представлена в виде следующей последовательности действий:

- построение ФП $\mu_{Di}(r)$, $\mu_{Aj}(p)$, $\mu_{Bk}(s)$, $\mu_{Cl}(v)$ ЛП;
- формирование правил Π_i в базе знаний системы нечеткого логического вывода;
- математическое описание процесса нечеткого логического вывода (фаззификация, непосредственно нечеткий логический вывод, дефаззификация);
- моделирование схемы логического вывода и оценка адекватности.

Приведенный алгоритм был реализован на языке программирования *Python 3.6* с использованием библиотеки, предназначенной для работы с нечеткой логикой *scikit-fuzzy*. На рисунке 2, в качестве примера, приведены этапы нечеткого логического вывода по Мамдани, для оценки риска r_0 ОФ заключающегося в превышении допустимого угла атаки $\alpha_{доп}$ летчиком, при выполнении следующего полета.

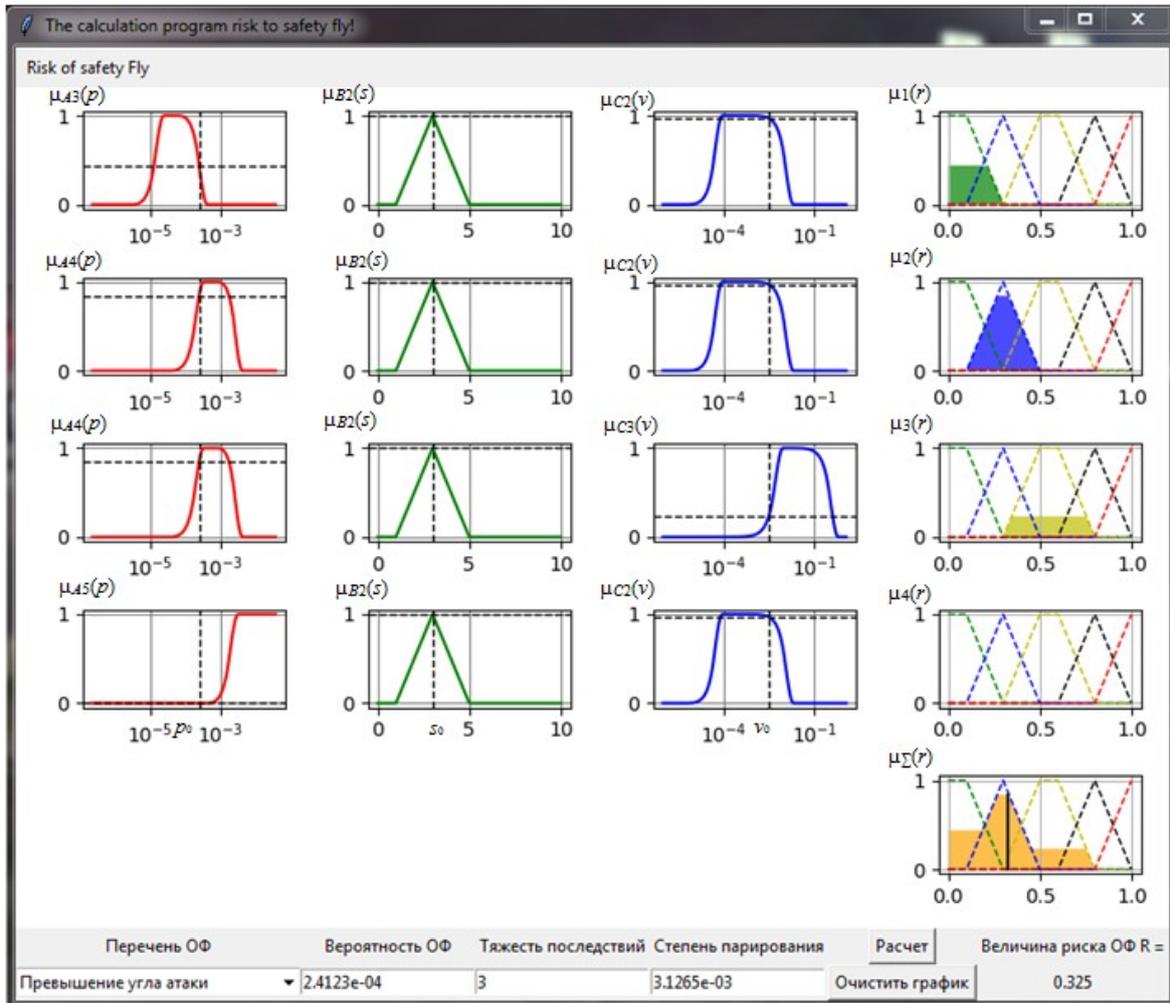


Рисунок 2 – Этапы нечеткого логического вывода для оценки риска

Количественная оценка риска r_0 получена в результате преобразования комбинированной функции принадлежности $\mu_{\Sigma}(r)$, сформированной путем объединения всех правил $\mu_i(r)$ в базе знаний в четкое число по формуле [3]

$$r_0 = \frac{\int r \mu_{\Sigma}(r) dr}{\int \mu_{\Sigma}(r) dr}, \quad R = [0...1]. \quad (1)$$

Проведенные исследования показали, что применение в качестве методического инструмента математического аппарата ТНМ позволяет определить количественную оценку риска r_0 для БзП, по параметрам вероятности ОФ p_0 , тяжести последствий s_0 и степени парирования v_0 с учетом неопределенности входных данных, установленной руководящими документами.

Управление рисками для БзП осуществляется путем сравнение расчетного значения риска каждого ОФ (1) с приемлемым и допустимым уровнями. Уровни приемлемого $R_{пр}$ и допустимого $R_{доп}$ риска могут определяться также соотношением затрат и выгод по его уменьшению, а для военной авиации – еще и особым периодом и могут уточняться в процессе эксплуатации.

На рисунке 3 приведены обобщенные поверхности рисков $R_{доп}$ и $R_{пр}$, разбивающие пространство признаков $\{P, V, S\}$ вероятности ОФ P , тяжести последствий S и вероятности парирования ОФ V на области приемлемого, допустимого и неприемлемого риска.

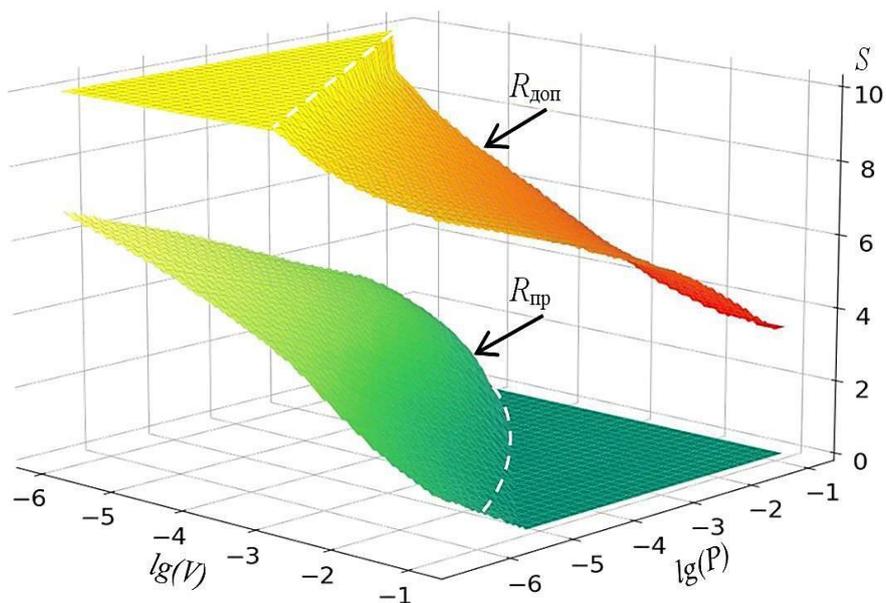


Рисунок 3 – Поверхности допустимого $R_{доп}$ и приемлемого $R_{пр}$ рисков

Сравнение расчетного значения риска каждого ОФ (1) с приемлемым и допустимым уровнями (рисунок 3) позволяет своевременно выявлять возможные причины возникновения аварийных ситуаций с учетом условий выполнения полета.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Концепция обеспечения безопасности полетов государственной авиации Республики Беларусь. – Минск, 2013. – 56 с.
2. DOC 9859 AN/474. Руководство по управлению безопасностью полетов. – Монреаль, 2013. – 120 с.
3. Борисов, В. В. Нечеткие модели и сети. – 2-е издание / В. В. Борисов, В. В. Круглов, А. С. Федулов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2012. – 284 с.

УДК 656.62

В.Н. Костров, А.О. Ничипорук, А.П. Бафанов

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта»
(г. Нижний Новгород, Российская Федерация)*

СКОРОСТНЫЕ ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУДОВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ И ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ И ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ИХ ИНФРАСТРУКТУРЫ

В соответствии с Транспортной стратегией Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом на период до 2035 года, а также исходя из современного социального запроса населения по транспортному обслуживанию, в Нижегородском регионе инициирована работа по реформе транспортной системы. Модернизация и трансформация транспортной системы предполагает наряду с развитием железнодорожного и автомобильного мультимодального сообщения более активное вовлечение в осуществление пассажирских и грузовых перевозок внутреннего водного транспорта. Этому способствует взятый правительством курс на повышение экологичности и безопасности перевозок

(применительно к чему водный транспорт обладает более выигрышными позициями по сравнению с другими видами транспорта) а также совершенствование конструкции флота, в частности, судов на воздушной подушке (СВП) и подводных крыльев (СПК), позволяющей повысить эффективность и надежность их эксплуатации, увеличить сроки навигации (вплоть до круглогодичной) [2, 3]. Еще одним положительным моментом в повышении конкурентоспособности и привлекательности воднотранспортных перевозок является совершенствование транспортно-технологических схем и технологии перевозок на основе принципов логистики.

Современный отечественный опыт использования скоростного флота показывает, что в основном соответствующие пассажирские линии организуются и эффективно работают в условиях, когда альтернативные маршруты либо отсутствуют, либо их использование оказывается слишком затратным как для пассажиров, так и для властей.

Основное внимание при организации работы отечественных высокоскоростных пассажирских линий на водном транспорте делается на приобретении и эксплуатации соответствующего флота. Обустройство портово-пристанской и сервисной инфраструктуры при этом отходит на второй план. Отчасти это связано с аналогичной ориентацией властей и нормативно-правовым обеспечением субсидирования, льготного приобретения и использования подвижного состава, но не создания и развития его ремонтной, отстойной, сервисной базы. Активно используется лизинг, аренда, субсидирование перевозок по отношению к флоту. Поиск, обустройство, ремонт и дальнейшее развитие другой инфраструктуры (за исключением подвижного состава) становится прерогативой самих эксплуатантов. Поэтому те вынуждены подыскивать и использовать существующие объекты, брать их в аренду у других компаний. Так, например, эксплуатирующее в Нижегородской области суда на подводных крыльях «Валдай» ООО «Водолет» пристанскую инфраструктуру частично арендует у другого перевозчика – компании «Водоходь».

Рассмотрим, как обстоит ситуация с аналогичными перевозками и их инфраструктурным обеспечением за рубежом.

Как показано в [6] на примере Великобритании, при устройстве и организации работы скоростных воднотранспортных пассажирских линий с наличием и развитием инфраструктурных объектов также имеется ряд проблем. Анализ требований развития инфраструктуры по 11 терминалам показал, что тем необходима новая рампа или глубоководный док, парковка, отсутствуют подъездные пути, иначе возникает необходимость пассажирам идти далеко пешком (что отпугивает потенциальных клиентов). Похожая ситуация наблюдается в США.

В менее развитых странах, например, в Индонезии, положение с созданием и развитием инфраструктуры скоростных пассажирских перевозок дело обстоит еще хуже [5]. Имеется значительно ограниченная воднотранспортная и туристическая инфраструктура. Отсутствуют нормальные подъездные автодорожные пути к берегу (причалу), нет должного стыкового узла для посадки пассажиров с морского транспорта на речные лодки (катера). Сами речные транспортные средства построены с соблюдением минимальных требований и рассчитаны лишь на перевозку относительно небольшого количества пассажиров, без обеспечения для них должного уровня комфорта, вплоть до частичного отсутствия посадочных мест.

Примечательно, что портово-пристанская инфраструктура за рубежом предполагает наличие причала (часто необорудованного, это может быть просто огороженный участок берега, реже – плавучий док), а также парковочного места для стоянки автомобилей или автобусов, на которых прибывают пассажиры. Соответственно, основные статьи затрат формируют они. Наличие пунктов обслуживания и отдыха пассажиров, комнаты матери и ребенка, медицинского обслуживания, багажного отделения, сервисной инфраструктуры не предусмотрено, так как считается, что это будет организовано в населенном пункте или торгово-развлекательном центра, к которому примыкает организуемый терминал. Тогда как в наших нормативно-правовых актах, регламентирующих работу пассажирского водного транспорта, данные требования прописаны, и для их выполнения эксплуатантам либо

приходится активно развивать и расширять свою портово-пристанскую инфраструктуру, либо подыскивать и использовать существующую (например, близлежащие речные вокзалы и т. п.).

С целью изучения актуальных проблем в области инфраструктурного и организационного обеспечения скоростных пассажирских перевозок было проведено анкетирование применительно к региональным и межрегиональным перевозкам [4]. Исследование региональных пассажирских перевозок в судах на подводных крыльях базировалось на опросах, проводимых с пассажирами на маршрутах Н. Новгород – Балахна, Балахна – Н. Новгород, Н. Новгород – Городец, Городец – Н. Новгород.

Результаты проведенных опросов показывают, что потребителей (пассажиров) в целом удовлетворяет скорость перевозки (на примере судов на воздушной подушке «Валдай 45Р»). Однако их также интересует общая продолжительность поездки с учетом использования комбинированных сообщений и других видов транспорта (прежде всего, автомобильного). В этом случае их интересует надежность графика и совершения поездок, а также минимальные временные задержки в пунктах пересадки и разница в стоимости по сравнению с прямым автомобильным или железнодорожным вариантом. Также многие респонденты обращают внимание на развлекательный характер совершаемых поездок, для чего желательно распространять сувенирную и памятную продукцию, организовывать продажу прохладительных напитков и питания в пунктах остановки, при значительных перерывах между прибытием и отправлением судна организовывать экскурсионное обслуживание. Отсюда следует, что в остановочных пунктах необходимо наличие соответствующей развлекательной и сервисной инфраструктуры (автоматы с едой и напитками, места отдыха и времяпрепровождения, детские комнаты, туристические и экскурсионные представители и др.). Для людей с ограниченными возможностями необходимо предусмотреть удобный спуск и подъем, средства, повышающие доступность воднотранспортных перевозок.

С учетом значительных капитальных вложений в создание и оснащение инфраструктуры скоростных перевозок актуальной задачей является определение оптимального количества остановочных пунктов, из оснащенности с учетом прогнозируемой востребованности перевозок и конкретных остановок на маршруте, а также потребных затрат в сервисную, техническую, а также обеспечивающую безопасность экипажа и пассажиров инфраструктуру.

Таким образом, можно заключить, что в отечественной и зарубежной транспортной отрасли применительно к сфере воднотранспортных скоростных пассажирских перевозок существует ряд актуальных и нерешенных проблем в части развития и поддержания причальной и портово-пристанской инфраструктуры как в области муниципального, так и коммерческого характера [1]. Разница состоит в многообразии финансовых, экономических, административных и других механизмов поддержки этого развития. У нас активно применяются инструменты государственно-частного партнерства, лизинга и субсидирования перевозок, тогда как за рубежом данные меры дополняются целым набором федеральных и региональных финансовых и грантовых программ поддержки, льготирования перевозок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бафанов, А. П. Анализ современного состояния и направлений развития пассажирского транспорта до 2035 г. / А. П. Бафанов // Научные проблемы водного транспорта. – 2012. – № 70. – С. 98–109.
2. Любимов, В. И. Техничко-эксплуатационные аспекты использования скоростных судов в транспортной системе Российской Федерации / В. И. Любимов, Ю. Г. Вараков, В. И. Барышев // Научные проблемы водного транспорта. – 2020. – № 62. – С. 62–70.
3. Телегин, А. И. Принципы организации круглогодичной перевозки пассажиров на внутригородских и пригородных маршрутах судами на воздушной подушке / А. И. Телегин, А. В. Дмитриева // Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек. – 2016. – № 5. – С. 56–60.

4. Шалаева, Ж. Ю. Перспективы развития туризма в Нижегородской области с использованием скоростного флота / Ж. Ю. Шалаева, О. Л. Домнина // Проблемы использования и инновационного развития внутренних водных путей в бассейнах великих рек. – 2019. – № 8. – С. 25–30.

5. Darmawan, A. The Existence of Water Transportation Facilities and Infrastructure in Tourism Industry / A. Darmawan, Umi Dian Adhitya Wulan Ningrum, Febrianti // Inland Waterways Journal. – 2020. – Vol. 2, № 1. – P. 77–85.

6. Hovercraft Feasibility Study // San Francisco Water Emergency Transportation Authority; Architecture, Engineering, Consulting, Operations, and Maintenance. – San Francisco : AECOM, 2020. – 98 p.

УДК 629.7

А.И. Листопад, О.Н. Скрыпник

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ CNS ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ПИЛОТИРУЕМОЙ И БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ В ОБЩЕЕ ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант T23-029).

Одна из особенностей мировой гражданской авиации на современном этапе состоит в стремительном развитии рынка беспилотных воздушных судов (БВС) и сфер их применения. В числе основных факторов, сдерживающих развитие и ограничивающих применение беспилотных авиационных систем (БАС), следует указать неэффективное решение проблем совместного использования воздушного пространства (ВП) пилотируемой и беспилотной авиацией и, как следствие, – введение ограничений на выполнение полетов БВС, связанных с обеспечением безопасности использования ВП. Очевидно, что для обеспечения и соблюдения требуемого уровня безопасности полетов и безопасной интеграции БАС в общее с пилотируемой авиацией ВП должны совершенствоваться система организации воздушного движения (ОрВД), технологии использования ВП, технические средства и инфраструктура средств связи, навигации и наблюдения.

Успешное и эффективное развитие мировой гражданской авиации в течение последних десятилетий опирается на концепцию CNS/ATM, которая представляет собой глобальную аэронавигационную систему [1] и ее развитие в рамках концепции навигации, основанной на характеристиках (Performance Based Navigation, PBN). При этом мировым авиационным сообществом признано, что развитие беспилотной авиации и ее интеграция в общее ВП должны осуществляться также в рамках указанных концепций.

Вопросы дальнейшего развития концепции и технологий CNS для обеспечения безопасной интеграции БАС в общее ВП рассматриваются в различных исследовательских проектах и научных разработках, выполняемых ведущими аэрокосмическими университетами при поддержке компаний – производителей авионики, и авиационных регуляторов. Одним из таких проектов является проект FACT (Future All Aviation CNS Technology), который, согласно его целевым установкам, станет будущим всех технологий CNS.

Проект FACT является одним из исследовательских проектов SESAR, был начат в 2020 г. и финансируется Honeywell, Nokia Solution and Networks, AOPA, Sarp Aviation, Eurocontrol. Основной целью проекта является разработка концепции интегрированной системы управления воздушным движением (iCNS), основанной на Performance Based Navigation (PBN), с целью решения существующих и будущих задач ОрВД наиболее эффективным с точки зрения затрат способом, не оказывая негативного влияния на общую безопасность.

Основные цели концепции iCNS включают:

- обеспечение расширенных услуг, обширного сбора оперативных данных и эффективного обмена информацией между поставщиками услуг и пользователями ВП (с особым акцентом на БВС и авиацию общего назначения (АОН));
- рационализацию и оптимизацию использования частотного спектра;
- улучшение доступа АОН к аэропортам и воздушному пространству;
- обеспечение доступа к аэропортам для новых пользователей, например, системы городской аэромобильности (UAM), и реализации автономных операций БВС и UAM в ВП;
- повышение устойчивости функций CNS и быстрый переход на новые технологии.

В первую очередь проект FACT направлен на повышение безопасности, киберзащищенности, эффективности и надежности будущих систем управления воздушным движением. Основная цель проекта заключается в создании взаимодействия между существующими органами ОрВД и технологией U-space (европейский аналог системы управления трафиком БВС), которая будет обеспечивать безопасность совместных полетов, пилотируемых и беспилотных воздушных судов.

С технической точки зрения проект сосредоточен на отдельных элементах концепции iCNS, исследуя, в первую очередь, потенциальное использование сотовых сетей (4G и 5G) в качестве дополнения к существующим технологиям и архитектуре CNS в среде ATM и U-space, с особым акцентом на операции АОН и БВС (рисунок).

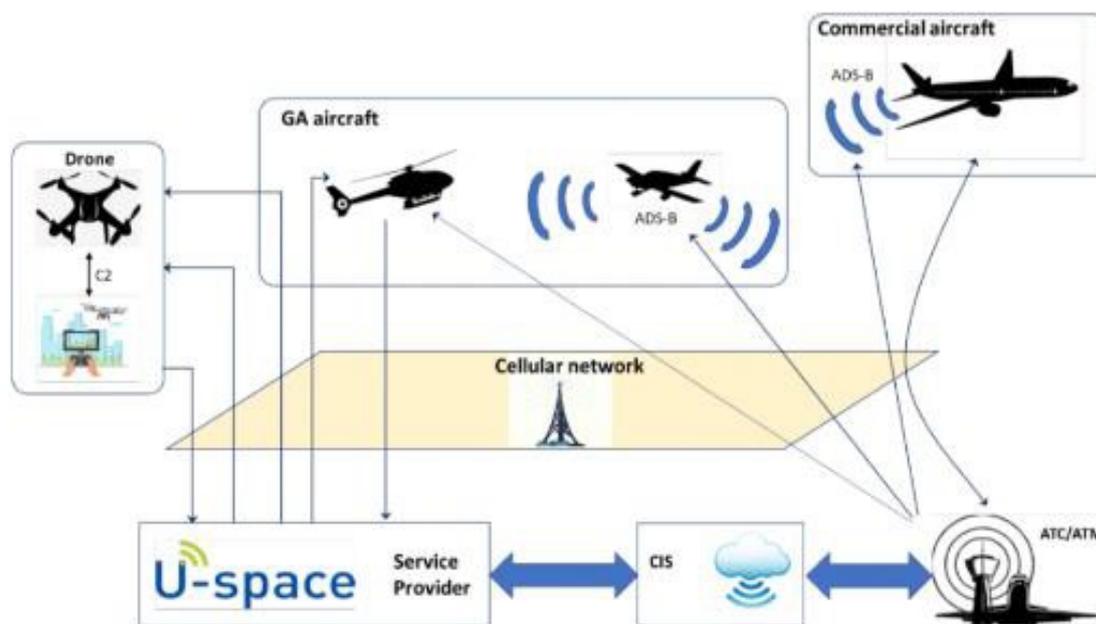


Рисунок – Архитектура FACT

Сервисы U-space включают электронную регистрацию, идентификацию и геофенсинг, базовые службы для управления БВС (планирование и подача заявки для совершения полета, отслеживание и взаимодействие с органами управления воздушным движением), а также расширенные сервисы, способные поддерживать более сложные операции в районах с высокой плотностью воздушного движения. Также разработчики FACT для удобства пользователей предлагают объединить услуги U-space с системами платежных терминалов [2].

Новые пользователи воздушного пространства будут способствовать расширению возможностей существующей инфраструктуры, что положительно скажется на уровне безопасности при увеличении разновидностей летательных аппаратов и количества произведенных полетов. Важнейшим для обеспечения эксплуатационной безопасности является распространение доступных и совместимых возможностей CNS среди всех типов

пользователей ВП. Благодаря использованию iCNS становится легче внедрять современные технологии, а существующие приобретают большую эффективность.

Операционное использование концепции FACT будет возможно для ВС, осуществляющих полеты как в контролируемом, так и в неконтролируемом ВП. Поэтому данное направление весьма перспективно для осуществления полетов БВС и АОН (планеров, дельтапланов, автожиров, мотодельтапланов, маломестных турбовинтовых самолетов) на малых высотах. Согласно документам, в FACT будет осуществляться не только связь «воздух – земля», но и наземная связь между внешним пилотом БВС с центром УВД. Одно из предложений заключается в использовании технологии VoIP (*Voice over IP*), которая может быть реализована с помощью беспроводной сети связи.

FACT предполагает исследовать возможность реализации принципов PBN в iCNS с использованием сотовых сетей 4G и 5G. Рассматриваются два отдельных решения: использование общедоступных сотовых сетей 4G/5G для поддержки полетов на малых высотах и использование выделенной сети 5G для поддержки сложных операций на малых высотах. Такой подход обусловлен различными требованиями к предъявляемым характеристикам связи, наблюдения и навигации, а также к точности выдерживания траекторий объектов.

Так, для навигации в интегрированном ВП точность выдерживания траектории должна составлять 3 м по горизонтали, 1 м по вертикали, доступность – 99 %, частота обновления – 0,5 с. Аналогичные требования предъявляются при позиционировании с использованием сотовых сетей связи. При решении позиционирования по GPS требования к характеристикам сотового позиционирования снижаются: точность 50 м, доступность 95 %, частота обновления 2 с [3].

Сотовые технологии помогут удовлетворить потребности пользователей ВП, осуществляющие полеты на малых высотах (прежде всего БВС и АОН), так как использующая их бортовая аппаратура обладает небольшим весом, низким энергопотреблением, невысокой стоимостью, а каналы связи имеют более высокую пропускную способность по сравнению с каналами CNS.

К настоящему времени изданы шесть документов, в которых отражены основные результаты по разработке, проверке и внедрению FACT. К примеру, в пятом документе отражены результаты первых мероприятий по валидации и исследований проекта FACT. Основываясь на первоначальной концепции операций, в рамках Плана валидации (D5.2) было разработано 12 сценариев, которые были отработаны с диспетчерами УВД и аэродромными диспетчерами в трехмерном симуляторе УВД в режиме реального времени [3]. Была проведена серия испытательных полетов для уточнения требований к характеристикам платформ, используемых беспилотниками и самолетами. Была также осуществлена оценка рисков, с которыми можно столкнуться в полете, разработаны и представлены планы по уменьшению риска возникновения внештатных ситуаций.

В период с 5 по 8 декабря 2022 г. состоялась первая презентация проекта FACT, в ходе которой основное внимание уделялось совместному использованию БВС и АОН, а также их взаимодействию с другими пользователями в контролируемом и неконтролируемом ВП.

Полученные к настоящему времени результаты проекта весьма противоречивы. Они указывают как на возможности, так и на ограничения сетей сотовой связи общего пользования при их использовании для воздушного движения, а также дают рекомендации о том, где их использование в рамках концепции iCNS выгодно. Общая концепция систематического смягчения и устранения ограничений, связанных с использованием общедоступной сети 4G/5G для функций CNS нуждается в дальнейшей доработке. Эти ограничения будут варьироваться географически в зависимости от инфраструктуры сотовой сети в определенном регионе. Концепция должна включать средства, которые будут использоваться при планировании полетов, чтобы можно было оценить реальные характеристики iCNS для всего полета и, при необходимости, улучшить их с помощью соответствующего многоканального решения. Кроме того, функция мониторинга характеристик сети в режиме реального времени должна позволять прогнозировать

возможное снижение производительности во время полета (из-за перегрузки сети) заблаговременно, чтобы обеспечить надлежащий уровень безопасности.

Совершенствование служб и инфраструктуры CNS обеспечит развитие гражданско-военного сотрудничества, развитие новых пользователей, таких как БАС, а также взаимодополняемость и эффективное взаимодействие компонентов авиационных систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Системы CNS/ATM : учеб. пособие / сост. В. А. Казаков. – 2-е изд., перераб. и доп. – Ульяновск : УВАУ ГА, 2008. – 103 с.
2. Чехов, И. А. Пути развития систем навигации в рамках внедрения концепции CNS/ATM / И. А. Чехов // Научный вестник МГТУ ГА. – 2017. – № 20 (4). – С. 98–106.
3. FACT Project [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://fact.itu.edu.tr/#>. – Дата доступа: 17.09.2023.

УДК 629.7.017

М.Н. Мануйлов, В.В. Щанович

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиация»

ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ

Существенного изменения улучшения безопасности полетов и профилактической работы в последние годы достичь не удается.

К одному из важнейших показателей безопасности полетов целесообразно отнести научную обоснованность компетенций (сферы влияния) безопасности полетов. Научная обоснованность компетенций безопасности полетов может служить признаком ее надежности.

Под надежностью системы безопасности полетов принимается способность системы обеспечивать достижение необходимого уровня и сохранять показатель достигнутого уровня безопасности полетов в условиях возмущающих воздействий как субъективного, так и объективного характера. Надежность системы безопасности полетов обеспечивается высоким показателем надежности: авиационной науки и промышленности, авиационного образования, авиационной деятельности.

Существующее положение по разработке и созданию авиационной техники допускает в сферу разработки тактико-технических требований и тактико-технических заданий на разработку образцов узкий круг организаций. При этом органам службы безопасности полетов в нем никакой роли не предусмотрено. В связи с этим вызывает сомнение обоснованность формулировок требований к обеспечению безопасности полетов разрабатываемых образцов.

Авиация относится к одной из самых высокочрезвычайных сфер экономической деятельности. Реализуемые технические решения носят эвристический характер. Каждое новое решение в авиации требует полномасштабного физического эксперимента, очень велик риск неблагоприятного исхода эксперимента в сфере разработки авиационной техники и для достижения поставленной цели необходимо стабильное финансовое и материально-техническое обеспечение (как на этапе разработки, так и на этапе создания авиационной техники) [1].

Основой надежности разработки и создания авиационной техники может выступать качественный технологический контроль на каждом цельном этапе технологического процесса.

Условием гарантированной надежности авиационной техники, поступающей в авиационную систему, выступает государственная приемка образца.

Закономерным является тот факт, что, беря за основу зарубежный опыт, Белорусская школа авиаторов развивалась своим специфическим путем. Гарантией обеспечения

надежности системы безопасности полетов является сложившаяся на основе многолетних традиций система подготовки авиационных кадров, основанная на научных школах со своими специфическими методическими приемами летного обучения.

Летная профессия является уникальным порождением современной цивилизации. Особые требования выдвигаются как к рядовым летчикам, так и летчикам-руководителям, от осознанных, компетентных и умелых действий которых в целом зависит безопасность полетов.

Современный уровень развития авиации требует, чтобы к летному обучению приступали кандидаты, имеющие высшее образование и прошедшие первоначальную летную подготовку. Для этого необходимо единственное условие – летная профессия должна быть настолько привлекательна, чтобы наиболее развитая молодежь с детства мечтала и готовилась к освоению воздушного и космического пространства.

Существенное негативное влияние на мотивацию кандидатов оказывает загруженность сопутствующими учебными дисциплинами, ни в какой мере не связанных с летной деятельностью. Существует противоречие между сроками летного обучения и количеством изучаемых предметов, которое перерастает в проблему последовательности прохождения учебной программы.

Учебно-материальная база профессиональной подготовки летного состава представляет собой грандиозное материальное и методическое образование. Перечень ее основных компонентов занимает десятки страниц, к наиболее важным из которых относят летательные аппараты, аэродромы, полетные зоны и полигоны.

Основой авиационной системы является парк авиационной техники, которая воплощает в себе все самые передовые достижения современной науки, технических решений и технологий. Особого внимания заслуживает проблема обеспечения работоспособности авиационной техники. В данной сфере обеспечения безопасности полетов существует необходимость наиболее строгого научно обоснованного контроля на всех этапах подготовки и эксплуатации авиационной техники.

Особую категорию факторов безопасности полетов составляет «человеческий фактор», основой которого является деятельность персонала авиационной системы. От профессиональных качеств каждого члена авиационного коллектива зависит надежность системы в целом [2, 3].

В качестве эквивалента данного показателя служат показатели стабильности финансового и материально-технического обеспечения авиационной системы.

Преобразования последних лет во многом изменили ситуацию как в авиации, так и в системе подготовки авиационных кадров. Возникло серьезное противоречие между возможностями системы безопасности полетов и требованиями по обеспечению безопасности полетов в авиации.

Одним из путей преодоления противоречий может быть включение в сферу полномочий безопасности полетов следующих основных функций:

- надзора в сфере разработки и создания авиационной техники;
- надзор в сфере подготовки авиационных кадров;
- надзор в сфере авиационной деятельности;
- реализация проблем авиационной промышленности;
- реализация проблем управления профессиональным образованием летных кадров;
- реализация проблем безопасности авиационной деятельности;
- расследование авиационных происшествий.

В ходе проводимых преобразований, направленных на совершенствование и развитие авиации, большое значение придается задачам организации полетов, совершенствованию авиационной техники и всех видов обеспечения.

Однако, как показывает анализ, до настоящего времени не рассматривалась задача проведения глубоких исследований в решении вопроса совершенствования и развития системы подготовки авиационных кадров в современных условиях. Анализ показывает, что в настоящее время назревает серьезное противоречие между необходимостью иметь высококвалифицированные кадры для авиации и возможностями государства по их

профессиональной подготовке. Для разрешения данного противоречия необходимо создать такую систему подготовки, которая обеспечит потребности всей авиации как по количеству, так и качеству профессиональных кадров [4].

Учитывая все эти положения, а также сделанные ранее выводы и заключения, можно отметить, что эффективной следует считать профилактическую работу, когда достигаются следующие условия:

– все возможные опасные факторы летной работы своевременно и гарантированно вскрываются (устанавливаются);

– в ходе профилактики вскрываются не только опасные факторы, но и не опасные факторы, но которые при определенном стечении обстоятельств могут приводить к возникновению особых ситуаций в полете;

– каждое проводимое профилактическое мероприятие имеет конкретную цель (объект) и обладает необходимой действенностью (действительно устраняет потенциальную причину авиационных происшествий, существенно снижает ее влияние или позволяет уклониться от ее воздействия);

– нецелевые мероприятия (направленные на объекты, не несущие в себе потенциальной угрозы авиационного происшествия) не проводятся;

– расход сил, средств и ресурсов на проведение профилактических мероприятий минимизирован и не выходит за разумные пределы (остается приемлемым).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Терешкин, А. А. Авиационная безопасность / А. А. Терешкин. – М., 1987. – 250 с.
2. Кошиченко, А. Г. Обеспечение безопасности полетов / А. Г. Кошиченко, В. В. Балясников. – М., 1990. – 180 с.
3. Стрикова, А. И. Безопасность полетов летательных аппаратов / А. И. Стрикова. – М., 1989. – 265 с.

УДК 626.75

О.В. Александров, К.А. Никитич

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Тема, которая очень быстро проникла во все сферы жизни, включая сельское хозяйство, – это беспилотные летательные аппараты (далее – БЛА).

Наибольшее распространение получили БЛА типа «коптер». Но этот тип «беспилотников» имеет свои минусы. «Коптеры» потребительского сегмента имеют короткое время полета и незначительную массу полезной нагрузки. В профессиональной среде картографической аэрофотосъемки используются БЛА самолетного типа с жестким крылом. Такие аппараты могут совершать длительные полеты на большей высоте и высокой скорости. Они значительно отличаются по стоимости от потребительских БЛА и зачастую используется в центре передового земледелия [1].

На данный момент БЛА прочно закрепились в статусе незаменимого помощника и универсального инструмента в создании аэрофотоснимков. Они широко используются в геодезических работах при моделировании рельефа, объектов сложной формы, карьеров, отвалов и свалок, а также при мониторинге земляных работ и состояния склонов. Кроме того, они позволяют экономить время и финансовые издержки в нефтегазовой отрасли. Использование решений на базе беспилотных технологий дает большие преимущества. Это касается практически всех направлений: от безопасности на объекте до разведки новых

перспективных участков. Но, в первую очередь, нас интересует сельскохозяйственная отрасль [1].

На БЛА, используемые в сельском хозяйстве, предусматриваются различные виды полезной нагрузки, а именно: фото- и видеокамеры, мультиспектральные камеры, разбрасыватели удобрений и опрыскиватели.

Фотокамеры позволяют оперативно собирать данные, которые после обработки помогут построить ортофотоплан и визуально оценить состояние полей. Он наглядно показывает саму местность съемки и представляет собой план местности, на котором представлена земная поверхность и объекты на ней с точной привязкой к заданной системе координат. На нем видно более точное отражение границ земельных участков и объектов в сравнении с публичной кадастровой картой или со спутниковыми снимками. При помощи ортофотоплана можно изучить большое количество полей, определить, где возможно дополнительно разработать землю, увеличивая посевную площадь, где, наоборот, нужно уменьшить, где распахать, где перекрыть стихийные дороги и т. д. Также есть возможность контролировать площадь боронования, площадь сева, участки просевов, неравномерность высева, загущение, участки, где сев вообще не осуществлялся, определить фактическую площадь уборки. Использование полученных контуров полей позволяет выдерживать их границы, что позволяет проведение работ в ночное время. Также появляется возможность объективного контроля фактического расходования ресурсов и актуализации норм их списания. К тому же ортофотоплан помогает сравнить интересующую территорию с кадастровой картой, выяснить, производится ли работа в законном участке или уже за его пределами или наоборот еще есть место для разработки земель и расширения. Если снимки будут сделаны на небольшой высоте, то получится детализированную карту, на которой можно будет посмотреть на качество сева в середине поля или в любых других труднодоступных местах, подробно изучить потенциальные для разработки земли, проверить целостность и качество покрытия полевых дорог [2].

Мультиспектральная камера, установленная на БЛА, полезна для мониторинга развития и состояния растений, наблюдения за состоянием полей и здоровьем посевов.

С помощью этих камер создаются индексные карты, которые используются для описания состояния растительности. Такие карты помогают выделять внутри поля зоны со «стрессовым» состоянием растений и, в дальнейшем, провести внесение гербицидов в целях получения оптимального эффекта для увеличения урожайности и качества продукции. Кроме того, они позволяют оценить качество всхода озимых культур после таяния снега, определить области пересева, проконтролировать созревание сельскохозяйственных культур, сформировать очередность уборки и осуществить приблизительное прогнозирование урожайности [2].

Рельеф оказывает значительное влияние на урожайность сельскохозяйственных культур. На основе данных по рельефу предприятия смогут проводить противоэрозионные и влагосберегающие работы. Также данные по рельефу имеют большое значение при расчете норм внесения удобрений и при анализе зон слабого и активного развития растений. На цифровой модели местности видны перепады высот, места, где поля подвержены водной и воздушной эрозии, постройки, объекты, ручьи, лесополосы и линии электропередачи. Эта информация позволяет скорректировать технологические операции с учетом нюансов рельефа на конкретных полях, правильно выбрать направление посева с учетом особенностей местности, а также спланировать мелиоративные работы, мероприятия по снегозадержанию и так далее [3].

Разбрасыватели удобрений и опрыскиватели – это дополнительные полезные нагрузки, необходимые для проведения небольших точечных работ.

Исходя из вышесказанного можно сделать вывод, что применение БЛА в сельскохозяйственной отрасли позволяет проводить инвентаризацию сельхозугодий, контролировать работы, производимые в поле, оценивать развитие сельхозкультур, своевременно выявить и ликвидировать негативные факторы, прогнозировать урожайность,

оптимизировать процессы сева и сбора урожая, планировать мероприятие по мелиорации и изменению ландшафта для улучшения условий, позитивно влияющих на продуктивность сельскохозяйственных культур и минимизацию негативных факторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сухачев, А. Б. Беспилотные летательные аппараты. Состояние и перспективы развития / Н. Г. Мелькумова, Б. Л. Шапиро, С. Л. Ерема. – М. : МНИТИ, 2007. – 60 с.
2. Сухачев, А. Б. Исследование технико-экономических характеристик перспективных комплексов беспилотных летательных аппаратов / Н. Г. Мелькумова, Б. Л. Шапиро, С. Л. Ерема. – М. : МНИТИ, 2007. – 60 с.
3. Сайт Federal Aviation Administration [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.faa.gov/>. – Дата доступа: 20.10.2023.

УДК 625.717

Р.И. Могилянец, Д.А. Кисель

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ИСКУССТВЕННЫХ ПОКРЫТИЙ АЭРОДРОМОВ

Аэродромные покрытия на современных аэродромах представляют собой сложные инженерные сооружения, к эксплуатации которых постоянно предъявляются все более высокие требования по безопасности полетов. Увеличение взлетных масс самолетов и высокие требования к обеспечению безопасности полетов вызывают необходимость предъявлять к покрытиям все более высокие эксплуатационные требования. Различного рода разрушения, которым постоянно подвергаются аэродромные покрытия, требуют периодического проведения ремонтных работ с целью поддержания эксплуатационной готовности и продления срока службы покрытий, обеспечения безопасности полетов. Совершенствования технологий ремонта искусственных покрытий коснулись в основном использования новых ремонтных материалов [1].

Ремонт разрушений верхних слоев бетона (до 10 см и более) следует выполнять путем устройства защитного коврика (слоя) с использованием материалов на основе эпоксидных смол (полимербетон типа РМ-26, «Конкретин», «Silical», «Эмако» и др.) или тонкомолотых цементов, которые можно укладывать тонким слоем 1...2 см.

Для удаления дефектного слоя аэродромного покрытия большой площади широко используют самоходные установки с холодными фрезами различного типоразмера фирмы «Wirtgen» с шириной рабочего органа от 350 мм (фреза W350) до 2000 мм (фреза 2100DC).

Ремонт трещин заключается в их консервации различными герметизирующими материалами с целью предотвращения попадания воды в основание и образования продуктов разрушения кромок трещин в виде каменной мелочи. В качестве ремонтного материала применяют материалы на основе герметизирующих материалов, как правило, используются специально выпускаемые для герметизации трещин материалы с повышенной проникающей способностью – Стралофальт (Россия), РС-1 (Россия) и др., а также вязкие мастики из серии мастик Viguma (Германия).

Ремонт поверхностных усадочных трещин производится без предварительной разделки втиранием цементоводных суспензий или заполнением высокодеформативными материалами типа Аэропласт (холодного применения) или Viguma RS (горячего применения). Цементно-водную суспензию готовят при водоцементном отношении 0,5...0,7

с добавлением суперпластификатора. Для приготовления суспензии используют особо тонкодисперсные цементы «Интрацен», «Microdur», «Spinor» и др.

Для обеспечения прочного сцепления бетона на основе искусственной смолы с ремонтируемыми поверхностями предпочтительно использовать грунтовочные составы, обладающие малой вязкостью и большой проникающей способностью. Для метакрилатных смол марки «Silical» рекомендуется использовать грунтовочный состав «Silical R51», а для модифицированной эпоксидной смолы «Конкретин» – грунтовочный состав «Конкретин IHS-BV» [1].

Таким образом, использование современных ремонтных материалов дает возможность максимально сократить сроки выполнения ремонта искусственных покрытий аэродромов, что существенно влияет на снижение трудозатрат при их выполнении, на пропускную способность аэропортов и главным образом на безопасность полетов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Лещицкая, Т. П. Современные методы ремонта аэродромных покрытий / Т. П. Лещицкая, В. А. Попов. – М. : МГАДИ (ТУ), 1999. – 131 с.

УДК 625.717

С.В. Минаев, Д.Ю. Мягков

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

АНТИГОЛОЛЕДНЫЕ РЕАГЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В АВИАЦИОННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Одним из важнейших мероприятий по обеспечению безопасности полетов является качественная подготовка элементов летного поля, особенно в зимний период эксплуатации. В ходе подготовки аэродрома к полетам в зимний период одним из способов удаления гололедных образований (далее – ГО) является химико-механический способ. Данный способ предусматривает использование в качестве противогололедного материала химических веществ, обладающих способностью расплавлять лед в широком диапазоне отрицательных температур.

Преимуществами использования данного способа являются:

– экономия денежных средств: стоимость горюче-смазочных материалов растет, большая продолжительность работ по очистке полосы тепловым методом, разрушающее воздействие на бетон высоких температур и другие отрицательные моменты теплового метода очистки с точки зрения эксплуатации и экономичности устраняются при использовании реагента;

– экономия времени: для подготовки покрытия, распределение реагента производится опрыскивателем отечественного производства «Мекосан 3000-12/21»;

– способность реагента в течение нескольких дней предотвращать появление ГО. Негативными последствиями использования некоторых реагентов становятся возникающие дефекты и повреждения аэродромного покрытия, а значит, необходимо тщательнее продумывать возможные варианты подготовки аэродромов к полетам в зимний период.

Антигололедные реагенты используются в виде порошка или жидкого раствора. Порошкообразные реагенты поставляются в полиэтиленовых мешках по 25 или 40 кг, на которых должны быть этикетки с указанием наименования реагента, номера партии, даты изготовителя и наименования завода изготовителя и др. Жидкий реагент поставляется в полиэтиленовых бочках объемом 227 литров, в полиэтиленовых емкостях в металлической обрешетке объемом 1000 литров (контейнер) или в наливом в автомобильных или железнодорожных цистернах.

Для проведения противогололедной обработки аэродромных покрытий рекомендуется применять различные методы:

- предотвращение ГО;
- удаление ГО.

Предотвращение ГО предусматривает проведение обработки аэродромного покрытия до начала или во время образования льда. Сущность метода заключается в изучении метеорологического прогноза о возможности образования льда и дальнейшем распределении реагента на поверхность аэродромного покрытия, что предотвращает появление ГО.

Удаление ГО предусматривает распределение реагента требуемой концентрации с последующим технологическим ожиданием плавления льда и удаления с покрытия продуктов реагирования при помощи средств механизации.

Для выбора оптимального химического реагента, отвечающего установленным требованиям, и минимизации негативных воздействий на цементобетонные покрытия летного поля аэродрома, воздушные суда, специальную технику и окружающую среду приаэродромной территории, необходимо сравнить их характеристики.

В настоящее время на аэродромах гражданской и государственной авиации используются антигололедный реагент жидкого и гранулированного состава ««НОРДВЭЙ» Ф «Оптимум»», «GreenWay SF», «GreenWay F65 марки Б» производства Российской Федерации, «“ECOSAFE” марки F60», «FORTIS ICE» производства Республики Беларусь, характеристики которых представлены в таблице.

Таблица – Характеристики реагентов

Название реагента	Химический состав	Температурная граница	Внешний вид	Тип покрытия	Страна производитель
ECOSAFE марки F60	Раствор формиата калия (калия муравьинокислого)	-50 °С	Прозрачная бесцветная или со светло-желтым оттенком жидкость	Любые покрытия	Республика Беларусь
Нордвэй Ф «Оптимум»	Смесь формиата и ацетата калия	-34 °С	Прозрачная со светло-желтым оттенком жидкость без видимых механических примесей	Любые покрытия	Российская Федерация
Нордвэй Ф	Смесь формиата калия	-50 °С	Прозрачная жидкость	Любые покрытия	Российская Федерация
FORTIS ICE	Раствор формиата натрия, глицерина, карбамида с добавлением антикоррозионных и стабилизирующих добавок	-35 °С	Водный раствор	Любые покрытия	Республика Беларусь
Green Way SF	Формиат натрия с ингибиторами коррозии	-12 °С	Гранулы белого или желтого оттенка без запаха	Любые покрытия	Российская Федерация
Green Way F65 марка Б	Формиат калия (25 %) и ацетат калия (24 %) в водном растворе	-34 °С	Прозрачная жидкость, бесцветная или со слабо желтым оттенком	Любые покрытия	Российская Федерация
НКММ	Хлорид кальция, натрия, калия, магния, формиат натрия (соль муравьиной кислоты) и мраморный щебень	-20 °С	Белые или слегка желтоватые гранулы	ЦБ	Российская Федерация

Вышеуказанные реагенты эффективны в обычных условиях образования гололеда (перепады температур около 0 °С). Однако в экстремальных условиях (образование гололеда в диапазоне от 0 °С до -34 °С при резких перепадах отрицательных температур (изморозь), в условиях переохлажденного дождя) справляется лишь жидкий антигололедный состав, что делает его более универсальным средством в сравнении с гранулированным.

В зависимости от погодных условий слой льда (до 3 мм) и укатанного снега (до 5 см) реагент плавит ГО от 15 (20) до 30 (35) минут. Слои льда (от 3 мм) и укатанный снег (от 5 см) реагент плавит ГО от 30 минут и требует большей нормы расхода реагента. Эти данные

справедливы для всех вышеуказанных антигололедных реагентов. Все они также относятся к 4 классу опасности (малоопасная, малотоксичная продукция), однако это не говорит о том, что данную продукцию можно использовать без изучения требований безопасности.

Быстродействие антигололедных реагентов объясняется тем, что реакция взаимодействия ацетатов с водой протекает с выделением тепла, в то время как аналогичная реакция азотосодержащих реагентов, напротив, с поглощением тепла.

Ацетаты обладают отличной плавящей способностью, в отличие от хлоридов, но из-за специфического запаха использование их на городских улицах исключается, но для обработки искусственных аэродромных покрытий они подходят как нельзя лучше. Ацетаты обладают способностью удерживаться на полосе даже после ее механической очистки. При благоприятных погодных условиях может сохранять свои защитные свойства свыше 4-х суток без необходимости повторной обработки.

Формиаты натрия, кальция и калия, которые содержатся в некоторых исследуемых реагентах, оказывают минимальное воздействие на окружающую среду и практически не вызывают коррозию металла. Соответственно безопасность корпуса воздушного судна обеспечена.

Таким образом, постоянная готовность аэродрома позволяет избегать закрытия полосы по причине ее обледенения, что создает возможность для приема самолетов строго по расписанию, однако в тяжелых погодных-климатических условиях использование гранулированного реагента не сможет обеспечить готовность к выполнению полетов. Нами в ходе дальнейших исследований будет разработана эффективная методика применения антигололедных реагентов для удаления ГО.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Горецкий, Л. И. Эксплуатация аэродромов : учебник для вузов / Л. И. Горецкий. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1986. – 280 с.
2. Эксплуатация аэродромов : учеб. пособие / Д. Ю. Мягков [и др.]. – Минск : ВА Респ. Беларусь, 2021. – 273 с.

УДК 347.823.1

Д.А. Мозжухин, В.Н. Нечаев

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) (г. Москва, Российская Федерация)

МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ РЕЖИМОВ СДО/ССО НА ПРИМЕРЕ ПОТОКОВ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИБЫТИЯ И ВЫЛЕТА АЭРОПОРТА ВНУКОВО В НОВОЙ СТРУКТУРЕ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА

Международная организация гражданской авиации, разработала стратегический подход, который изложен в глобальном аэронавигационном плане. Цель состоит в повышении пропускной способности и эффективности авиации, поддерживая при этом существующий уровень безопасности полетов. Одним из приоритетных методов способных реализовать поставленные ИКАО цели является применение режимов непрерывного набора высоты и снижения [1].

Полет в режиме непрерывного снижения (далее – СДО) представляет собой метод пилотирования ВС, поддерживаемый соответствующей структурой воздушного пространства и конфигурацией схемы, который позволяет, как можно позже выполнить снижение с крейсерского эшелона, при этом сводя к минимуму количество горизонтальных участков и поворотных пунктов маршрута [2] (рисунок 1).

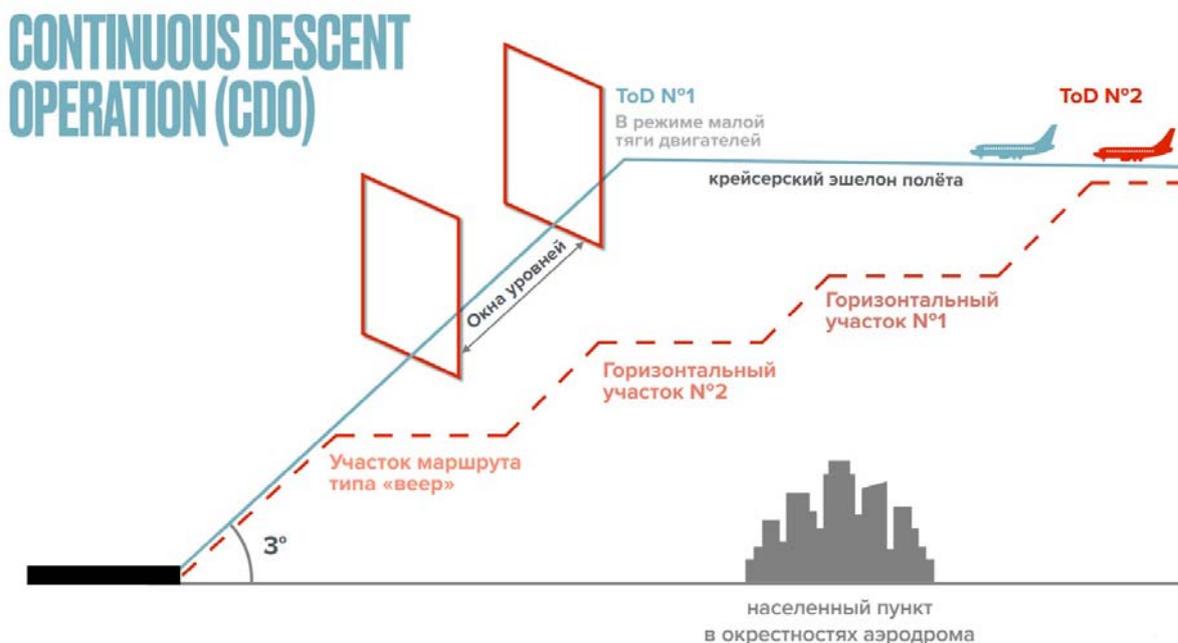


Рисунок 1 – Режим непрерывного снижения (CDO)

В режиме CDO используется минимальная тяга двигателей, а градиент снижения составляет 3 градуса. При планировании с крейсерского эшелона ВС соблюдает установленные схемой окна уровней, чтобы обеспечить эшелонирование относительно других потоков ВД.

Скорости пролета точек зональной навигации рассчитываются автоматически при помощи системы управления полетом. Вычисления происходят в зависимости от массы ВС и метеорологической обстановки. Важно отметить, что при CDO диспетчер не вмешивается в скоростной режим ВС.

Полет в режиме постоянного набора (далее – ССО) – это способ пилотирования, в процессе которого вылетающее ВС набирает высоту непрерывно, используя оптимальную тягу двигателей, до достижения крейсерского эшелона (рисунок 2). Суть заключается в минимизации числа и длительности участков горизонтального полета и полета в условиях ограничений на этапе набора высоты [3].

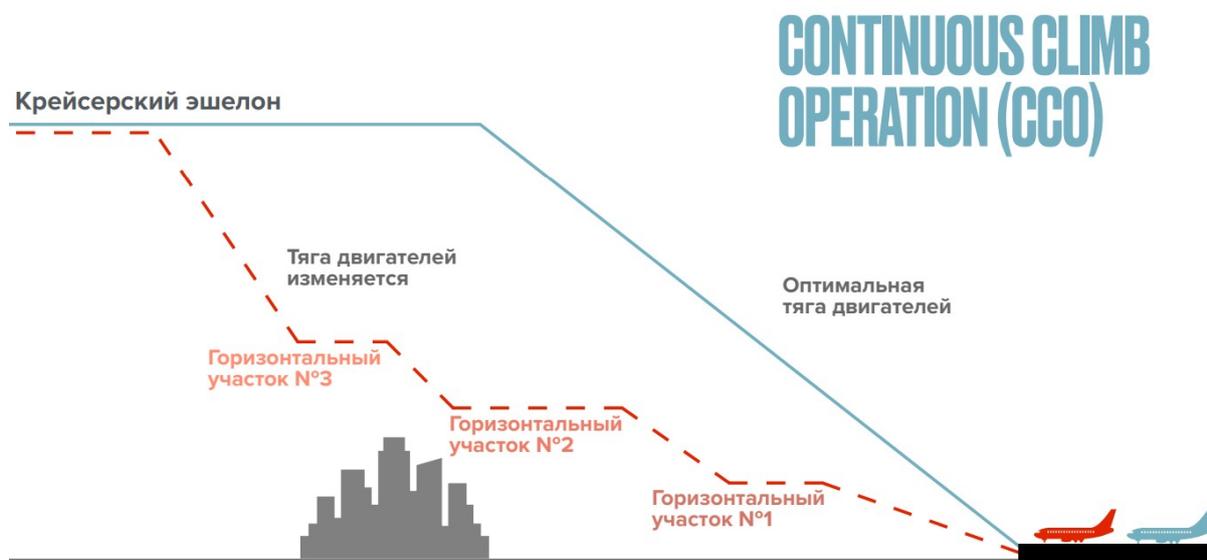


Рисунок 2 – Режим непрерывного набора высоты (ССО)

При использовании ССО изучаются особенности состава парка ВС для определения максимального и минимального градиента набора высоты.

По причине того, что градиенты набора в зависимости от ЛТХ различны, были разработаны типовые профили набора [4]:

1) базовый, который позволяет неограниченно увеличивать скорость набора, используется, когда нет ограничений местности и требует значительное количество вертикального пространства;

2) усовершенствованный, когда из-за ограничений может потребоваться увеличение минимальных скоростей набора для части или всего SID. Позволяет разработать более короткий маршрут для тех ВС, которые способны увеличивать скорость набора.

Применение CDO/ССО является общемировой тенденцией, обойти которую не удастся, и поэтому необходимо внедрить данные режимы в новую структуру воздушного пространства (далее – НСВП).

Проектируемые схемы во Внуково разрабатывались в виде комплекта маршрутов для планирования, так называемые маршруты «А» и комплекта по указанию органов ОВД, маршруты «В».

Пересмотренные маршруты «А» изображены на рисунке 3 и в данной работе называются маршрутами «С», здесь были учтены имеющиеся зоны ограничений полетов и запретные зоны, а маршруты укорочены и спрямлены согласно концепции применения CDO там, где это возможно.

Для курса посадки 193 точка IAF была перемещена на 21 км, тогда пересчитанные с учетом изменения точки IAF высоты входа в STAR:

Точка	Изменённый FLvx
BOGDA	FL350
BALIT	FL270
BELAR	FL250
SUKOT	FL220
DIMAG	FL340

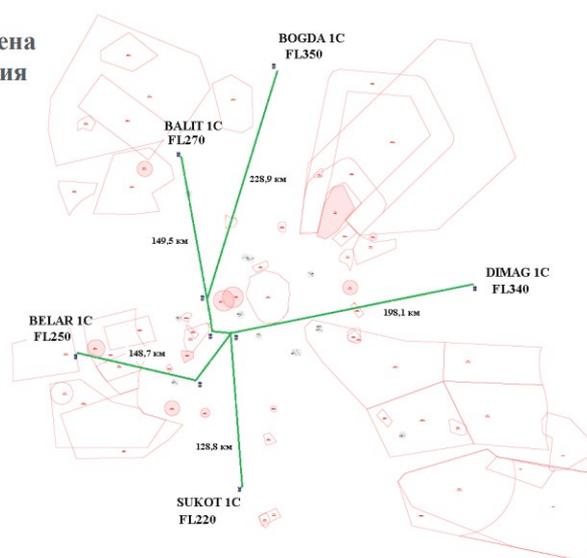


Рисунок 3 – Измененные схемы с применением CDO

Возникает необходимость упорядочивания воздушного движения на схемах с CDO, тогда первым альтернативным способом при возникновении ситуации типа «догон» будет являться использование участка маршрута типа «веер» на схемах прибытия «С» (рисунок 4). Очередность формируется за счет указаний диспетчера по спрямлению ВС с участков SOPO1-SOPO5 и KAMEN-KAME4 на точку FEDOT.

Также в качестве решения для упорядочивания потоков воздушного движения можно предложить использование менеджера прибытия AMAN, а точнее перепрограммировать его таким образом, чтобы поток на схему прибытия с использованием CDO формировался заранее, еще на этапе полета по маршруту, и установить таким образом интервал для входа в начало STAR, для регулярности выполняемых CDO.

Также для построения бесконфликтной очереди можно использовать параллельное смещение. Однако из-за наличия 63,52 запретных зон и 341 зоны ограничений для схем прибытия BOGDA 1A и BALIT 1A смещение возможно выполнить только до точки IVANO.

Для схемы DIMAG 1A нельзя применить смещение от GEKLA, так как справа расположена 53 запретная зона. Для остальных схем смещение предусмотрено.

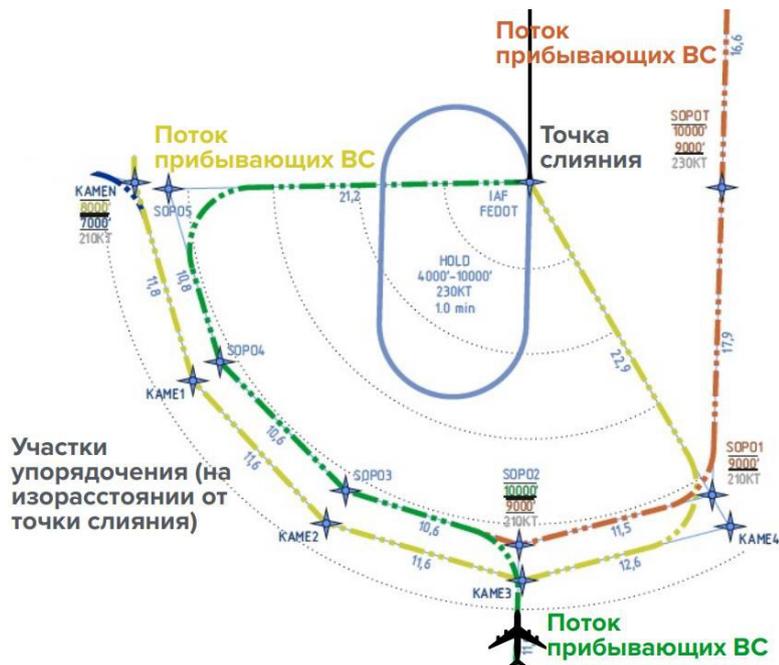


Рисунок 4 – Применение участка маршрута типа «веер»

В НСВП названия и функции некоторых диспетчерских пунктов видоизменились. Но от этого не поменялась суть, ВС по-прежнему выполняют участки ГП на характерных высотах. Поэтому при наборе по схеме SAKAR 1A с ССО при длине схемы в 130,6 км и градиенте 5,8, ВС способно занять крейсерский эшелон, пройдя 50,5 км. Другому ВС, набирающему традиционным способом, потребуется большее расстояние из-за выполнения горизонтальных площадок, чтобы занять эшелон выхода из схемы FL180, а соответственно и расход будет увеличен на 545,3 кг. Но применение ССО на всем участке схемы невозможно по соображениям безопасности, поэтому ССО применяется на участках схем, представленных на рисунке 5.



Рисунок 5 – ССО на примере схемы вылета SAKAR 1A

Для увеличения числа операций с использованием ССО можно использовать веерный тип выпуска [5] (рисунок 6). Из-за особенностей расположения запретных зон и зон ограничений в окрестностях аэропорта единственным подходящим вариантом построение веера стало направление вылета с ВПП 19. Рабочая зона веера находится в диапазоне от 193° до 243°, при этом не задеваются зоны ограничений и отсутствует конфликт с другими вылетными и прилетными потоками. Диспетчер старта на земле дает курсы для веера, пилоты устанавливают данные в FMS, после пролета WW191, ВС отворачивают на заданный курс, благодаря чему создается интервал.

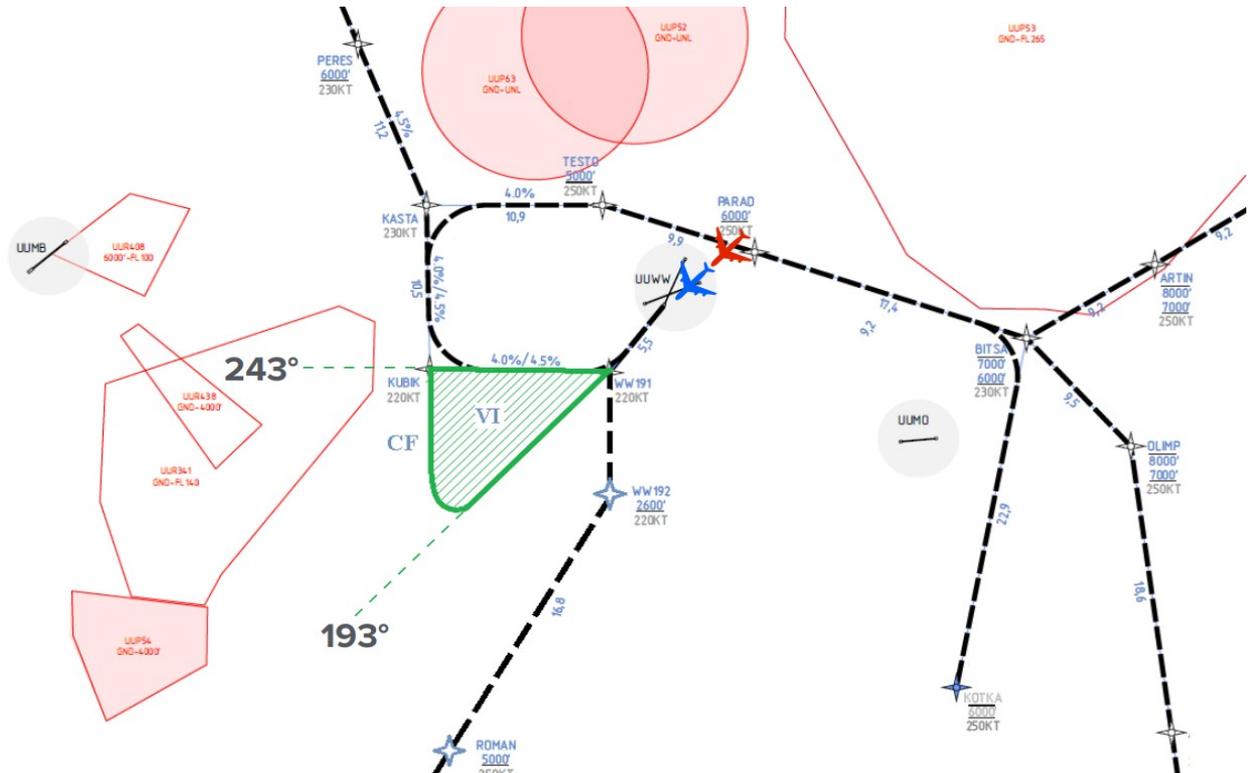


Рисунок 6 – Применение веерного выпуска ВС на схемах с использованием ССО

Таким образом можно сделать вывод, что внедрение CDO/CCO способно реализовать поставленные глобальным аэронавигационным планом ИКАО цели, а именно сократить расход топлива, повысить уровень безопасности за счет снижения загруженности экипажей и диспетчеров, сократить акустическое и химическое воздействие на окружающую среду.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Doc 9750-AN/963. Глобальный аэронавигационный план на 2016–2030 гг. – Монреаль, 2016. – 320 с.
2. Doc 9931. Руководство по производству полетов в режиме постоянного снижения (CDO). – Монреаль, 2015. – 150 с.
3. Doc 9993. Руководство по производству полетов в режиме постоянного набора (CCO). – Монреаль, 2016. – 180 с.
4. Введение в летно-технические характеристики ВС. Airbus. Flight Operations Support & Services. – Монреаль, 2002. – 420 с.
5. Малыгин, В. Б. Метод снижения конфликтности на стандартных маршрутах вылета и прибытия / В. Б. Малыгин, Е. Е. Нечаев // Научный вестник. – 2018. – Т. 21, № 5. – С. 12–18.

УДК 347.823.13

В.В. Овчинникова, Р.А. Вишнеvский

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА В МИРЕ ПРИ ИНТЕГРАЦИИ В ОБЩЕЕ ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Обеспечение безопасной и эффективной интеграции беспилотных авиационных систем (БАС), и выполнение требований авиационного законодательства в области использования воздушного пространства является основным требованием, которое потребует, чтобы они действовали в рамках ограничений развивающейся системы воздушного движения. Оценка потенциального воздействия БАС на воздушное движение будет зависеть от типов беспилотных воздушных судов (БВС), их количества, условий эксплуатации, частоты полетов, эксплуатационных характеристик и уровня оснащения, относящиеся к инфраструктуре воздушного движения и операциям – текущим и планируемым.

На работу диспетчеров по управлению воздушным движением безусловно влияют процедуры, связанные с деятельностью БАС. Поскольку БВС демонстрируют уникальные характеристики и возможности, они, вероятно, потребуют специальных процедур (уведомления, обработки информации, обозначения в плане полета и пр.) для диспетчера управления воздушным движением (УВД) на индикаторе воздушной обстановке [1]. Это может повлечь за собой внесение изменений в существующие обозначения, либо создания отдельной операционной структуры, которая в дальнейшем будет предоставлять информацию о БВС диспетчеру УВД.

Использование воздушного пространства БВС при их первоначальном появлении начинались с выделенной части такого пространства (сегрегации). Многие полеты до сих пор выполняются таким образом – другим пользователям использование этой части воздушного пространства запрещено [3]. Еще десятилетие назад БВС не могли обнаруживать другие летательные аппараты вокруг себя, чтобы в случае необходимости «уступить им дорогу». Благодаря системе обнаружения и предотвращения (DAAS), впервые разработанной GA-ASI, теперь они могут это сделать [3]. При опасных случаях сближения БВС с воздушными судами (ВС) или другими объектами, которые могут происходить на больших скоростях, за пределами зоны прямой видимости и полагаться на средства визуального контроля крайне ненадежно, либо просто невозможно. Именно для разрешения подобных опасных ситуаций и создавалась данная система DAAS – Detect-And-Avoid-System [3].

DAAS от GA-ASI сочетает в себе устаревшее оборудование транспондера и системы предотвращения столкновений (TCAS) с недавно разработанным радаром класса «воздух-воздух» [2]. Эта комбинация позволяет дистанционному пилоту «видеть» с большей дальностью и точностью, чем это возможно сегодня на пилотируемом самолете. При этом решаются задачи подсистем DAAS (рисунок).

Для того чтобы БВС могли летать в будущем в воздушном пространстве, необходимо чтобы они обладали расширенными навигационными возможностями, чтобы соответствовать требуемым навигационным характеристикам (RNP) и минимумам вертикального эшелонирования (RVSM), предъявляемым к пилотируемым воздушным судам [1]. Для навигационного наведения большинство БАС будут использовать глобальную систему позиционирования (GPS) и инерциальную систему, причем GPS является предпочтительной технологией из-за небольшого размера и низкой стоимости набор микросхем GPS [1].

По мере ввода в эксплуатацию европейских навигационных систем Galileo и других американских и зарубежных модернизаций сообщество БВС, вероятно, также воспользуется их преимуществами. Хотя GPS является хорошим навигационным источником, существуют некоторые нормативные проблемы, которые могут создать неприемлемые требования к

некоторым БВС. Например, часть 91 FAA требует, чтобы воздушные суда были оснащены навигационными системами, соответствующими используемым наземным навигационным системам; а консультативный циркуляр FAA 90-96 требует, чтобы в случае возникновения отказа навигационной системы (RNAV) (для большинства беспилотных летательных аппаратов это снова будет система на базе GPS) самолет должен «сохранять способность ориентироваться относительно наземных навигационных средств» [4]. Кроме того, ИКАО и Евроконтролю также требуется навигационная архитектура, предусматривающая наземную резервную систему спутниковой навигации [1].



Рисунок – Задачи каждой подсистемы DAAS

БАС могут использовать существующие наземные навигационные источники, но бортовое оборудование, как правило, слишком тяжелое. Кроме того, наземная навигация не обеспечивает хорошего покрытия при полетах на очень малых высотах. Также изучаются другие альтернативы наземного и космического решения. Например, был опыт с использованием навигационных систем, основанных на зрении, но они все еще находятся на экспериментальной стадии.

Навигационные системы для посадки различаются в зависимости от систем беспилотных летательных аппаратов. Военные использовали как радар точного захода на посадку, так и видеокамеру, чтобы помочь пилотам при посадке на ручном управлении, например, на Predator [1]. В полностью автономных БВС можно было бы использовать систему посадки ILS, MLS или транспондер, но существует проблема с весом и стоимостью, которые делают эти системы непосильными для большинства беспилотных летательных аппаратов [1]. Дифференциальная система GPS (DGPS) и даже лазерное наведение, размещенные в аэропортах, использовались Министерством обороны Великобритании для оказания помощи в посадочных операциях [1].

Точное высотомерное и другое навигационное оборудование на борту беспилотных летательных аппаратов потребуется, если они хотят соответствовать требованиям, предъявляемым при полетах в слое RVSM и другим разрабатываемым навигационным стандартам. Эта проблема только для более крупных и совершенных беспилотных летательных аппаратов. И для этих транспортных средств стоимость будет основным фактором. БВС меньшего размера, скорее всего, не смогут соответствовать таким высоким стандартам.

Большая часть применимых навигационных технологий, которые могут быть использованы БАС, уже существует в гражданской среде и уже была применена в военной сфере, например, 4-D (с привязкой ко времени), зональная навигация (RNAV) [1]. Поэтому технический элемент этого вопроса минимален. В то время как продолжается разработка маршрутов, определенных RNP, стандартного вылета по приборам (SID) и других навигационных процедур, лишь немногие из этих процедур будут применяться к операциям с БВС. Скорее всего, большинство беспилотных летательных аппаратов будут выполнять

полеты вне маршрутов обслуживания воздушного движения. Таким образом, ожидается, что разработка навигационных процедур для БАС не станет серьезной проблемой. Более актуальной задачей будет определение зон сдерживания (геозон) для операций БВС, которые могут работать в городских районах [1]. Эти области должны быть определены в цифровом формате. Такие зоны сдерживания могут быть организованы вокруг мест, чувствительных к шуму, зон с высокой плотностью движения воздушных судов (т. е. траекторий прибытия и захода на посадку), зон с высокой плотностью населения и других объектов, которые могут создавать риски или неудобства для других воздушных судов или людей на земле [1].

То, как БВС будут использовать воздушное пространство, является сложным вопросом. Многие зависит от возможностей самого летательного аппарата, физических характеристик, его предполагаемых задач и того, как он может взаимодействовать с условиями полета. Цель состоит в том, чтобы разрешить БВС доступ во все воздушное пространство наравне с пилотируемыми самолетами. Однако, в ближайшей перспективе большинство представителей сообщества беспилотной авиации признают, что некоторые ограничения воздушного пространства будут необходимы (например, полеты в воздушном пространстве класса G) [1]. Создание коридора для БВС, практиковалось военными для выполнения некоторых полетов [1]. Например, несколько коридоров были созданы в Аляске для перемещения беспилотника Shadow.

Хотя в некоторых случаях такие коридоры доказали свою практичность, особенно там, где воздушное движение и плотность населения невелики, создание коридоров в других местах может стать сдерживающим фактором для осуществления воздушного движения [1].

Использование технических инструментов предотвращения столкновений БАС в воздушном пространстве в ближайшей перспективе должно быть первостепенным. Без внедрения технических процедур для БАС в мире безопасная интеграция в общее воздушное пространство не представляется возможным.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Issues Concerning Integration of Unmanned Aerial Vehicles in Civil Airs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.mitre.org/sites/default/files/pdf/04_1232.pdf. – Дата доступа: 15.10.2023.
2. Что такое DAA, и как эта система помогает дронам? Airs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habr.com/ru/articles/460695/>. – Дата доступа: 15.10.2023.
3. Как GA-ASI способствует интеграции воздушного пространства для БПЛА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.uasvision.com/2023/08/29/how-ga-asi-is-promoting-airspace-integration-for-uas/>. – Дата доступа: 15.10.2023.
4. Интеграция-2030. Краткий анализ и перспективы реализации, принятой Концепции Airs [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aeronext.aero/press_room/analytics/132016. – Дата доступа: 15.10.2023.

UDC 351.814.24

A. Oleinikova, A. Reut

Education institution «Belarusian State Academy of Aviation»

HUMAN FACTOR IN AIRCRAFT MAINTENANCE

Aviation is a field that mainly relies on technology and machines. However, among all the advanced systems and complex technology, the importance of humans cannot be underestimated as they play a key role in ensuring the safety and efficiency of flights. But at the same time, human

error has been identified as one of the main causes of aviation accidents, no matter it is a pilot, an air traffic controller or a technician. Any mistake can have serious consequences.

Human factor is a set of various characteristics and qualities of a person that influence his behavior, decision-making and results.

The human factor in aviation is the most important condition that influences the level and determines the safety of flights of any kind of aircraft.

Traditionally, Human Factor was mainly discussed concerning the performance of a flight crew or air traffic controllers and, to a lesser extent, towards the performance aircraft maintenance staff.

While the fact is, human error in aircraft maintenance has had a dramatic effect upon the safety of flight operation as the errors of pilots and air traffic controllers.

Twelve human factors, known as the “dirty dozen” of Gordon Dunning were adopted as a simple model of errors made by technicians during maintenance. They are:

1. Lack of communication, that occur between aircraft maintenance technicians and management agents, pilots, parts suppliers, aircraft servicers and can cause aviation accidents.

2. Lack of teamwork can ultimately affect aviation safety.

3. Norms, that support workplace safety. Aviation organizations must provide a work environment that is resilient to human error.

4. Lack of assertiveness, persistence and the inability to stand up for your point of view when something goes wrong can lead to many fatal accidents.

5. Overconfidence, that leads to complacency. Repetitive tasks such as inspections may be ignored or skipped by maintenance technicians because they have performed the task multiple times without ever finding an error.

6. Fatigue is a major human factor that has contributed to many maintenance errors. Fatigue is a feeling of tiredness, reduced energy, and increased effort to perform tasks effectively and without mistakes.

7. Stress can lead to maintenance errors as it distracts and reduces concentration levels when performing complex maintenance tasks.

8. Lack of knowledge when performing aircraft maintenance can lead to poor quality repairs, which can have catastrophic consequences.

9. Lack of resources for safe maintenance performance such as sufficient manpower, equipment, documentation, time, parts, etc. has been the cause of many fatal accidents.

10. Lack of awareness is the inability to recognize a situation, understand what it is, and predict possible outcomes.

11. Distraction is one of the main factors, that causes a great number of aviation accidents. When work resumes, the technician may miss a detail, forgetting what was or was not done as part of the maintenance task.

12. Psychological pressure. Aircraft maintainers should not allow time constraints to prevent the safe completion of aircraft maintenance.

Another well-known model that clarifies how sequences of minor, often seemingly insignificant failures can lead to significant adverse outcomes is the Swiss Cheese model. The concept was developed by James Reason, a British psychologist and internationally renowned expert in human error and risk management. The Swiss Cheese model describes four levels within which active and latent failures can occur during complex operations. The value of the Swiss Cheese model is that it forces attention to hidden failures or “holes” in the causal chain of events that may be overlooked.

Theoretically, at each level there will be at least one failure leading to an adverse event. If, at any time leading up to the adverse event, one of the errors (malfunctions) is corrected, the adverse event will be prevented.

The impact of human factors on safety performance is well demonstrated by the SHELL model. The constituent blocks of the SHELL model (this abbreviation is formed from the initial letters of the names of the model blocks: Software – software installations, Hardware – object, Environment – environment, Liveware – subject) clearly emphasize the need for their mutual

correspondence. The following interpretation of the blocks of the model is proposed: the subject is a person, hardware is a machine, software settings are procedures, symbol systems, etc., environment is the conditions in which a system consisting of elements L, H, S should operate. This block diagram does not cover interactions between components that do not involve Human Factors (e. g., machine-to-machine, machine-to-environment, software-to-machine), and is intended only to facilitate understanding of the role of Human Factors.

Let's look at the SHELL model taking into account a person. Front-line employees are a key element of the models and are placed at the center of the model. Moreover, of all the parameters of the model, it is the least predictable and most susceptible to the influence of both internal factors (hunger, fatigue, motivation) and external factors (temperature, light, noise).

– “subject-technical means” (L – H) interface represents the relationship between humans and the physical attributes of machinery and equipment.

– “subject-software” (L – S) interface represents the relationship between a person and the support systems available in the workplace. These are, for example, standards, manuals, control charts, publications, procedures, regulations

– “subject-subject” (L – L) interface explores the connections and relationships between people in the workplace. Some of these interactions occur within the organization, that is, between colleagues, between departments, management, and many between people who work in different organizations and perform different functions.

– “object-environment” (L – E) interface covers the relationship between a person and the physical environment. This includes, for example, temperature, lighting, noise levels, vibrations and even air quality. In addition, environmental factors such as weather conditions, infrastructure, and terrain also affect this interface.

The SHELL model is studied to clearly understand where work is being done correctly and where more attention needs to be paid. By using this model in internal investigations, workflow can be improved [1].

Quite often the cause of aviation accidents is the human factor in performance of aircraft maintenance. The United Kingdom Civil Aviation Authority has published a list of frequently occurring maintenance non-compliances:

1. Incorrect installation of components.
2. Installing the wrong parts.
3. Discrepancies in electrical wiring.
4. Loose items (tools, etc.) left on the plane.
5. Cowlings, access panels and fairings are loose.
6. Failure to perform required checks [2].

There are a lot of examples of human errors that resulted in aviation accidents and incidents. On August 14, 2006, a Boeing 737 carrying 121 people crashed in the mountains near Athens. The crash of Cyprus's first private airline, Helios Airways, flying from Larnaca to Athens, became the worst air disaster ever to occur in Greece. The reason was the depressurization of the aircraft cabin due to the fault of the company's engineers, who turned off the auto-pressurization of the cabin. The crew lost consciousness and the plane crashed into a mountain after running out of fuel.

On August 12, 1985, a Japan Airlines Boeing took off on its standard Tokyo-Osaka route. 12 minutes after takeoff, serious technical problems occurred, as a result of which the fin completely came off. The team tried to stabilize the plane for more than half an hour, but their attempts were unsuccessful. The airliner lost control and crashed into a mountain range near Fuji. The tragedy was caused by the negligence of the repair personnel, who made critical errors during scheduled work.

On March 3, 1974, a McDonnell Douglas DC-10 airliner took off from Paris airport to Istanbul. The tragedy happened just six minutes after take-off. As soon as the plane reached an altitude of 3,500 meters, a breakdown of the locking mechanism in the cargo compartment hatch caused an explosive decompression of the cabin, which disabled all control systems. It was not possible to

land the DC-10 successfully: just a minute and a half later, it dived at high speed into the Ermenonville forest and caught fire.

The human factor plays a significant role in aviation, in controlling the aircraft, supervising the air traffic and even in providing aircraft maintenance. The fact is that aviation safety relies heavily on aviation maintenance work. When it is not done correctly and properly, it contributes to a significant number of aviation accidents and incidents.

Despite the fact, that technology and machines have improved safety and efficiency, people remain an integral part of the system. Understanding human factors, problem solving such as decision making, communication, fatigue and stress is essential to ensure safe and smooth flight operations. Recognizing the importance of human factors, the airline industry will continue to evolve, making air travel even safer.

REFERENCES

1. Popov, M. V. Human factor in flight safety. Model SHELL / M. V. Popov // Young scientist. – 2021. – № 31 (373). – P. 23–25.
2. Baker, B. and Schafer, A. (January 1992) “Industrial Hygiene in Air Carrier Operations” / Baker B. and Schafer A. // Proceedings of the Fifth Federal Aviation Administration Meeting on Human Factors Issues in Aircraft Maintenance and Inspection / The Work Environment in Aviation Maintenance. – Washington, D. C. – 1992.

УДК 621.396.9

А.С. Порожнюк, О.Н. Скрыпник

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРОБЛЕМЫ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ GNSS И СПОСОБЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ

Глобальная навигационная спутниковая система (GNSS) сегодня является важнейшим элементом инфраструктуры связи, навигации и наблюдения (CNS) и формирует основу для внедрения навигации, основанной на характеристиках (PBN). Однако практика применения GNSS выявила ряд эксплуатационных проблем, связанных с ее низкой помехоустойчивостью к действию непреднамеренных и преднамеренных (spoofing, jamming) помех. Ложное наведение осуществляется посредством передачи уводящих сигналов, подобных сигналам GNSS, в результате которых бортовая аппаратура определяет ошибочное местоположение и выдает неверные сигналы наведения.

Предметом серьезной озабоченности является распространение устройств подавления или имитации (спуфинг) сигналов GNSS, предназначенных для нарушения работы систем слежения за движущимися транспортными средствами [4]. Вероятность причинения этих помех зависит от таких факторов, как плотность населения и мотивация отдельных личностей или групп в данном районе относительно нарушения работы авиационных и неавиационных служб. Такая вероятность практически отсутствует в океанических и мало населенных зонах и становится высокой вблизи мегаполисов и административных центров.

Имитация сигналов GNSS по сравнению с сигналами традиционных средств навигации намного более сложная с технической точки зрения задача, поскольку необходимо согласовать уводящий сигнал с динамическими характеристиками подвергаемого воздействию приемника и поддерживать необходимую мощность сигнала, чтобы обеспечивать возможность приемнику оставаться настроенным на уводящий сигнал.

Существуют различные способы выявления спуфинга: сопоставление данных о местоположении ВС, полученных по GNSS и другим бортовым средствам навигации; пилоты могут фиксировать отклонения при обычном контроле показаний приборов и

индикаторов; при наличии радиолокационного наблюдения служба УВД может заметить отклонение ВС от заданного маршрута. Кроме этого, все находящиеся в данном районе ВС, которые принимают сигнал спуфинга, будут определять такое же местоположение, что и подвергаемое помехе ВС. В этом случае обмен данными между ВС по каналам АЗН-В позволит обнаружить наличие спуфинга [2].

Решение заключается в том, что передатчик (ВС или передатчик преднамеренных помех) передает АЗН-В сигнал, который принимается двумя приемниками и измеряется время прибытия сигнала (TOA). Затем рассчитывается разность времени приема сигнала этими приемниками (TDOA). При приеме сигналов АЗН-В выделяется информация о положении ВС. Зная местоположение ВС и приемника можно определить ожидаемую TDOA. Сравниваются измеренные и ожидаемые значения TDOA, по величине которой принимается решение о наличии или отсутствии спуфинга (рисунок).

Другой проблемой для GNSS являются непреднамеренные помехи. В ряде исследований отмечается рост случаев воздействия преднамеренных и непреднамеренных помех на GPS, что в некоторых случаях делает GPS неработоспособным для критически важных инфраструктурных и транспортных операций. Также отмечается растущая доступность небольших и дешевых GPS-глушилок, известных как устройства личной конфиденциальности (PPDS). Хотя заявленный радиус действия этих устройств для подавления помех невелик, обычно от 10 до 20 метров, их фактическая дальность действия может достигать десятков километров [3].

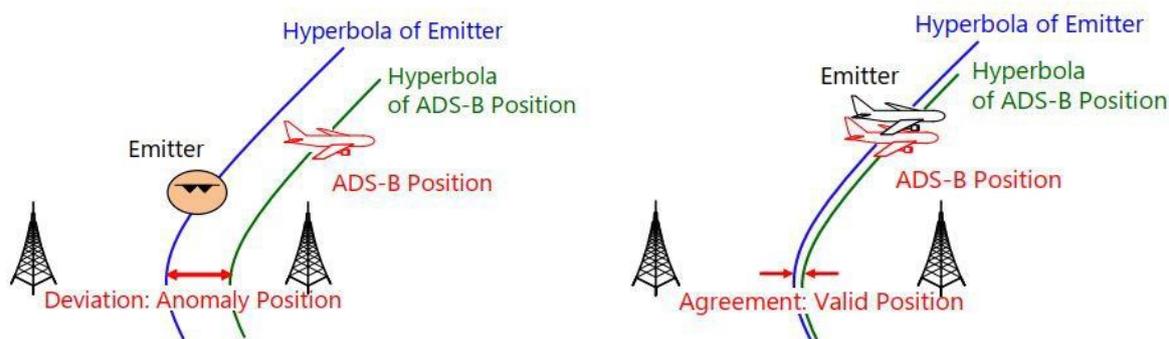


Рисунок – Иллюстрация метода TDOA

Так, при тестировании системы функционального дополнения GBAS в аэропорту Ньюарк, выявились нарушения ее работы из-за помех, возникающих при проезде грузового автотранспорта по близлежащему шоссе. Властям потребовалось четыре месяца, чтобы определить источник помех. Продолжающийся мониторинг в районе аэропорта Ньюарк после этого инцидента показывает, что в часы пик происходит от 4 до 5 случаев помех в час, предположительно из-за PPDs. Операторы сетей сотовой связи, синхронизированных с GPS, также сообщают об увеличении частоты периодических отключений GPS, скорее всего, из-за прохождения PPD.

Еще одной проблемой для GNSS является ионосферная интерференция. Сильные сцинтилляции могут прерывать прием спутниковых сигналов, но это случается местами и не затрагивает обширные зоны ионосферы. Поэтому это обычно влияет только на несколько спутников в зоне видимости с борта ВС. Потери приема сигнала вследствие сцинтилляции кратковременны, но они могут повторяться в течение нескольких часов. Это может привести к ухудшению или прекращению обслуживания GNSS на время, зависящее от способности приемника к возобновлению приема сигнала после его потери. Сцинтилляция влияет на все используемые GNSS частоты, поэтому работающие на нескольких частотах приемники не обеспечат повышенную защиту в этом отношении [4].

Внедрение многосистемной и многочастотной GNSS позволило значительно снизить влияние PPDs устройств на качество функционирования аппаратуры потребителей, поскольку в случае подавления сигналов от спутников одного из созвездий, сохраняется возможность получать информацию от находящихся в зоне видимости спутников других созвездий [3].

Использование многосистемной GNSS улучшило характеристики доступности и непрерывности обслуживания, особенно в зонах, где ионосферная сцинтилляция может привести к потере слежения за отдельными спутниками, так как количество спутников в зоне видимости значительно возросло. Наличие второй частоты позволяет бортовому оборудованию вычислять ионосферную задержку в реальном времени, фактически исключая главный источник ошибок. Использование функциональных дополнений SBAS обеспечивает почти стопроцентную доступность обслуживания для заходов с вертикальным наведением (APV) при минимумах вплоть до высоты 60 м (200 фут) даже в экваториальных зонах.

Внедрение систем SBAS также позволило значительно повысить точность позиционирования путем уменьшения ошибок, представленных в таблице [1].

Таблица – Точность позиционирования с и без DGPS/SBAS

Источник ошибки и тип	Ошибка без DGPS/SBAS, м	Ошибка с DGPS/SBAS, м
Данные эфимериса	2,1	0,1
Спутниковые часы	2,1	0,1
Эффект ионосферы	4,0	0,2
Эффект тропосферы	0,7	0,2
Отраженные сигналы	1,4	1,4
Влияние приемника	0,5	0,5
Общее значение RMS	5,3	1,5
Горизонтальная ошибка (1-Sigma (68 %) HDOP = 1.3)	6,5	1,7
Горизонтальная ошибка (2-Sigma (68 %) HDOP = 1.3)	13,0	3,4

Элементы GNSS, работающие в полосах частот 1164–1215 МГц и 1559–1610 МГц, классифицированы МСЭ как системы, обеспечивающие спутниковое радионавигационное обслуживание (RNSS). Этот частотный диапазон также включает глобальное распределение для радионавигационного обслуживания в области аэронавигации (ARNS). Оба вида авиационного использования этого обслуживания считаются «службой безопасности полетов», и им для RNSS предоставлен специальный статус защиты спектра в Регламенте радиосвязи МСЭ. Для достижения характеристик, необходимых для управления точным заходом на посадку, поддерживаемым GNSS и его функциональными дополнениями, RNSS/ARNS должна являться единственным глобальным распределением в полосе 1164–1215 МГц и 1559–1610 МГц, а излучения систем в этой и соседних частотных полосах строго контролируются в соответствии с национальными и/или международными правилами [5].

В результате проведенного анализа можно сделать следующие выводы:

1. Многосистемная и многочастотная GNSS позволяет значительно уменьшить или вообще исключить влияние ионосферы на точность позиционирования.
2. Системы самолета, системы функционального дополнения и метод TDOA позволяют снизить влияние преднамеренных помех и ложного наведения.
3. Системы функционального дополнения позволяют значительно увеличить качество навигационного обслуживания путем уменьшения значений ошибок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Зогг, Ж. М. Основы спутниковой навигации : краткое пособие / Ж. М. Зогг. – Швейцария, 2007. – 132 с.

2. Обновление деятельности по наблюдению и изучение потенциальных возможностей сотрудничества: примеры эффективности проверки позиции при АЗН-В : материалы 5 Веб-конференции ИКАО, Токио, 22–24 сентября 2020 г. / Исследовательский институт электронной навигации. – Токио, 2020. – 7 с.

3. Симпозиум по локационному контролю и навигации: разработка и демонстрация системы локализации сигналов помех GNSS на основе TDOA : материалы Конференции PLANS, Южная Каролина, 21–23 апреля 2012 г. / Техасский университет в Остине. – Южная Каролина, 2012. – 15 с.

4. Doc 9849 «GNSS Manual» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.icao.int/Meetings/PBN-Symposium/Documents/9849_cons_en%5B1%5D.pdf. – Дата доступа: 04.10.2023.

5. Proposed amendment to Annex 10, Volume I [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.icao.int/APAC/Applicable%20and%20Reference%20Documents/041e_Amendment%20to%20Annex%2010-%20Vol-I_%20DFMC_GLONASS_BDS.pdf. – Дата доступа: 07.10.2023.

УДК 629.7.08

О.Н. Скрыпник, Р.А. Вишневецкий

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

АРХИТЕКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Работа выполнена при финансовой поддержке Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (грант T23-029).

Интерес к беспилотным авиационным системам (БАС) и беспилотным воздушным судам (БВС) в мире огромен. Новые возможности БАС безусловно будут использованы как в народном хозяйстве, так и в военной сфере. При увеличивающемся объеме услуг, оказываемых БАС и соответствующем увеличении интенсивности их полетов, возникает необходимость управления трафиком беспилотных авиационных систем. По данным, отчета американского консалтингового агентства, рынок систем управления беспилотным движением (UTM) на 2022 год оценивался в 98,96 млн. долларов США и, как ожидается, в 2023 году достигнет 125,74 млн. долларов США, при среднегодовом темпе роста 30,12 %. По прогнозам экспертов, к 2030 году этот рынок достигнет 813,59 млн. долларов США [1].

Современные автоматизированные системы управления воздушным движением (АС УВД) создавались для управления пилотируемой авиацией и совершенствовались на протяжении многих десятилетий, достигнув высокой степени эффективности. Однако процессы организации воздушного движения БВС и контроля за ним существенно отличаются от пилотируемой авиации, что требует разработки систем UTM и является общепризнанной необходимостью для безопасной интеграции БАС в общее воздушное пространство. Этой проблемой заняты не только государственные ведомства, такие как Национальное управление по аэронавтике и исследованию космического пространства – NASA, но и крупные международные проекты, такие как Single European Sky ATM Research-SESAR, а также крупные технологические корпорации (Amazon, Google, DJI и многие другие) и малые компании, нацеленные на организацию применения БВС в пределах отдельных муниципалитетов, промышленных или портовых зон (например, в Антверпене, Сингапуре, Роттердаме).

Создание системы UTM весьма сложное техническое решение, которое должно учитывать интересы всех заинтересованных пользователей и государственных органов управления, правоохранительных и контролирующих структур. Как и любое сложное техническое решение, система UTM является результатом работы большого числа

специалистов в различных областях. При этом система UTM будет в значительной степени динамичной и будет продуцировать большое количество вызовов и проблем.

Разработка, апробация и внедрение систем UTM – процесс не быстрый, требующий охватить все ключевые вопросы, связанные с безопасной интеграцией БАС. При этом необходимо учитывать инерцию контролирующих органов и предпочтения, традиционно отдаваемые пилотируемой авиации. Эта стадия становления рынка БАС необходима для применения БАС в глобальных масштабах.

Система UTM представляет собой комплексный инструмент управления движением БВС, который предоставляет набор услуг для системы организации воздушного движения (ОрВД) и операторов БВС. Главной целью этой системы является достижение высоких уровней безопасности и эффективности операций с применением БАС.

Основными элементами архитектуры АС УВД БВС (рисунок) являются:

- операторы БВС;
- органы, определяющие и регулирующие организацию воздушного пространства и порядок его использования (для Беларуси – Министерство обороны, Департамент по авиации Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, система ОрВД);
- провайдеры дополнительных данных и услуг (информация о погоде, карты местности, информация об ограничениях воздушного пространства, связь и т. д.);
- государственные органы и структуры (органы охраны правопорядка, общественные организации), частные лица.



Рисунок – Архитектура АС УВД БВС

АС УВД БВС должна предоставлять услуги по обеспечению безопасности полетов БАС; выдавать сообщения операторам БВС об ограничениях, установленных на полеты системами ОрВД; предоставлять информацию о полетах по запросам частных лиц и регулирующих органов; поддерживать процессы подготовки и выполнения полетов для операторов БВС и другие [2].

Система АС УВД БВС позволит регулирующим органам и поставщикам услуг ОрВД управлять общим воздушным пространством без необходимости их вовлечения в непрерывный процесс управления беспилотным воздушным трафиком и иметь возможность получать по запросу данные о полетах, как в реальном времени, так и по его окончании для последующего анализа происшествий.

В свою очередь системы управления воздушным движением для пилотируемой авиации и АС УВД БВС должны будут взаимодействовать друг с другом при предоставлении следующих услуг:

- организация, структуризация и управление воздушным пространством;

- управление запросами и организация потоков воздушного движения;
- планирование использования воздушного пространства;
- управление конфликтами на стратегическом (предварительное планирование) уровне;
- предоставление дополнительной информации.

В связи с тенденцией роста количества БАС в мире внедрение АС УВД БВС является обязательным условием для повышения качества предоставляемых услуг в области аэронавигации и снижения риска при интеграции БАС в общее воздушное пространство.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рынок управления беспилотным движением по компонентам, функциям, операциям – глобальный прогноз на 2023–2030 гг. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.reportlinker.com/p06510468/ Unmanned-Traffic-Management-Market-by Component-Function-Operation-End-User-Global-Forecast.html>.

2. Economic and legal issues of the use of wrong motor aircraft to ensure technosphere safety / Bezborodova O. E. [et al.] // Fortus: Economy & Political Researches. – 2018. – № 2 (2). – P. 19–26 (in Russian).

UDC 351.814.331

Y. Tarasevich, V. Paletayeva

Educational institution «Belarussian State Academy of Aviation»

ADVERSE METEOROLOGICAL PHENOMENA AND THEIR IMPACT ON FLIGHT SAFETY

According to the statistics of 2019, every day around the world planes make 120 thousand flights and transfer about 12 million passengers. It means that aviation transport is becoming more popular with time. Of course, aviation sphere is also developing to a great extent; special attention is paid to the aviation safety. To make the flight safer there are huge efforts of all aviation specialists: mechanics, air traffic controllers, pilots, meteorologists, customs officers, aircraft designers and others. All these professionals began their path with studying special subjects at the universities or educational institutions; they tried to sort out all small details in each needed sphere to make every flight as safe and convenient as possible [1].

The famous Roman philosopher Seneca said one day “No matter how long you live, you should study all your life!” Very similar phrase was said by the Chinese philosopher Xun-tzu: “You have to study all your life, until the last breath!” There is very deep idea in these statements. With reference to the aviation sphere, it also can be said that all aviation specialists are unable to learn all information and to get a good experience only in the universities or educational institutions, they will acquire knowledge during all life carrying out their operation sphere. Unfortunately, people can mistake, but in aviation sphere one mistake can lead to incident or even accident, to people’s death.

There are different causes of incidents or air crashes. According to the statistics, the reasons are distributed as follows:

- 1) flight crew errors – 50 %:
 - unprovoked flight crew errors – 29 %;
 - flight crew errors, caused by hazardous meteorological conditions – 16 %;
 - flight crew errors, caused by equipment failures – 5 %.
- 2) aircraft failures – 22 %;
- 3) weather conditions – 12 %;
- 4) terrorism – 9 %;
- 5) ground personnel errors (air traffic controllers, mechanics and etc.) – 7 %;

6) other reasons – 1 % [2].

Although the most widespread cause of air crashes is the human factor, in this article it will be described not less significant factor called weather conditions. The problem of the impact of hazardous weather conditions on the aviation is still staying actual, because of its influence on safety of flight. Despite of the modern aircraft and aerodrome equipment, new meteorological technic, which increased flight safety and decreased quantity of air crashes and incidents, caused by dangerous weather phenomena, all meteorological problems weren't solved.

Aviation is closely connected with weather conditions because flights are conducted in the atmosphere (upper layers of the troposphere and lower layers of the stratosphere). The most important task aimed at reducing the number of aviation accidents and incidents -ensuring aviation safety on the aircraft in flight is influenced by temperature, pressure, wind direction and speed, clouds, precipitation and etc.

Factors that make up adverse meteorological weather conditions include:

1. Wind and wind shear. The presence of wind leads to change in the length of the takeoff roll and landing roll, to turn of the aircraft against the wind due to it force, which can lead to landing outside the runway. A particular danger for aircraft is a fast change in wind direction and / or speed near the ground, which is called wind shear. Wind shear can lead to stall or collision of the plane with the ground.

2. Turbulence. Turbulence causes bumpiness and can lead to change of altitude, heading and speed of the aircraft. Stability and controllability also deteriorate.

3. Cloud and limited visibility. Flights in clouds and in reduced visibility are hazardous due to the lack of visual contact (IFR only), occurring because of the turbulence and aircraft icing.

4. Meteorological conditions connected with reduced visibility: precipitation, fog, mist, dust and sand storms, blizzard and etc. All they have effect on the flight in the different way, but each phenomenon is very dangerous for aviation. Blizzard can provide snowdrift and it will be necessary to close an airport for working of snowplow. Dust and sand storms can lead to heavy wind and severe turbulence, poor visibility. To fly in frozen rain or snow can lead to in-flight icing of the aircraft.

5. Aircraft icing. Icing can cause change of aerodynamic characteristics. The consequences of icing can be different: from reducing radio communication to stalling the aircraft.

6. Thunderstorms and squalls. Thunderstorms are dangerous because they are accompanied by severe icing, lightning flashes and strikes, heavy precipitation and turbulence in clouds, which can lead to bumpiness and overload. Hail is also hazardous phenomena for flights. It can lead to different damages of the aircraft ranging from dents to depressurization of plane [3].

In the global aviation sphere, there are many cases of incidents and accidents related with marginal weather conditions.

For instance, air crash that happened on 5th of February, 2020. Boeing 737–800 of Pegasus Airlines provided a flight from Izmir to Istanbul. During landing in heavy rain and severe gusts of wind weather at the destination airport, the aircraft rolled out of the runway, felled off a cliff, as a result, collapsed into three parts and burnt. On board were 177 passengers and 6 people of crew, so 3 died. The cause of this air crash was called dangerous weather conditions. This case showed us how is important to pay special attention to the different hazards and its influence [4].

Another example is the accident, which happened on 24th of July, 2014. McDonnell Douglas MD 83 of Air Algerie performed a regular flight to Algeria, but in 32 minutes after takeoff disappeared from radar screens, its fragments were found near with Mali. On board there were 110 passengers and 6 personnel of crew, all died. According to the voice recorder, both pilots missed the fact of icing threats and didn't turn on de-icing equipment. As a result, creating ice pallets was cause of speed sensors failing and due to mistaken readings of high speed, autopilot reduced the capacity of engines, aircraft began to lose altitude. To maintain the present altitude autopilot pitched up and stalled. As a result, aircraft crashed in desert. The causes of this air crash were called dangerous weather conditions and flight crew error [5].

One more example happened on 4th of April, 2011. During landing at the destination airport Kinshasa (Democratic Republic of the Congo), CRJ 100 of Georgian Airways crashed due to bad

weather conditions. All 33 people on board died. The cause of the accident was microbursts. A strong vertical downward gust caused a sudden significant change in the pitch angle of the aircraft, which led to a fast loss of altitude. Due to the low altitude of the flight, the withdrawal of the aircraft from the situation was impossible [6].

As a conclusion, in order to ensure the safety of flights, it's needed to pay a great attention to a variety of factors, the most significant of which is the state of the air environment or, in other words, meteorological conditions. The impact of many synoptic phenomena, such as clouds, wind, fog, precipitation have a significant influence on the operation of aircraft: they affect on the aerodynamic characteristics of the aircraft, piloting, air traffic maintenance and navigation.

In recent years, the number of aviation accidents that occurred due to weather conditions ranges from 6 % – 20 % of the total. If we also take into account those incidents when the weather was not their direct cause, but, complicating the actions of the crew, indirectly contributed to them, then the sphere of aviation accidents associated with weather conditions increases to 30 % – 35 %. And, therefore, high level of knowledge in meteorology not only for pilots, but also for air traffic controllers will allow them to take fast and correct decisions in the event of difficult meteorological situations.

REFERENCES

1. Самолеты гражданской авиации каждый год перевозят 4 миллиарда пассажиров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.news.un.org>. – Дата доступа: 07.10.2023.
2. Авиационное происшествие [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ru.m.wikipedia.org>. – Дата доступа: 07.10.2023.
3. Рыбалкина, А. Л. Уменьшение влияния неблагоприятных внешних условий в аэропортах местного значения : науч. ст. / Московский государственный технический университет гражданской авиации ; А. Л. Рыбалкина, А. С. Спиринов, Е. И. Трусова. – М. : МГТУ ГА, 2018.
4. Катастрофа Boeing 737 в Стамбуле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ru.m.wikipedia.org>. – Дата доступа: 07.10.2023.
5. Катастрофа MD-83 под Госсии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ru.m.wikipedia.org>. – Дата доступа: 07.10.2023.
6. Катастрофа CRJ-100 в Киншасе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ru.m.wikipedia.org>. – Дата доступа: 07.10.2023.

УДК 396.2

Е.В. Фетисов, Р.Н. Агаев, С.В. Поцелуйкин

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

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ЗАПРАВКИ САМОЛЕТА МАСЛАМИ

Понятие «инженерно-авиационное обеспечение полетов» представляется обобщенным наименованием всех составных частей деятельности инженера авиационной службы, целью которой является удовлетворение потребностей в исправных и подготовленных летательных аппаратах, требований безопасности, регулярности и экономичности их эксплуатации [1].

При проведении мероприятий по организации инженерно-авиационного обеспечения появляется необходимость в разработке автоматизированных систем управления деятельностью.

Все процессы моделирования и исследования с использованием способов математического моделирования осуществляются с применением языков программирования. Python известный

и высокоуровневый язык, у которого созданы комфортные среды программирования, облегчающие работу специалиста.

Авторами был написан код для расчета показателей, характеризующих работу инженерно-авиационной службы при реализации мероприятий инженерно-авиационного обеспечения летного дня, а именно заправка самолета маслами, для этого необходимо решить ряд прикладных задач:

1. Расчет времени заправки самолетов маслом T_M (фрагмент кода представлен на рисунке 1). Программа позволяет по исходным данным рассчитать время заправки самолетов маслом при помощи маслозаправщиков определяется в общем виде по формуле

$$T_M = \frac{n}{m} (t_M - t_{всп}) + (k + 1) T_B, \quad (1)$$

где T_M – время заправки группы самолетов, мин; n – количество самолетов; m – количество маслозаправщиков, готовых к заправке; t_M – время заправки одного самолета маслом, мин; $t_{всп}$ – время, затрачиваемое на вспомогательные работы при заправке одного самолета (подъезд, подготовка раздаточных шлангов и другое), мин; k – количество рейсов маслозаправщиков; T_B – время прогрева и подвоза масла со склада ГСМ или от подогрева к самолетам.

```

10 class Calculate1:
11     def __init__(self, win):
12         self.label_3=tk.Label(win, text='Количество самолетов, подлежащих заправке (n) ')
13         self.label_3.place(x=90, y=160)
14         self.text_3 =tk.Entry()
15         self.text_3.place(x=1000, y=160)
16
17         self.label_4 =tk.Label(win, text='Количество маслозаправщиков ,готовых к заправке (m) ')
18         self.label_4.place(x=90, y=180)
19         self.text_4 =tk.Entry()
20         self.text_4.place(x=1000, y=180)
21
22         self.label_5 =tk.Label(win, text='Время заправки одного самолета маслом (tм), мин')
23         self.label_5.place(x=90, y=200)
24         self.text_5 =tk.Entry()
25         self.text_5.place(x=1000, y=200)
26
27         self.label_6 = tk.Label(win, text='Время, затрачиваемое на вспомогательные работы при заправке одного самолета (tвсп), мин ')
28         self.label_6.place(x=90, y=220)
29         self.text_6 = tk.Entry()
30         self.text_6.place(x=1000, y=220)
31
32         self.label_7 = tk.Label(win, text='Количество рейсов маслозаправщика (k), ')
33         self.label_7.place(x=90, y=240)
34         self.text_7 = tk.Entry()
35         self.text_7.place(x=1000, y=240)
36
37         self.label_12 =tk.Label(win, text='Расстояние до склада ГСМ (l) ,км')
38         self.label_12.place(x=90, y=260)
39         self.text_12 =tk.Entry()
40         self.text_12.place(x=1000, y=260)
41
42         self.label_15 = tk.Label(win, text='Средняя скорость движения маслозаправщика , (v) ,км/ч')
43         self.label_15.place(x=90, y=280)
44         self.text_15 = tk.Entry()
45         self.text_15.place(x=1000, y=280)
46
47         self.label_14 = tk.Label(win, text='Рабочая емкость масляного резервуара маслозаправщика ,(Qм) ,л')

```

Рисунок 1 – Фрагмент кода (времени заправки самолетов маслом)

2. Расчет времени подогрева и подвоза масла T_B . Программа позволяет по исходным данным рассчитать время подогрева и подвоза маслом при помощи маслозаправщиков определяется в общем виде по формуле

$$T_B = \frac{2l60}{v} + \frac{Q_M}{q} + t_H + t_P, \quad (2)$$

где l – расстояние до склада ГСМ, км; v – средняя скорость движения маслозаправщика, км/ч; Q_M – рабочая емкость масляного резервуара маслозаправщика, л; q – средняя производительность перекачивающего насоса, л/мин; t_H – время нагрева масла, мин; t_P – время подготовки маслозаправщика на складе ГСМ (с учетом оформления документации), мин.

3. Расчет времени заправки самолетов маслом T_M , в случаях, когда емкость масляных резервуаров маслозаправщика позволяют заправить все самолеты (подразделения, группы) за один рейс (фрагмент кода представлен на рисунке 2), формула упрощается и будет иметь вид

$$T_M = \frac{n}{m} (t_M - t_{всп}). \quad (3)$$

```

150         font=('NOKRIOS Regular', 12, 'bold'),
151         padx=0,
152         pady=0,
153         width=0,
154         height=1,
155         anchor='s')
156     label_19.pack(),
157
158     1 usage
159     class Calculate2:
160     def __init__(self, win):
161         self.label_20=tk.Label(win, text='Количество самолетов, подлежащих заправке (n) ')
162         self.label_20.place(x=90, y=550)
163         self.text_20 =tk.Entry()
164         self.text_20.place(x=1000, y=550)
165
166         self.label_21 =tk.Label(win, text='Количество маслозаправщиков ,готовых к заправке (m) ')
167         self.label_21.place(x=90, y=570)
168         self.text_21 =tk.Entry()
169         self.text_21.place(x=1000, y=570)
170
171         self.label_22 =tk.Label(win, text='Время заправки одного самолета маслом (tм), мин')
172         self.label_22.place(x=90, y=590)
173         self.text_22 =tk.Entry()
174         self.text_22.place(x=1000, y=590)
175
176         self.label_23 = tk.Label(win, text='Время, затрачиваемое на вспомогательные работы при заправке одного самолта (tвсп),мин')
177         self.label_23.place(x=90, y=610)
178         self.text_23 = tk.Entry()
179         self.text_23.place(x=1000, y=610)
180
181         self.button_1=tk.Button(win, text='Рассчитать', command=self.result0)
182         self.button_1.place(x=120, y=630)
183
184         self.label_24 =tk.Label(win, text='Время заправки группы самолетов, (Тм), мин')
185         self.label_24.place(x=90, y=660)
186         self.text_24 =tk.Entry()
187         self.text_24.place(x=1000, y=660)
188
189     1 usage
190     def result0(self):

```

Рисунок 2 – Фрагмент кода (времени заправки самолетов маслом в случаях, когда емкость масляных резервуаров маслозаправщика позволяют заправить все самолеты (подразделения, группы) за один рейс)

4. Расчет потребного количества маслозаправщиков. Программа позволяет по исходным данным рассчитать расчет потребного количества маслозаправщиков для заправки самолетов маслом за один рейс производится по формуле в зависимости от заданного времени заправки (m) и достаточности емкости резервуара (m_1)

$$m = \frac{n}{T_3} (t_M + t_{всп}); \quad m_1 = \frac{nQ_1}{Q_M} \quad m_1 = \frac{nQ_1}{Q_M}, \quad (4)$$

где T_3 – заданное время заправки группы самолетов маслом, мин; m_1 – количество маслозаправщиков, вычисленное по емкости масляного резервуара заправщика; Q_1 – объем заправляемого в самолет масла, л.

С использованием Python авторами в настоящее время ведется разработка программных продуктов по расчету показателей инженерно-авиационного обеспечения, планирования работы технико-эксплуатационной части авиационного полка. Применение данных программ позволит решить ряд научных и исследовательских задач в области эксплуатации авиационной техники в очень сжатые сроки. В целом данный модуль будет выглядеть так как показано на рисунке 3.

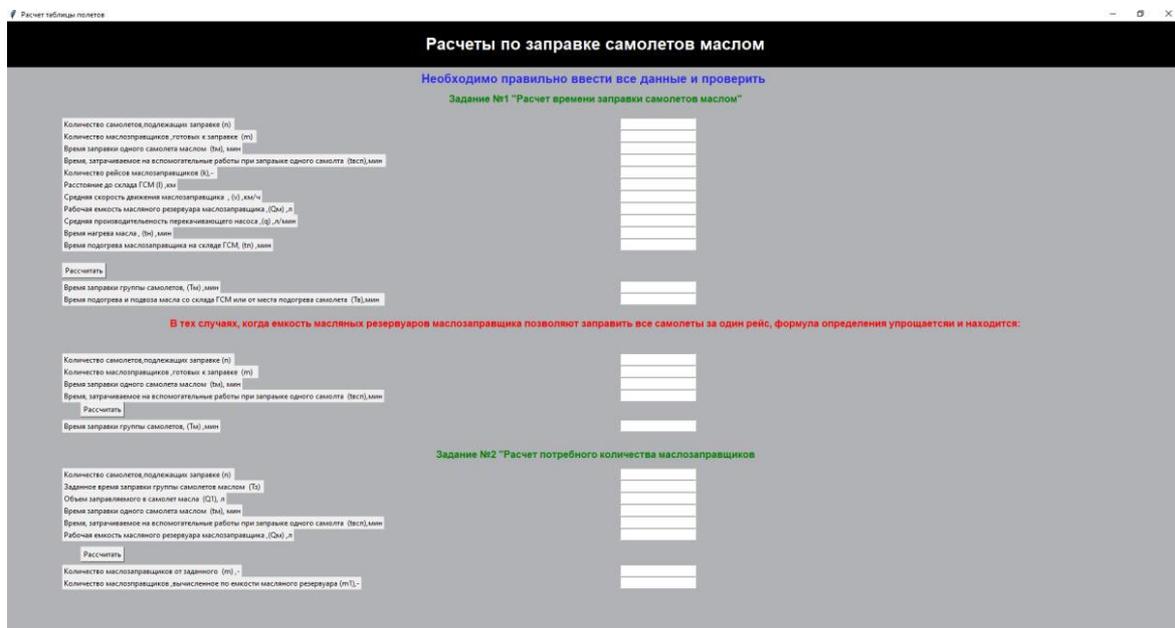


Рисунок 3 – Общий вид окна приложения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методы математического программирования при разработке автоматизированных систем управления деятельностью авиакомпаний и аэропортов [Электронный ресурс] / О. А. Соколов [и др.] // Исследования молодых ученых : материалы XLVI Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2022 г.). – Казань : Молодой ученый, 2022. – С. 7–12. – Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/462/17487/>. – Дата доступа: 15.10.2023.

УДК 396.2

Е.В. Фетисов, Р.Н. Агаев, С.В. Поцелуйкин

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

РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ЗАПРАВКИ САМОЛЕТА ГАЗАМИ

При организации мероприятий обеспечения авиационных частей возникает необходимость разрабатывать автоматизированные системы управления деятельностью личного состава инженерно-авиационной службы и подразделений всестороннего обеспечения, при этом рассматривают методы математического программирования [1].

Современная автоматизированная система при решении задач должна вырабатывать оптимальные решения из множества возможных, используя математическое программирование [2]. К числу таких задач относят:

1. «Транспортная» задача помогает в распределении ресурсов, находящихся у m производителей, по n потребителям этих ресурсов, так чтобы все заявки были выполнены, а стоимость перевозок минимальна;

2. «Распределительная» задача представляет собой обобщение предыдущей, но особенность ее заключается в том, что каждый ресурс используется ровно один раз и каждому объекту приписан ровно один ресурс;

3. Сетевые задачи, в отличие от транспортных, осуществляют перевозки через промежуточные пункты, их цель – оптимизировать пути доставки грузов и пассажиров как по времени, так и по стоимости;

4. В целочисленных задачах на все или часть переменных наложены условия целочисленности.

Решение все задач, в частности, моделирование процессов инженерно-авиационного обеспечения с использованием различных методов математического программирования осуществляется с использованием различных языков программирования. Большинство из них: Python, Java, C++ и другие являются языками высокого уровня, которые созданы для упрощения программного кода [3].

Python один из самых популярных языков программирования, его можно использовать при анализе большого объема данных, программировании искусственного интеллекта и решении многих функциональных задач. Преимуществами данного языка являются: простота использования, производительность, высокий уровень абстракции и удобочитаемость.

Принимая во внимание вышеперечисленные преимущества Python авторами были написаны программы расчета показателей, характеризующих работу инженерно-авиационной службы при реализации мероприятий инженерно-авиационного обеспечения летного дня, а именно заправка самолета сжатыми, для этого необходимо решить ряд прикладных задач:

1. Рассчитать потребное количество баллонов. Программа позволяет по исходным данным определить потребное количество баллонов N_6 для заправки (зарядки) группы самолетов сжатыми газами (воздухом, азотом, кислородом) определяется по формуле

$$N_6 = \frac{V_2 (p_2 - p_{02}) n}{V_1 (p_1 - p_{01})}, \quad (1)$$

где V_2 – объем бортовых баллонов на одном самолете, л; p_2 – давление, до которого должны быть заряжены бортовые баллоны, кг/см²; p_{02} – давление в бортовых баллонах перед зарядкой, кг/см²; n – количество самолетов; p_1 – начальное давление в транспортных баллонах, кг/см²; p_{01} – конечное давление в транспортных баллонах, кг/см²; V_1 – объем транспортного баллона, л.

2. Рассчитать потребное количество воздухозаправщиков (кислородозаправщиков) N_3 (фрагмент кода представлен на рисунке 1). Программа позволяет по исходным данным определить необходимое количество воздухозаправщиков по формуле

$$N_3 = \frac{V_2 (p_2 - p_{02})}{m V_1 (p_1 - p_{01})}, \quad (2)$$

где m – число баллонов на одном воздухозаправщике.

3. Рассчитать потребное количество воздухозаправщиков (кислородозаправщиков) из условия заданного времени. Программа позволяет по исходным данным определить необходимое количество воздухозаправщиков N'_3 по формуле

$$N'_3 = \frac{n(t_{\text{зар}} + t_{\text{всп}})}{T'} \quad (3)$$

где n – количество самолетов, заправляемых сжатыми газами; $t_{\text{зар}}$ – время зарядки одного самолета газами, мин; $t_{\text{всп}}$ – вспомогательное время (подъезд, подготовка зарядных шлангов и т. п.), мин; T' – заданное время зарядки группы самолетов, мин.

```

1 usage
class Calculate2:
    def __init__(self, win):
        self.label_13=tk.Label(win, text='Число баллонов на одном воздухозаправщике (n) ')
        self.label_13.place(x=90, y=360)
        self.text_13 =tk.Entry()
        self.text_13.place(x=1000, y=360)

        self.label_14 =tk.Label(win, text='Потребное количество баллонов (N6) ,-' )
        self.label_14.place(x=90, y=380)
        self.text_14 =tk.Entry()
        self.text_14.place(x=1000, y=380)

        self.button_1 =tk.Button(win, text='Рассчитать', command=self.result0)
        self.button_1.place(x=120, y=405)

        self.label_15 = tk.Label(win, text='Потребное количество воздухозаправщиков (N3), ')
        self.label_15.place(x=90, y=430)
        self.text_15= tk.Entry()
        self.text_15.place(x=1000, y=430)

1 usage
    def result0(self):
        self.text_15.delete(first=0, last='end')
        result0=int(math.ceil(float(self.text_14.get())/float(self.text_13.get())))
        self.text_15.insert(END, str(result0))

my_win2 = Calculate2(win)
label_16 = tk.Label(win, text='

```

Рисунок 1 – Фрагмент кода (потребное количество воздухозаправщиков)

4. Рассчитать время зарядки самолета сжатыми газами. Программа позволяет по исходным данным определить необходимое время зарядки самолета сжатыми газами $t_{\text{зар}}$, объем кислорода (сжатого газа) $V_{\text{зар}}$, необходимого для зарядки самолета, определяется по формулам

$$t_{\text{зар}} = \frac{V_{\text{зар}}}{q}, \text{ ч}; \quad T_{\text{зар}} = 0,06 \frac{V_2 (p_2 - p_{02})}{q}, \text{ мин}; \quad V_{\text{зар}} = V_2 \frac{(p_2 - p_{02})}{1000}, \text{ л}, \quad (4)$$

где $V_{\text{зар}}$ – потребный объем кислорода (сжатого газа) для заправки самолета, м^3 ; q – производительность компрессора, $\text{м}^3/\text{ч}$.

5. Расчет потребного количества компрессорных станций N_k . Программа позволяет по исходным данным определить необходимое время зарядки самолета сжатыми газами по формуле

$$N_k = \frac{N_6}{n_6 T_n}, \quad (5)$$

где N_6 – количество бортовых баллонов, необходимое для зарядки сжатым газом; n_6 – производительность компрессорной станции, ч; T_n – время между первой и последующей зарядкой бортовых баллонов, ч.

С использованием языка программирования Python авторами в настоящее время ведется разработка программных продуктов по расчету показателей инженерно-авиационного обеспечения, планирования работы технико-эксплуатационной части авиационного полка. Применение программных продуктов позволит решить ряд научных и исследовательских задач области эксплуатации авиационной техники в очень сжатые сроки. Данный модуль представлен на рисунке 2.

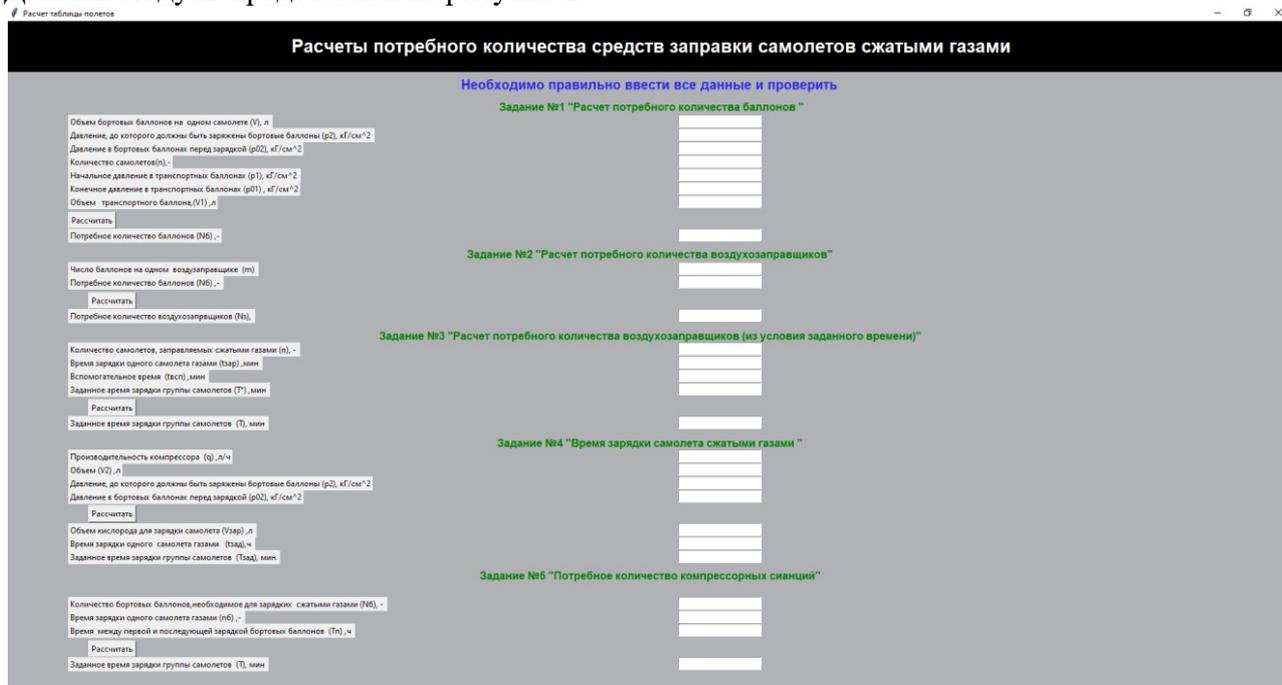


Рисунок 2 – Общий вид окна приложения

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Методы математического программирования при разработке автоматизированных систем управления деятельностью авиакомпаний и аэропортов [Электронный ресурс] / О. А. Соколов [и др.] // Исследования молодых ученых : материалы XLVI Междунар. науч. конф. (г. Казань, октябрь 2022 г.). – Казань : Молодой ученый, 2022. – С. 7–12. – Режим доступа: <https://moluch.ru/conf/stud/archive/462/17487>. – Дата доступа: 15.10.2023.
2. Хорошавцев, Ю. Е. Основы автоматизированных систем управления транспортными системами : учебное пособие / Ю. Е. Хорошавцев. – СПб. : СПбГУ ГА, 2018. – 152 с.
3. Шапкин, А. С. Математические методы и модели исследований операций : учебник / А. С. Шапкин, В. А. Шапкин. – 7-е изд. – М. : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К°», 2019. – 398 с.

УДК 656.71, 621.577.2

С.А. Шевцов, Е.В. Фетисов, Д.М. Сапунов

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

СПОСОБ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОБОГРЕВА ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ ПАРОКОМПРЕССИОННЫМ ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ

Эксплуатация авиационной техники, в условиях низких температур, это серьезное испытание не только для летательных аппаратов, но и всех аэродромных служб [1]. От качества обслуживания аэродромов при отрицательной температуре окружающей среды зависит бесперебойная работа по отправке и приему воздушных судов, а главное – безопасность полетов.

В арктических, субарктических поясах, а также в зимний период в умеренном поясе безопасность и осуществление полетов связано с удалением снежных и гололедных образований и подготовкой поверхности взлетно-посадочной полосы для использования по назначению [2].

Для исключения перебоев движения авиационной техники из-за твердых осадков или гололедных образований используется различная узкоспециализированная снегоуборочная техника. Для поддержания взлетно-посадочной полосы и других рабочих площадей аэродрома в эксплуатационной готовности проводят две основные технологические операции: очистка аэродрома от твердых осадков и удаление или предупреждение гололеда. Зачастую при интенсификации природных явлений или в районах крайнего Севера специализированные машины используются непрерывно и круглосуточно [3].

Проработанность современной снегоуборочной техники, отлаженная технология очистки и существующие методики расчета потребного количества средств механизации зарекомендовали себя с положительной стороны и долгие годы применяются на современных аэродромах для поддержания рабочих площадей в эксплуатационной применимости при отрицательных температурах окружающей среды. Однако у данного подхода к очистке взлетно-посадочных полос от твердых осадков есть очевидные недостатки: содержание парка узкоспециализированной снегоуборочной техники, проведение ее регулярного технического обслуживания и ремонта; содержание штата операторов и техников специализированных машин; экологическая нагрузка на окружающую среду от работы современной снегоуборочной техники и другие.

Поиск новых технических решений и подходов к содержанию рабочих площадей аэродромов при отрицательных температурах окружающей среды является актуальной задачей [4]. Исследования в данной области ведутся непрерывно. Уже предложено и испытывалось использование снегоуборочной техники без операторов с помощью дистанционного управления [3]. Более инновационными решениями являются различные способы подогрева взлетно-посадочных полос, эксплуатируемых при низких температурах, например, системы электрообогрева с подводом электричества к рабочей поверхности различными способами. Наиболее перспективным является обогрев взлетно-посадочных полос за счет теплоты, генерируемой от различных источников тепла с помощью тепловых насосов, что уже применяется в мировой практике [5].

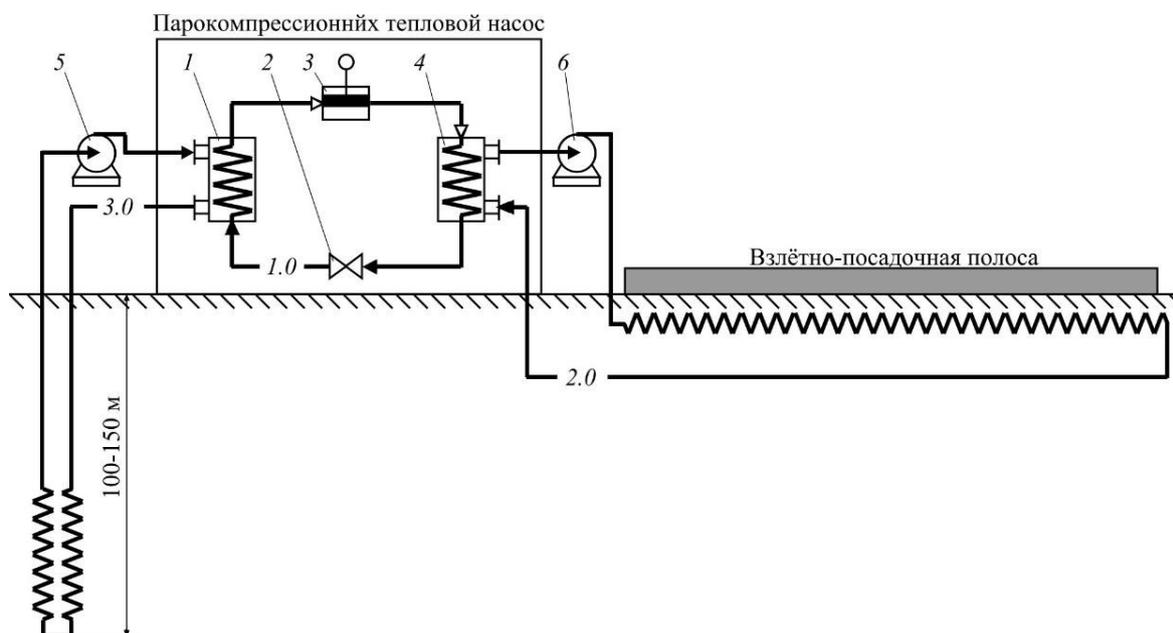
В работе предлагается способ обогрева взлетно-посадочной полосы геотермальным парокомпрессионным тепловым насосом. Целью реализации способа является снижение энергозатрат на поддержание температуры поверхности взлетно-посадочной полосы соответствующей таянию твердых климатических осадков и нейтрализации обледенения при отрицательной температуре окружающей среды. Предлагается эффективное использование геотермального тепла земли для обогрева взлетно-посадочной полосы в условиях децентрализованных систем энергоснабжения [6, 7].

Способ обогрева взлетно-посадочной полосы геотермальным парокомпрессионным тепловым насосом осуществляется по технологической схеме, представленной на рисунке.

Центральным элементом предлагаемой технологии, позволяющей использовать геотермальное тепло земли для обогрева взлетно-посадочной полосы, является парокомпрессионный тепловой насос.

Парокомпрессионный тепловой насос состоит из испарителя 1, терморегулирующего вентиля 2, компрессора 3, конденсатора 4, а его работа основано на следующем термодинамическом цикле.

Хладагент, например, Хладон 13В1 с температурой кипения примерно $-58\text{ }^{\circ}\text{C}$ и максимальной температурой конденсации до $67\text{ }^{\circ}\text{C}$ сжимают в компрессоре 3 до давления конденсации и по линии 1.0 направляют в конденсатор 4. Конденсируясь, хладагент отдает теплоту теплоносителю, который подается по линии рециркуляции 2.0 для подогрева взлетно-посадочной полосы.



тепловой насос: 1 – испаритель; 2 – терморегулирующий вентиль; 3 – компрессор; 4 – конденсатор;
5, 6 – насосы;

технологические линии: 1.0 – линия рециркуляции хладагента, 2.0 – линия рециркуляции теплоносителя,
3.0 – линия рециркуляции охлаждающей жидкости

Рисунок – Технологическая схема обогрева взлетно-посадочной полосы геотермальным парокомпрессионным тепловым насосом

В качестве теплоносителя рекомендуется использовать антифриз различных марок для предотвращения замерзания при непредсказуемых колебаниях температуры окружающей среды. Теплоноситель нагревают за счет рекуперативного теплообмена с хладагентом в конденсаторе 4 до $15...30\text{ }^{\circ}\text{C}$ и в зависимости от давления конденсации подают насосом 6 по линии рециркуляции 2.0 в разветвленную сеть трубопроводов, расположенных под взлетно-посадочной полосой, для ее подогрева. После передачи теплоты поверхности взлетно-посадочной полосе теплоноситель возвращают в конденсатор 4 для восстановления заданного температурного потенциала.

После конденсатора хладагент подают в терморегулирующий вентиль 2, где он дросселируется до заданного давления, с которым поступает в испаритель 1, где кипит с выделением холода, который используют для подготовки охлаждающей жидкости. В качестве охлаждающей жидкости используют, например, Тосол А65 с температурой кристаллизации $-65\text{ }^{\circ}\text{C}$ и температурой кипения $110\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Эффективная работа испарителя связана с передачей низкопотенциальной энергии инородному телу, которым в данном случае и является охлаждающая жидкость. После испарителя насосом 5 по линии 3.0 охлаждающую жидкость направляют в термоскважину, расположенную на глубине до 100...150 метров в зависимости от климатического пояса и геологических особенностей региона. Таким образом, циркулирующая по линии 3.0 охлаждающая жидкость отбирает тепловую энергию из грунта и осуществляет ее перенос в теплообменник испарителя 1 парокompрессионного теплового насоса.

Образовавшиеся пары хладагента из испарителя 1 по замкнутой линии 1.0 направляют в компрессор 3, где они сжимаются до давления конденсации и термодинамический цикл повторяется.

Предлагаемый способ обогрева взлетно-посадочной полосы геотермальным парокompрессионным тепловым насосом целесообразно использовать при проектировании новых аэродромов и модернизации имеющихся аэродромов, расположенных в климатических зонах с отрицательной температурой окружающей среды.

Применение обогрева взлетно-посадочной полосы геотермальным парокompрессионным тепловым насосом по сравнению с используемыми технологиями в условиях отрицательных температур окружающей среды позволит:

- повысить эффективность подготовки взлетно-посадочной полосы;
- обеспечить непрерывное круглосуточное содержание рабочих поверхностей аэродрома в готовности к применению;
- сократить количество узкоспециализированной снегоуборочной техники и расходы на ее содержание;
- сократить штат операторов и техников специализированных машин;
- снизить экологическую нагрузку на окружающую среду;
- повысить пожарную и промышленную безопасность;
- снизить роль человеческого фактора;
- повысить автоматизацию и обеспечить автономность технологического процесса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Эксплуатация боевой авиационной техники. Техническая эксплуатация боевой авиационной техники : учебное пособие / Е. В. Фетисов [и др.]. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2022. – 340 с.
2. Машины и агрегаты для содержания аэродромов: учебное пособие / Р. Б. Желукович [и др.]. – Красноярск : ИПК СФУ, 2009. – 316 с.
3. Павлов, С. А. Техника и технология содержания аэродромов в зимний период : учебное пособие / С. А. Павлов, А. М. Погонина. – М. : МАДИ, 2021. – 246 с.
4. Анализ перспективных технологий обслуживания взлетно-посадочных полос аэродромов / С. Л. Паршина [и др.] // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2017. – Т. 3. – С. 92–94.
5. Елистратов, С. В. Комплексное исследование эффективности тепловых насосов : дис. ... д. т. н. / С. В. Елистратов. – Новосибирск, 2010. – 383 с.
6. Амерханов, Р. А. Геотермальная энергия / Р. А. Амерханов, Э. Г. Армаганян, В. В. Дворный // Актуальные проблемы энергетики АПК / Материалы X национальной научно-практической конференции с международным участием, г. Саратов, 22 апреля 2019. – Саратов : Центр социальных агроинноваций СГАУ, 2014. – С. 14–15.
7. Шевцов, С. А. Использование геотермальной энергии земли для генерации и подвода теплоты к авиационной технике в условиях Арктики / С. А. Шевцов, Е. В. Фетисов // Сервис безопасности в России: опыт, проблемы, перспективы. Арктика – регион стратегических интересов: правовая политика и современные технологии обеспечения безопасности в арктическом регионе : сборник материалов междунар. науч.-практ. конф. / Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России. – Санкт-Петербург, 2022. – С. 112–115.



**СЕКЦИЯ 4.
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ
В АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ**



УДК 623.746.174

З.Н. Агаев, Д.В. Богомолов

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

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ПАРКА АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АВИАЦИОННОЙ ЧАСТЬЮ ПЛАНА ЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ

Процесс эксплуатации парка газотурбинных двигателей (ГТД) при выполнении плана летной подготовки (ЛП) относится к классу сложных динамических систем. Такая система обладает следующими признаками:

- наличие большого количества взаимосвязанных элементов (инженерно-технический состав (ИТС), авиационная техника (АТ), средства наземного обслуживания (СНО), запасные части и материалы);
- сложность функций, выполняемых системой (выполнение задач ЛП, эксплуатация АТ по техническому состоянию, ремонт и др.), направленных прежде всего на достижение единой цели – обеспечение заданного налета авиационной части;
- наличие взаимодействия с внешней средой и функционирование в условиях воздействия случайных факторов;
- возможность разбиения системы на подсистемы (подготовка к полетам, выполнение полетного задания, работы по техническому обслуживанию, устранение эксплуатационных отказов и др.).

Решение задач формирования рационального поведения сложных организационно-технических систем в настоящее время невозможно без использования современных методов моделирования, так как возможность экспериментального исследования реальной системы весьма ограничена из-за невозможности рационального планирования и организации боевой подготовки за весь период эксплуатации парка АТ (25–30 лет).

С развитием системных исследований, расширением экспериментальных методов изучения реальных явлений все большее значение приобретают математические методы моделирования [1, 2, 3, 4].

В свою очередь, выбор метода конкретного моделирования существенно зависит от цели исследования, наличия достоверных исходных данных, мощности вычислительных средств и времени для проведения имитационных экспериментов, а также необходимости получения требуемой достоверности и точности решения.

Под математическим моделированием понимается процесс установления соответствия данному реальному объекту некоторого математического объекта, называемого математической моделью и исследование этой модели, позволяющее получить характеристики рассматриваемого реального объекта. Любая математическая модель описывает реальный объект лишь с некоторой степенью приближения к действительности [1]. Для исследования рассматриваемой системы используются различные математические модели: аналитические, имитационные и комбинированные. Большое число моделей этих систем создано на основе методов теории массового обслуживания. Эти модели позволяют установить аналитическую зависимость между условиями операции, элементами решения и результатом операции, который характеризуется одним или несколькими показателями эффективности. Математический анализ функционирования систем массового обслуживания значительно облегчается, если принять допущения о Марковском характере процесса, что не всегда соответствует реальной действительности при моделировании процессов, сопровождающих эксплуатацию АТ в авиационной части в течение всего календарного времени эксплуатации. Такое упрощение не вполне адекватно отражает динамику реальных процессов и не позволяет получить точных оценок их параметров, а дает возможность получить ориентировочные результаты для определения более точных характеристик другими методами. Тем не менее

допустимость использования Марковских процессов возможна там, где потоки событий рассматриваются на коротком промежутке времени, например: отказы АТ в летную смену [5].

При исследовании системы эксплуатации парка АТ в авиационной части необходимо учитывать следующие особенности:

- сложность структуры и стохастичность связей между элементами;
- неоднозначность алгоритмов поведения при различных условиях;
- большое количество параметров и переменных;
- неполнота и недетерминированность исходной информации;
- разнообразие и вероятностный характер воздействия внешней среды.

Поэтому большинство аналитических методов мало приемлемы и для описания реального поведения процессов летной подготовки.

Наиболее простым по математическому описанию процессов эксплуатации и ремонта АТ является метод динамики средних величин. Ввиду принятых для этой модели допущений о характере законов распределения случайных величин, описывающих данный исследуемый процесс, данный метод не в полной мере имитирует реальное поведение больших сложных систем [2, 3].

Большое число моделей при исследованиях эффективности функционирования ЛП создано с применением методов теории массового обслуживания. Однако, применение данного метода базируется на знании законов распределения всех стохастических величин исследуемого процесса.

В основу реализации большинства методов теории массового обслуживания положено допущение, что потоки событий, переводящие систему из одного состояния в другое, – пуассоновские, поэтому данные методы в ряде случаев (для нестационарных режимов поведения системы и разнородных потоков событий) не позволяют получить достаточно достоверное решение.

Применение же методов статистических испытаний для заданных законов распределения случайных величин позволяет одновременно имитировать разнородные исследуемые процессы с использованием розыгрыша методом Монте-Карло.

При исследовании процессов изменения параметров и показателей качества технических объектов широкое применение находят Марковские модели с дискретным множеством состояний. Это связано с тем, что Марковские модели позволяют практически с любой точностью аппроксимировать реальные процессы функционирования изделий.

В настоящее время для описания таких процессов широкое применение находят методы имитационного моделирования [1, 4].

Имитационные модели позволяют достаточно полно учитывать такие факторы, как наличие дискретных и непрерывных элементов, нелинейные характеристики элементов систем, многочисленные случайные воздействия и др., которые часто создают трудности при аналитических исследованиях [1, 4]. Кроме того, к достоинствам методов имитационного моделирования при исследованиях систем можно отнести следующее:

- машинный эксперимент с имитационной моделью дает возможность исследовать особенности процесса функционирования системы в любых условиях;
- имитационная модель позволяет включать результаты натуральных испытаний реальной системы или ее частей для проведения дальнейших исследований;
- имитационная модель обладает известной гибкостью варьирования структурой, алгоритмами и параметрами моделируемой системы, что важно с точки зрения поиска рационального варианта поведения исследуемой системы.

Математическая модель также должна учитывать использование парка авиационных ГТД на протяжении продолжительного периода времени, соизмеримым с календарным сроком эксплуатации АТ.

Большинство работ последних лет по исследованию вопросов технического обслуживания и ремонта АТ выполнены с использованием методов имитационного моделирования, которые имеют блочную структуру [1, 4].

Применение метода имитации при исследовании поведения системы эксплуатации парка ГТД при выполнении плана ЛП связано с тем, что данная система относится к классу задач стохастического моделирования и представляет собой совокупность взаимосвязанных аналитических зависимостей, решающих правил и логических условий, имитирующих поведение парка ГТД.

Основные допущения, принятые в модели:

- авиационная часть имеет на вооружении однотипную авиационную технику;
- не учитывается уровень квалификации инженерно-технического состава;
- рассматриваются достигнутые эксплуатационные характеристики АТ на начало учебного года;
- обнаружение на одном ГТД одновременно нескольких значительных отказов и повреждений маловероятно.

В основу разработки обобщенной модели технической эксплуатации ГТД положены следующие правила:

- общая модель состоит из ряда частных моделей;
- предусмотрена возможность наращивания модели новыми или хорошо зарекомендовавшими и апробированными частными моделями;
- возможность получения расчетных данных в любой момент времени;
- частные модели должны допускать возможность их уточнения и наращивания при расширении и детализации задач исследования.

Как показывает опыт, для описания сложных динамических систем требуется применение совокупности различных математических методов: логико-комбинаторного анализа, статистических испытаний, Марковских процессов и др. Все перечисленные математические методы описания сложных динамических систем можно представить в одной обобщенной модели, которая будет иметь блочную структуру. Данная блок-схема будет показывать основные этапы моделирования и состоит из пяти взаимосвязанных блоков-частных моделей. В блоке 1 хранятся исходные данные для последующего их ввода в процесс моделирования. В блоке 2 (модель формирования вариантов расходования ресурса). В блоке 3 (модель эксплуатации и ремонта ГТД) реализуются следующие вычислительные процедуры: выбор и формирование стохастических параметров; оценка технического состояния ГТД; оценка показателей эффективности эксплуатации и ремонта ГТД. В блоке 4 (модель оценки статистических показателей адекватности моделирования). В блоке 5 производится хранение выходной информации, а также реализуются процедуры вывода на печать следующих результатов расчета: характеристик выполнения плана летной подготовки; вероятности нахождения ГТД в состояниях в ходе ЛП; время нахождения ГТД в состояниях в ходе ЛП; показателей эффективности использования парка ГТД.

Таким образом, в предоставленном моделирующем алгоритме реализованы вычислительные процедуры, позволяющие отслеживать уровень исправности парка ГТД в ходе проведения боевой подготовки в зависимости от плана летной подготовки, выделяемых и потребных материально-технических средств.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Богомолов, Д. В. Моделирование систем и процессов : учебное пособие / Д. В. Богомолов. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – 312 с.
2. Трусков, П. В. Введение в математическое моделирование : учебное пособие / П. В. Трусков. – М. : Логос, 2005. – 440 с.
3. Зарубин, В. С. Математическое моделирование в технике : учебное пособие / В. С. Зарубин. – М. : МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2003. – 496 с.
4. Самарский, А. А. Математическое моделирование. Идеи. Методы. Примеры : учебное пособие / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. – М. : ФИЗМАТЛИТ, 2002. – 320 с.

УДК 336.051

А.В. Белоусов, А.И. Науменко

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ДИНАМИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕН НА АВИАБИЛЕТЫ

В данной статье приводится описание составляющих стоимости авиабилетов, детально разбирается динамическое ценообразование на примере ценообразования авиабилетов национальной авиакомпании Белавиа, проводится анализ исследования влияния различных факторов на стоимость авиабилетов.

Цена авиабилета.

Цена билета складывается из двух составляющих. Первая – тариф, вторая – таксы и сборы.

Таксы и сборы не являются постоянной величиной и могут меняться в зависимости от маршрута авиаперевозки.

Таксы рассчитываются исходя из сумм, которые берет аэропорт за обслуживание пассажиров. Они оплачиваются за каждый вылет и прилет и зависят от ценовой политики конкретного аэропорта. Сбор – это сумма за оформление авиабилета.

Таксы и сборы могут включать: топливный сбор, аэропортовые таксы и сборы за обслуживание пассажиров, государственные, иммиграционные таксы и сборы за безопасность и другие таксы и сборы.

Тариф определяется авиакомпанией. Он зависит от множества факторов: типа самолета, класса обслуживания, текущей стоимости топлива, сезона и спроса на выбранное направление.

В авиакомпании Белавиа есть пять тарифов: Бизнес, Флекс, Смарт, Лайт и Промо [1].

Динамическое ценообразование.

Как и у любого предприятия, главная цель авиакомпании – получение прибыли. Ценообразование регулируется сложными алгоритмами систем бронирования. Они являются конфиденциальными, а разработчики этих самых систем конкурируют между собой за эффективность, которая с точки зрения авиакомпании оценивается прибыльностью каждого рейса. Но путем анализа данных, полученных при длительном наблюдении, можно выделить некоторые тенденции. Существует несколько факторов, влияющих на цену авиабилета в авиакомпании Белавиа.

Большое значение для ценообразования имеет профиль пассажира: в первую очередь это разделение на деловые поездки и туристические. У этих двух категорий пассажиров совершенно разные требования, потребительское поведение и бюджеты. Деловые путешественники покупают билеты за несколько дней до вылета и готовы переплатить за то, чтобы улететь конкретным рейсом.

Это означает, что на типичных туристических направлениях, особенно дальнемагистральных, тарифы изначально высокие. Чем ближе дата вылета, тем дешевле билет, потому что значительно возрастает возможность не продать кресло вообще.

Но, если рассматривать направления, пассажирами на котором будут эти две категории пассажиров одновременно, то процесс ценообразования становится намного сложнее. Если компания установит высокие цены на билеты, то тогда полетят только пассажиры из первой группы, и часть салона будет пустовать. Если цены опустить до уровня приемлемого для второй группы – авиакомпания недополучит прибыль от пассажиров из первой группы. Это настоящая дилемма для авиакомпаний. Однако авиакомпании нашли способ ее разрешить: они используют динамическое ценообразование, чтобы по возможности продать каждое место в самолете по максимально высокой цене.

Основой для этого является система управления доходами, которая позволяет устанавливать различные цены для разных групп покупателей с целью динамической максимизации выручки на каждом рейсе.

Кроме того, стоимость билета на одно и то же направление и даже на один и тот же рейс меняется в зависимости от внешних факторов: например, даты и времени вылета, сезонного или событийного спроса. Это и есть динамическое ценообразование.

Используя такой подход, авиакомпании добиваются высокой и ровной загрузки самолетов в течение года и недели.

Вторым фактором, существенно влияющим на цену, является спрос.

Этим и занимаются алгоритмы авиакомпаний. Самый примитивный алгоритм просто убирал бы из продажи билеты по самым дешевым классам бронирования по мере их выкупа. Например, сначала продал 10 кресел, доступных по 100 рублей, потом 20 кресел, которые были по 200, и так далее – и в самый последний момент остались бы самые дорогие по 300 [2].

Однако такая механика была бы далеко не оптимальной: велика вероятность, что в какой-то момент цена вырастет настолько, что продажи «встанут» и значительная часть билетов останется нераспроданной – разве что в последний момент пара человек возьмут билеты по максимальному тарифу, но половина самолета будет пустой.

Поэтому первый важный элемент алгоритмов – это прогнозирование спроса. Количество мест, доступных по каждому тарифу, меняется динамически таким образом, чтобы продать как можно больше билетов и не возить воздух, и при этом получить максимальную возможную выручку. Замедляются продажи – становятся доступны более дешевые классы бронирования, то есть, билеты «дешевеют».

Используются статистические данные о спросе на те же даты в предыдущие периоды. Однако на некоторых направлениях, наоборот, все билеты продаются по низким тарифам, потому что авиакомпания понимает, что эти пассажиры не готовы платить больше.

Двухнедельных наблюдения, проводимые мною в период с 25 сентября по 9 октября на направления Минск – Астана, Минск – Дубай, Минск – Казань, Минск – Калининград, Минск – Ташкент, Минск – Мурманск, Минск – Санкт-Петербург, Минск – Стамбул за стоимостью авиабилетов авиакомпании Белавиа, показали влияние вышеописанных факторов на ценообразование и наличие динамического ценообразования в целом.

При этом устройство, с которого бронируется билет, и местоположение на стоимость билета влияние не оказывают. (Было проведено сравнение цен из г. Минска и г. Могилева, с мобильных устройств Xiaomi Redmi 10 и iPhone 14).

В работе проведен анализ влияния четырех факторов: близость даты покупки билета к дате вылета, влияние спроса, профиль пассажира, промо-акции на ценообразование тарифов лайт и смарт.

Первый. Очевидно возрастание цены приблизительно за 3,5 недели до даты вылета на многих рейсах. Минск – Астана, Минск – Дубай, Минск – Стамбул, Минск – Ташкент из-за близости к дате вылета. При этом возможно повторное повышение цены в последующем и возвращение к прежним ценам накануне вылета. Результаты анализа представлены на рисунке 1.

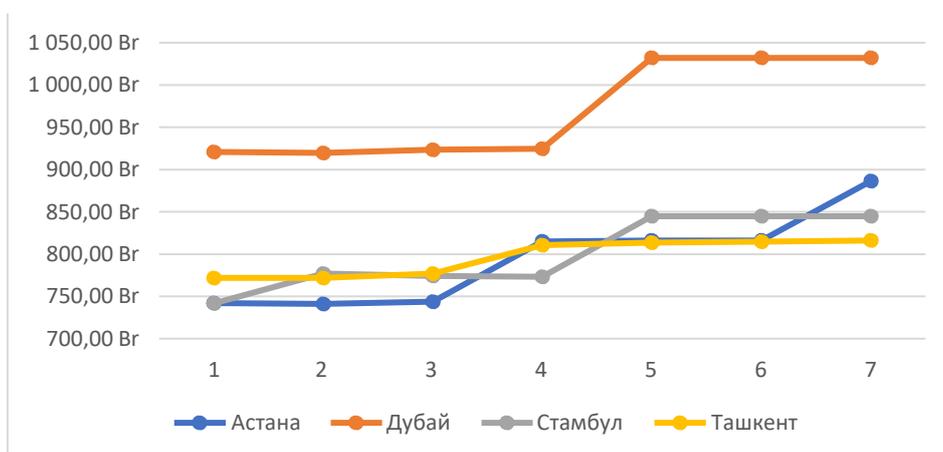


Рисунок 1 – Влияние близости вылета на стоимость авиабилета

Второй. Накануне за 3 дня цена возрастает для бизнесменов Мурманск. Если не все авиабилеты распроданы, в последний день дешевет, чтобы не возить воздух. Результаты анализа представлены на рисунке 2.

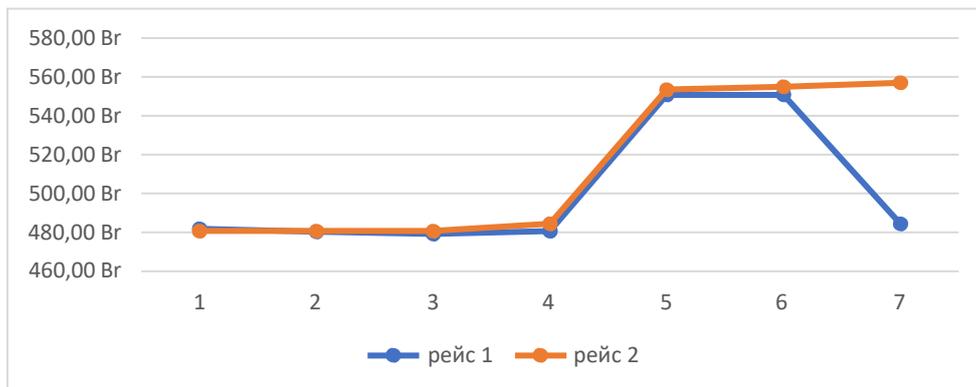


Рисунок 2 – Влияние профиля пассажира на стоимость авиабилета

Третий. Из-за небольшого спроса может произойти временное снижение цен для привлечения покупателей. Результаты анализа представлены на рисунке 3.

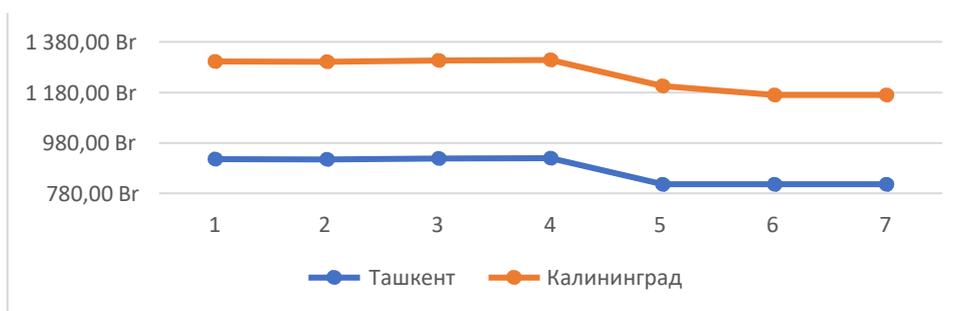


Рисунок 3 – Влияние спроса на стоимость авиабилета

Четвертый. На цену могут повлиять промо-акции, тогда она может снизиться на незначительный период времени. Результаты анализа представлены на рисунке 4.

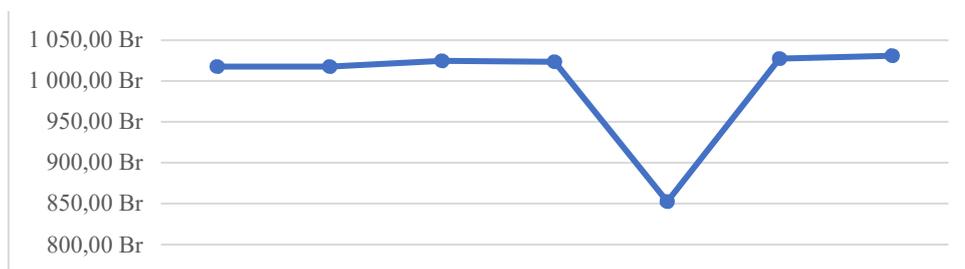


Рисунок 4 – Влияние промо-акций на стоимость авиабилета

На основе проведенного исследования можно сделать вывод о существенном влиянии некоторых факторов на стоимость авиабилетов национальной авиакомпании Белавиа.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тарифы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://belavia.by/pravila-tarifov/>.
2. Ценообразование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://shatilin.livejournal.com/2174287.html>. – Дата доступа: 21.10.2023.

УДК 662.769.21

А.И. Кириленко, И.Л. Бурдин

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА**

Получать водород можно различными способами. Известны способы получения водорода из полезных ископаемых: угля, горючего сланца, битуминозного песка. Также можно получать при помощи различных видов энергии: электроэнергии, ядерной, солнечной энергии ветра геотермальную и гидроэнергию [1].

Особенно важным является способ получения водорода электролизом, так как именно этим способом получают чистый водород, из-за его применения в топливных элементах.

В химической промышленности таким методом на сегодня существует достаточно, однако в связи с постоянным развитием технологий и, как следствие производства, появляются все более эффективные методы.

Цель работы рассмотреть перспективные способы получения водорода.

Самым перспективным в развитии является способ получения водорода электролизом. Водород, полученный таким способом, принято называть зеленым за его экологичность.

Одним из близких к электролизу является фотоэлектрический способ [2]. Принцип работы этих двух способов схож, за исключением того, что во втором в качестве одного из электродов используется фотоанод, второй же электрод изготавливается из платины. Недостатком такого метода является деградация фотоанода в процессе эксплуатации.

Следующая группа методов: биохимические [2]. Первым является метод получения водорода из лигнина, природного полимера, входящего в состав древесной биомассы. Суть метода: катализатор добавляют в щелочную воду, в которой биомасса (ствол дерева, листва) находится во взвешенном состоянии. Затем материал помещается в лаборатории под светом, который имитирует солнечный свет. При этом происходит химическая реакция с образованием газообразного водорода и его пероксида.

Также известны два других метода: светлой и темной ферментации. В обоих случаях используется вода, насыщенная определенными органическими кислотами.

При методе светлой ферментации, к водному раствору добавляют специальные пурпурные несерные бактерии, которые под действием солнечного света ферментируют органические кислоты в водород.

Процесс темной ферментации весьма схож, только используются бактерии, не нуждающиеся в солнечном свете. Побочным продуктом при темной ферментации является смесь водорода и углекислого газа.

При ряде других способов (конверсии метана) получается смесь водорода и угарного газа. Особой проблемой является сепарация водорода из полученного синтез-газа. Конечно, несмотря на это, в ряде случаев особо чистый водород не так необходим. Так 95 % всего водорода в Америке получают конверсией природного газа.

Электролиз все же остается дорогим в сравнении с остальными методами. Так в сравнении стоимость получения водорода электролизом в марте 2023 года была порядка 12 евро/кг, а стоимость получение водорода из природного газа от 3–4 евро/кг [3].

По некоторым прогнозам, самый дешевый синтез-газ (в жидком состоянии) можно будет получить методом электролиза, используя энергию ветра, к 2030 году. Такой водород будет стоить 1,47 доллара/кг [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Brewer, G. D. Hydrogen aircraft technology / G. D. Brewer. – Boca Raton : CRC Press Int, 1991. – 431 p.

2. Materials for Hydrogen Production, Conversion, and Storage / F. Petermann [et al.]. – Hoboken : John Wiley & Sons, Inc, 2023. – 746 p.

3. ICIS Quarterly European Hydrogen Markets Q1 2023 Update [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.icis.com/explore/resources/news/2023/05/10/10883512/icis-quarterly-european-hydrogen-markets-q1-2023-update>. – Date of access: 23.10.2023.

4. 2023 Hydrogen Levelized Cost Update: Green Beats Gray [Electronic resource]. – Mode of access: <https://about.bnef.com/blog/2023-hydrogen-levelized-cost-update-green-beats-gray>. – Date of access: 23.10.2023.

УДК 621.318.1

Н.Р. Ванскович, А.И. Кириленко

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

АППРОКСИМАЦИЯ ПЕТЛИ МАГНИТНОГО ГИСТЕРЕЗИСА ГИПЕРБОЛИЧЕСКИМ ТАНГЕНСОМ

Цель работы:

Упростить расчет потерь на перемагничивание ферромагнетика при различных петлях гистерезиса, исследуя основные характерные точки петли гистерезиса.

Магнитные свойства тел определяются, в первую очередь, их магнитной структурой. По магнитной структуре вещества делятся на диамагнетики, парамагнетики, ферромагнетики. Говоря о магнитных материалах в технике, подразумеваются только ферромагнитные и ферримагнитные материалы.

Для ферромагнетика характерно наличие гистерезиса. Если довести намагничение до насыщения (точка 1 на рисунке 1) и затем начать уменьшать напряжение магнитного поля, то индукция B будет следовать не по первоначальной кривой 0-1, а будет изменяться в соответствии с кривой 1-2. Таким образом, когда напряженность внешнего поля станет равной 0 (точка 2 рисунок 1), намагничение не исчезает и характеризуется величиной B_r , которая называется остаточной индукцией [1].

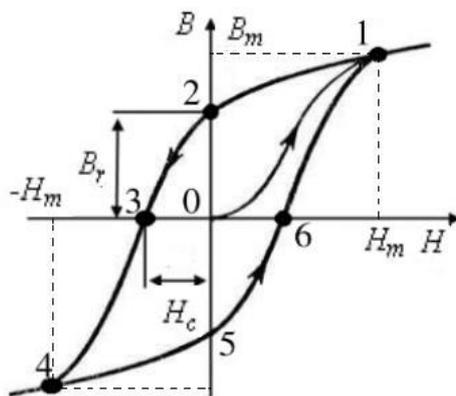


Рисунок 1 – Характерные точки на гистерезисной петле

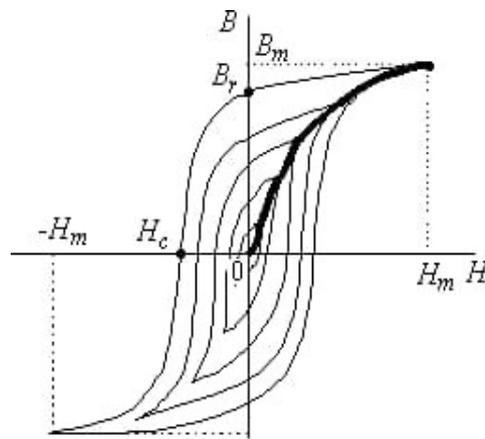
Характерные точки петли гистерезиса: H_c (3 и 6) – коэрцитивная сила; B_r (2 и 5) – остаточная магнитная индукция; 1, 4 – максимальная магнитная индукция.

Индукция B обращается в нуль лишь под действием поля H_c , имеющего направление, противоположное полю, вызвавшему намагничение. Напряженность H_c называется коэрцитивной силой.

При действии на ферромагнетик переменного магнитного поля индукция изменяется в соответствии с кривой 1-2-3-4-5-6-1 (рисунок 2), которая называется петлей гистерезиса. Если максимальные значения напряженности магнитного поля таковы, что намагниченность достигает насыщения, получается так называемая петля гистерезиса (сплошная петля на рисунке 3).

Процесс перемагничивания магнитного материала характеризует петлеобразная кривая, которая выражает зависимость магнитных индукций или намагниченности магнитного материала от напряженности магнитного поля и называется циклом гистерезиса. Форма этой кривой для любого материала зависит от максимального значения напряженности H_m намагничивающего поля [2].

Петли гистерезиса при последовательном уменьшении напряженности поля H могут иметь разные формы и классифицируются на основе характерных особенностей. Самые распространенные виды петель гистерезиса при последовательном уменьшении напряженности поля H включают.



B_m – максимальная индукция магнитного поля; B_r – насыщения;
 H_c – коэрцитивная сила; H_m – напряженность поля насыщения

Рисунок 2 – Множественные петли гистерезиса

1. Одиночная петля:

Одиночная петля гистерезиса образуется в магнитных материалах, которые не обладают намагниченностью после снятия магнитного поля. После уменьшения H до нуля, магнитная индукция B также возвращается к нулю. Это типично для немагнитных материалов.

2. Двойная петля:

Двойная петля гистерезиса характеризуется тем, что после уменьшения напряженности поля H до нуля магнитная индукция B не падает до нуля, а остается на некотором уровне, что указывает на наличие остаточной намагниченности. Двойная петля может быть характерной для ферромагнитных материалов.

3. Однонаправленная петля:

В однонаправленной петле гистерезиса при уменьшении H до нуля магнитная индукция B возвращается к нулю без остаточной намагниченности. Это характерно для некоторых антиферромагнитных материалов, где магнитные моменты взаимно компенсируют друг друга.

4. Множественные петли:

В некоторых случаях петли гистерезиса могут быть сложными и иметь несколько зон насыщения и разно насыщения при последовательных циклах изменения магнитного поля. Это свойственно материалам с комплексной магнитной структурой, таким как многокомпонентные сплавы или материалы с множественными фазами.

Точная форма петли гистерезиса зависит от типа материала, его состава и магнитных свойств. Важно отметить, что форма петли гистерезиса также может изменяться в зависимости от величины и времени воздействия магнитного поля.

Основными параметрами предельного цикла магнитного гистерезиса являются: максимальная B_m , остаточная B_r индукции, коэрцитивная сила H_c и потери энергии в единице массы магнитного материала за один цикл перемагничивания, численно равные площади, ограниченной кривой гистерезисного цикла:

$$P_h = S_{петли} = \oint (\vec{H}, d\vec{B})$$

Рассмотрим характерные точки петли гистерезиса, отмеченные на рисунке 2. Используя основные параметры цикла магнитного гистерезиса, запишем координаты, соответствующее каждой точке петли гистерезиса:

Первая точка: $H = H_m$; $B = B_m$, вторая точка: $H = 0$; $B = B_r$, третья точка: $H = H_c$; $B = 0$.

Следует отметить, что для построения чертежа петли гистерезиса была выбрана функция гиперболического тангенса. Это связано с тем, что параллельный перенос таких функций может привести к получению насыщения, что и является характерным для петли гистерезиса ферромагнетиков. Таким образом, две основные функции:

$$F(x) = c(th(ax - b) + d)$$

$$g(x) = c(th(ax + b) - d)$$

Используя функцию гиперболического тангенса и координаты каждой характерной точки петли гистерезиса, запишем уравнение для каждой точки:

Первая точка:

$$B_m = c \cdot (th(aH_m - b) + d)$$

Вторая точка:

$$B_r = c \cdot (-thb + d)$$

Третья точка:

$$d = th(aH_c + b)$$

На основе уравнений, которые характерны для основных точек петли гистерезиса составим систему уравнений:

$$\begin{cases} B_m = c \cdot (th(aH_m - b) + d) & (1) \\ B_r = c \cdot (-thb + d) & (2) \\ d = th(aH_c + b) & (3) \end{cases}$$

Уравнение (3) подставляем в уравнение (1):

$$B_m = c \cdot (th(aH_m - b) + th(aH_c + b)) . \quad (4)$$

Применяем формулу суммы тангенсов (4):

$$B_m = c \cdot \frac{\operatorname{sh}(a \cdot H_m + a \cdot H_c)}{\operatorname{ch}(aH_m - b)\operatorname{th}(a \cdot H_c + b)}$$

$$B_m = 2 \cdot c \cdot \frac{e^{a(H_m + H_c)} - e^{-a(H_m + H_c)}}{e^{a(H_m + H_c)} + e^{a(H_m - H_c) - 2b} + e^{2b - a(H_m + H_c)} + e^{-a(H_m + H_c)}} \quad (5)$$

Выполнив преобразовательные действия получаем

$$\left(\frac{B_m}{2c} - 1\right) + \left(\frac{B_m}{2c} + 1\right) \cdot e^{-2a(H_m + H_c)} + \frac{B_m}{2c} (e^{-2acH_c} e^{-2b} + e^{-2aH_m} e^{2b}) = 0 \quad (6)$$

Выполнив аналогичные действия для уравнения (2), получаем

$$\left(\frac{B_r}{2c} - 1\right) + \left(\frac{B_r}{2c} + 1\right) \cdot e^{-2aH_c} + \frac{B_r}{2c} (e^{2b} + e^{-2aH_c} \cdot e^{-2b}) = 0 \quad (7)$$

Разделим первое уравнение на второе и получим:

$$\frac{B_m + B_m \cdot e^{-2a(H_m + H_c)} + B_m \cdot e^{-2aH_c} \cdot e^{-2b} + B \cdot e^{-2aH_m} \cdot e^{2b}}{B_r + B_r \cdot e^{2b} + B_r \cdot e^{-2aH_c} \cdot e^{-2b} \cdot B_r \cdot e^{-2aH_c}} = \frac{1 - e^{-2a(H_m + H_c)}}{1 - e^{-2aH_c}} \quad (8)$$

Таким образом, мы получаем выражение для расчетов работы на перемагничивание ферромагнетика при любом виде петли гистерезиса.

Первая точка $H = H_m$; $B = B_m$, вторая точка: $H = 0$; $B = B_r$, третья точка: $H = H_c$; $B = 0$.

Таблица 1 – Виды петель гистерезиса в зависимости от материалов

Вид петли гистерезиса	Название материала
Прямоугольная петля гистерезиса	Магний-марганцевые ферриты; литиевые ферриты; пермаллои с добавками марганца, содержащие в обозначении марки букву П; сплавы на основе системы Fe-Ni содержат 50 % – 70 % Ni; сплавы на основе системы Fe-Ni-Co содержат 35 % – 40 % Ni и 25 % – 30 % Co; железоникелевые сплавы 50 НП, 68 НП, 34 НКМП.
Петля гистерезиса в виде эллипса	Углеродистые стали; вольфрамовые сплавы; платинокобальтовые ферриты; бариевые ферриты.
Петля гистерезиса	Железо; электротехнические стали; пермаллой; оксиферы.

По значению H_c цикла гистерезиса ферромагнитные материалы делятся на группы:

1. Магнитные материалы с малым значением коэрцитивной силы ($H_c < 0,05-0,01$ А/м) называются магнитно-мягкими.

2. Магнитные материалы с большими значениями коэрцитивной силы ($H_c > 20-30$ кА/м) называются магнитно-твердыми.

Магнитно-твердые материалы используются для изготовления постоянных магнитов, а магнитно-мягкие используются для изготовления магнитопроводов электротехнических устройств, которые работают в режиме перемагничивания по предельным или частным циклам.

Магнитно-мягкие материалы делятся на три типа: магнитные материалы с прямоугольной предельной статистической петлей гистерезиса, магнитные материалы с округлой петлей гистерезиса, магнитные материалы с линейными свойствами.

Следовательно, на основании работы можно сделать следующий вывод. Так рассчитать потери энергии перемагничивания ферромагнетиков можно на основании использования функции гиперболического тангенса, записав уравнения, которые определены для каждой характерной точки петли гистерезиса. Также эта функция позволяет рассчитать работы на перемагничивание различных петель гистерезиса.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Савельев, И. В. Курс общей физики : в 3 т. / И. В. Савельев. – 3-е изд. – М. : Наука, 1988. – Т. 2. – 280 с.
2. Коровский, Ш. Я. Авиационное электрорадиоматериаловедение / Ш. Я. Коровский. – М. : Машиностроение, 1972. – 355 с.

УДК 533.6.013

К.А. Журавский, Д.В. Васильев, А.А. Широ

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

ОЦЕНКА ПОСАДКИ САМОЛЕТА В ПОЛУНАТУРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ

Полет любого самолета завершается выполнением посадки. Этот этап является одним из наиболее требовательных к навыкам пилота, особенно в сложных метеоусловиях. И как следствие, он наиболее опасный с точки зрения безопасности полетов. Все это делает посадку часто изучаемым предметом научных трудов.

Полунатурное моделирование на данный момент является неотъемлемой частью проведения исследовательских работ различного уровня. И вопрос создания способа объективной оценки параметров посадки остается востребованным. Использование электронных таблиц Microsoft Excel все еще остается актуальным, особенно как универсальную систему хранения массивов данных, позволяющая обеспечить использование данных в разных программных комплексах. Но изолированный анализ множества экспериментов в рамках только электронных таблиц крайне трудоемкий процесс, требующий оптимизации. Так, предлагаемый способ заключается в использовании структурно подготовленной электронной таблицы с массивом параметров полета рассматриваемого самолета, а именно: координат центра масс, относительно земной системы координат; угла атаки; нормальной перегрузки. Также стоит учитывать: углы скольжения, крена и тангажа; координаты точного приземления. Учитывая особенности создаваемых аналитико-имитационных моделей динамики полета самолетов, необходимо задать высоту центра масс летательного аппарата относительно всех стоек шасси [1].

Способ реализован с использованием программного комплекса Matlab и его подсистемы GUI (Graphical User Interfaces – графическая среда программирования, использующая язык программирования Matlab) [2]. Алгоритм создания программы имеет следующие операции:

1. Формирование макета программы через графическую среду, рабочее поле которой показано на рисунке 1. На этой стадии должны быть определены поля для ввода переменных, функциональные кнопки, поля таблиц, различные подписи и другие графические или функциональные элементы с их уникальными адресами (тэгами), которые будут использоваться при написании кода программы. Основное рабочее поле GUI создания макета, представлено на рисунке 1.

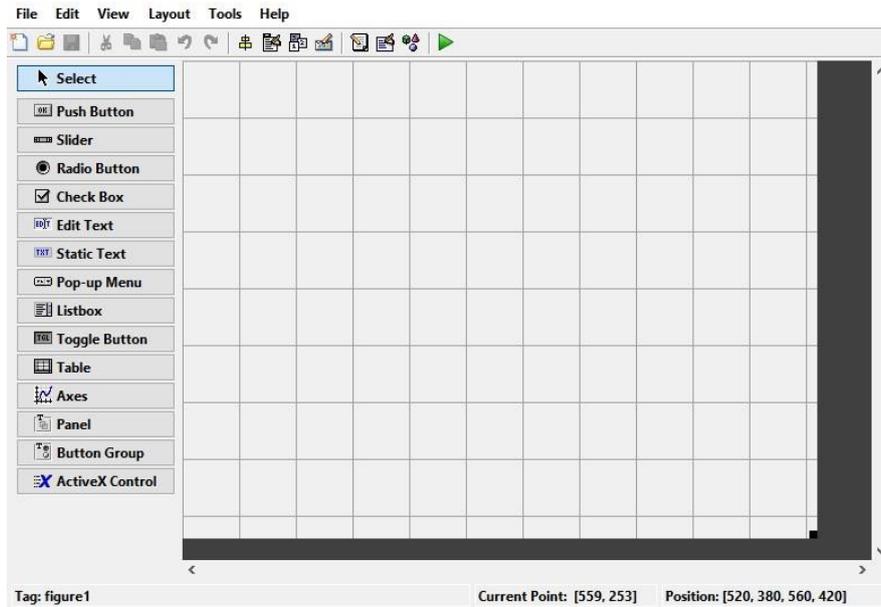


Рисунок 1 – Основное рабочее поле GUI

2. Написание кода программы на языке Matlab, используя вместо переменных адрес функциональных элементов макета.
3. Запуск и тестирование готовой программы, показанной на рисунке 2.

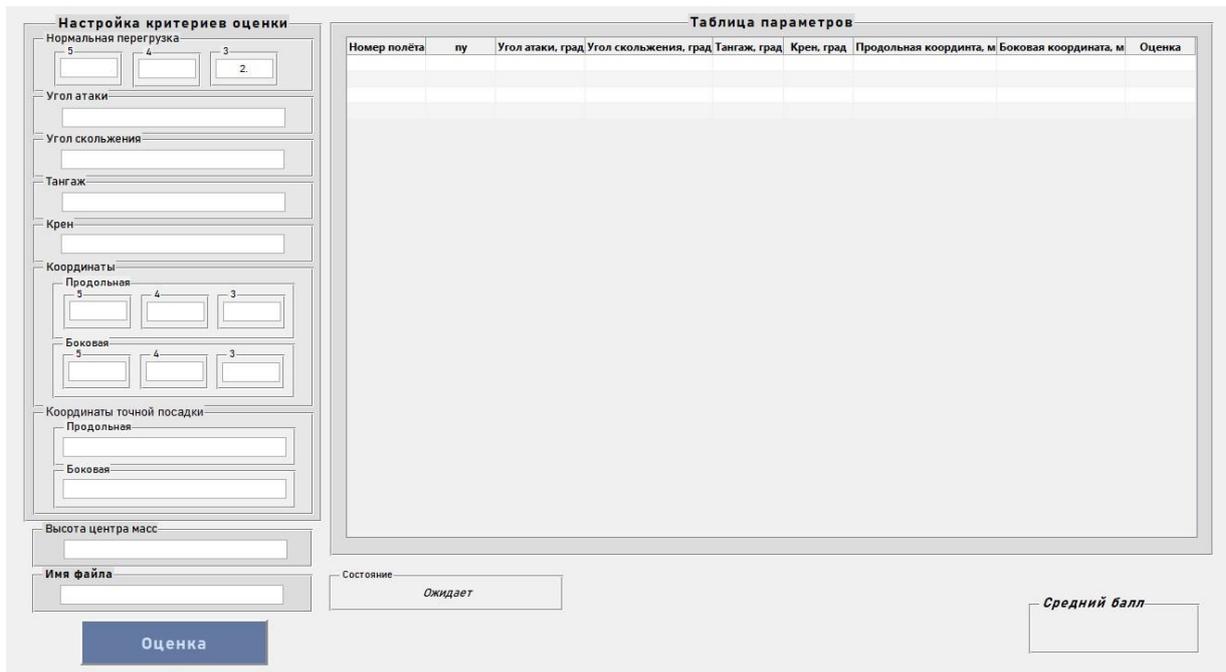


Рисунок 2 – Готовое рабочее поле программы оценки

Алгоритм работы программы состоит из следующих пунктов:

1. Определение адресов элементов макета, как констант программы. Так, например, созданное поле изменяемого текста в макете станет полем для задания ограничения по перегрузке на оценку «отлично», а ее адрес будет использоваться в написании кода как переменная, и при запуске программы алгоритм будет обращаться к тексту, введенному в изменяемое текстовое поле (эта функция проводится автоматически, когда создается объект в макете и ему присваивается уникальный адрес, но перед запуском проекта стоит перепроверить, что бы все переменные были определены).

2. После определения кнопки «Оценка», ей присваивается функция. Функция будет содержать основной алгоритм расчета. Алгоритм включает: определение переменных (критериев оценки и адреса таблицы) по адресам, чтение электронной таблицы, определение критических параметров движения по глиссаде, отсечение параметров с момента касания стоек взлетно-посадочной полосы, и сравнение этих данных с ограничениями.

3. После выполнения основных элементов функции «Оценка», результаты по оцениваемым параметрам записываются в таблицу за каждую итерацию, они оцениваются по отдельности и выводятся средняя за весь эксперимент.

Разработанная программа позволяет значительно сократить время проверки параметров посадки, тем самым оптимизируя процесс исследования в этой области. Также разгружая исследователя от выполнения рутинных операций. Среднее время оценки параметров одной серии экспериментов, состоящей из 30 итераций, составляет 50 минут. Использование разработанной программы позволяет сократить время оценки до 25 раз, доводя его до 2,5 минут, в зависимости от производительности персонального компьютера, на котором производится анализ результатов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ 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. – 104 с.

2. Дяконов, В. П. Matlab 7/R2006/R2007 : самоучитель / В. П. Дяконов. – М. : ДМК Пресс, 2008. – 768 с.

УДК 130.2:62

А.О. Воложин, А.И. Кириленко

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИНФРАЗВУК

Шумовое загрязнение окружающей среды в современном городе представляет собой существенную угрозу для населения. Несмотря на то что физическая сторона процессов хорошо изучена и уровни звукового облучения нормированы, имеется ряд диапазонов, которые до сих пор либо не учитывались в санитарных нормах, либо многократно превышают установленные нормы. Однозначно доказано, что инфразвуковые волны, возникающие при движении габаритных объектов, порождают интенсивные низкочастотные вибрации, распространяющиеся по воздуху, земле и воде. Такие колебания отличаются чрезвычайно малым затуханием. По имеющимся сведениям, коэффициент ослабления инфразвука в воздухе составляет $8 \cdot 10^{-6}$ дБ/км. К тому же, благодаря большой длине волны, например, на частоте 10 Гц составляющей 33 м, она может огибать препятствия, сравнимые с длиной волны без существенного ослабления [3].

Инфразвук – упругие колебания и волны с частотами до 16–20 Гц, лежащими ниже области слышимых человеком частот. Источниками инфразвука являются: ядерные взрывы, землетрясения, грозы, двигатели самолетов, автомобили. Также он может присутствовать на предприятиях тяжелой промышленности, оказывая негативное влияние на рабочих. Наиболее ярким опытом, показывающим влияние инфразвука, является постановка пьесы в одного из лондонских театров. Режиссер хотел нагнать на зрителя чувство страха, ужаса, панику, но у него не удавалось. Известный физик Роберт Вуд, по совместительству дядя режиссера, придумал, как напугать зрителей. Он сконструировал специальную трубу и прикрепил ее к органу. В момент пьесы, как только органист начал играть, ничего не

подозревающих зрителей окутала жуткая паника и беспокойство. Некоторые даже в страхе вышли из театра. Все дело в том, что при игре орган генерировал низкочастотный звук (8–10 Гц), создавая резонанс с внутренними органами людей. Каждый орган имеет собственную частоту, например, тело человека в положении лежа – 3–4 Гц, грудная клетка – 5–8 Гц, брюшная полость – 3–4 Гц, глаза – 12–27 Гц. Инфразвуки вредны во всех случаях: слабые действуют на внутреннее ухо и воспроизводят картину морской болезни. Сильные заставляют органы вибрировать, вызывая повреждения, даже остановку сердца. При средних мощностях наблюдаются внутренние расстройства органов пищеварения и мозга с самыми различными последствиями: параличами, обмороками, общей слабостью и т. д. Больше того, инфразвук средней силы может вызвать слепоту [2].

Как говорилось в начале, инфразвук развеивается слабо, однако есть способ защиты. Метод звукопоглощения может быть реализован применительно к инфразвуковым колебаниям при использовании резонирующих панелей. На прямоугольную раму крепят мелкочаеистую сетку и мембрану, выполненную из тонкого металлического листа, фанеры или холста, пропитанного лаком. Пространство между рамой и воздухонепроницаемой мембраной заполняют звукопоглощающим материалом. Монтаж указанной конструкции в помещениях с источниками инфразвука способствует поглощению его энергии. Конструкция может быть настроена на определенную частоту в спектре инфразвука. При воздушном наполнении внутреннего объема панели собственную частоту панелей определяют по формуле

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c^2 p}{mh}}, \quad (1)$$

где c – скорость звука; м/с; p – плотность воздуха, кг/м²; h – толщина воздушного промежутка; m – поверхностная масса, кг/м³. Помимо негативных влияний инфразвук может быть и полезен. В последние годы инфразвук стали широко применять в медицинской практике. Так, в офтальмологии инфразвуковые волны с частотами до 12 Гц используются при лечении близорукости. При лечении заболеваний век используется инфразвук для фонофореза, а также для очищения раневых поверхностей, для улучшения гемодинамики и регенерации в веках. Существует такое явление, как пораженный естественными факторами инфразвук неизвестного происхождения. Наиболее обычный тип инфразвука неизвестного происхождения, как правило, генерируется в зимнем полушарии, а его генерация, по-видимому, приурочена к совершенно специфическим местоположениям источника. Наблюдается также хорошо выраженная тенденция к расположению источника в гористой местности. Ученые Вашингтонского университета и университета Айдахо в течение нескольких лет изучали район-источник близ границы между США и Канадой [1].

Ими было предложено четыре возможных механизма генерации такого рода инфразвука: 1) сильная турбулентность, обусловленная быстрым воздушным течением над неровной местностью; 2) разрушение горных подветренных волн; 3) вариант аэродинамического звука золотого «она»; 4) интенсивный вертикальный сдвиг скорости, возникающей внутри течения над препятствием [1].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Госсард, Э. Э. "Волны в атмосфере: Инфразвук и гравитац. волны в "атмосфере"б" ""возникновение"" и ""распространение"" /" Э."Э. Госсард, ""У."Х." Хук""; пер." с" англ. 0' 0' "Под ред. Г. С. Голицына. – М. : Мир, 1978. – 532 с.
2. Хорбенко, И. Г. Звук, ультразвук, инфразвук / И. Г. Хорбенко. – М. : Знание, 1978. – 159 с.
3. Лещенко, В. Г. Медицинская и биологическая физика": учеб. пособие / В. Г. Лещенко, Г. К. Ильич. – Минск : Новое издание ; М. : ИНФРА-М, 130 с.

УДК 629.7.06

А.Г. Капустин, Д.А. Гладкий

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***ОСОБЕННОСТИ АВАРИЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ОСНОВЕ ЛИТИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ**

Прогресс в технологии литий-ионных (*Li-Ion*) аккумуляторных батарей (АБ) за последние годы определил приоритет их применения в авиации перед широко применяемыми никель-кадмиевыми батареями. Эти АБ при заданной мощности меньше по габаритам и легче прочих типов АБ (приблизительно в два раза легче никель-кадмиевых) [1, 2].

Требования к перспективным авиационным АБ и технологиям их изготовления определяются требованиями по улучшению массо-энергетических характеристик и созданию систем электроснабжения высокого напряжения, обусловленных «электрификацией» самолетов при переходе от гидравлических и пневматических исполнительных систем на электрические. На сегодня только *Li-Ion* АБ подходят для решения такой задачи и в состоянии обеспечить более высокие уровни напряжения. В свете этих подходов и разработаны *Li-Ion* батареи, которые могут отвечать таким новым требованиям [2].

Эти батареи считаются одними из самых перспективных источников автономного питания, но при этом до сих пор остаются одними из самых дорогих. Они имеют высокую энергетическую плотность, порядка 100 Вт·ч/кг, и обеспечивают примерно 300–500 циклов «заряд-разряд». АБ имеют очень низкую скорость саморазряда (примерно 3% – 5% в первый месяц, затем уменьшение до 1% – 3% в месяц, дополнительно около 3% потребляет схема управления). Кроме того, при одинаковых габаритах *Li-Ion* АБ работают втрое дольше, по сравнению с *Ni-Cd* АБ, и у них абсолютно отсутствует «эффект памяти» (их не надо полностью разряжать до конца перед перезарядкой). Эти АБ необходимо хранить в заряженном состоянии, т. к. у них имеется эффект старения, даже если АБ не используется. К недостаткам можно отнести зависимость емкости от температуры (при низких температурах время работы таких батарей существенно уменьшается) [2]. Недостатками данных батарей также являются: прежде всего, высокая цена и пожароопасность. Известно, что в 33 случаях возгорания аккумуляторных батарей на борту воздушных судов (ВС) в 80% случаев были виноваты именно *Li-Ion* АБ. Пожароопасность этих АБ проистекает из-за наличия в аккумуляторе катода, сделанного из литий-кобальтового оксида LiCo_2 . Оказалось, что при нагреве литий-кобальтовый оксид начинает разлагаться с выделением кислорода, который начинает активно «выжигать» полимерный электролит. Температура еще более повышается, процесс переходит в соседние банки АБ, и начинается цепная реакция, которая протекает как самоускоряющийся процесс, приводящий к полному выгоранию АБ. Этот процесс называется «термическим разгоном» АБ или «процессом вредного цикла» и заканчивается он, как правило, возгоранием (пожаром) батареи. «Термический разгон» может начаться из-за чрезмерного заряда АБ, вызывающего ее разогрев [1, 2].

Для устранения этого явления *Li-Ion* АБ, катод которых сделан из литий-кобальтового оксида, заменили более современным литий-фосфатным, катод которых гораздо более устойчив к нагреву, а сама АБ заметно менее подвержена термическому разгону. Кроме того, эти батареи имеют банки с менее плотной компоновкой элементов, что в теории уменьшает риск развития термического разгона. Также ведутся работы по созданию негорючих литиевых АБ с электролитом, который будет не подвержен быстрому окислению. Для обеспечения пожарной безопасности каждый аккумулятор АБ планируется оборудовать электрической схемой управления, чтобы ограничить пиковое напряжение каждого элемента во время заряда и предотвратить критичное понижение напряжения элемента при разряде. Кроме того, должен быть ограничен максимальный ток заряда-разряда, и должна контролироваться температура каждой банки батареи.

Еще одной из последних разработок в литиевой технологии являются литий-полимерные (*Li-Pol*) аккумуляторы. Потенциально они дешевле, чем *Li-Ion* аккумуляторы, но на сегодняшний день все же остаются дорогими источниками питания. Эти аккумуляторы весьма компактны и легки. По конструкции они подобны своим предшественникам, но используют гелиевый электролит. Эти источники обладают еще более высокой энергетической плотностью (до 160 Вт·ч/кг) и малым током разряда, причем нынешние образцы имеют очень большое количество циклов «заряд-разряд» – около 1000.

Принципиально *Li-Ion* и *Li-Pol* аккумуляторы не различаются, но последние имеют одно важное преимущество – их рабочим веществом является гель, состоящий из смеси полимера и электролита, и утечка жидкости становится просто невозможной [2]. В настоящее время разработаны специальные силовые *Li-Pol* АБ, которые могут отдавать ток в 10 и более раз, превышающий численное значение емкости.

Оценка параметров данных аккумуляторов проводилась по выражению (1). Обычно данное выражение формулируется как минимизация суммы квадратов разностей между выходными данными модели и их экспериментально измеренными значениями для каждого цикла.

$$\min_{\Theta_i} \sum_{j=1}^{n_i} \left[y_i(t_j) - y_{\text{мод},i}(t_j; \Theta_i) \right]^2, \quad (1)$$

где $y_i(t_j)$ – измеренное напряжение в момент времени t_j для цикла i ; $y_{\text{мод},i}(t_j; \Theta_i)$ – напряжение, рассчитанное по модели батареи в момент времени t_j для цикла i и вектора параметров модели Θ_i (оцениваемые параметры из экспериментальных данных); n_i – количество моментов времени в цикле i .

График оптимизации плотности энергии для литий-ионного аккумулятора, показывающий влияние толщины и пористости электрода на емкость аккумулятора, представлен на рисунке.

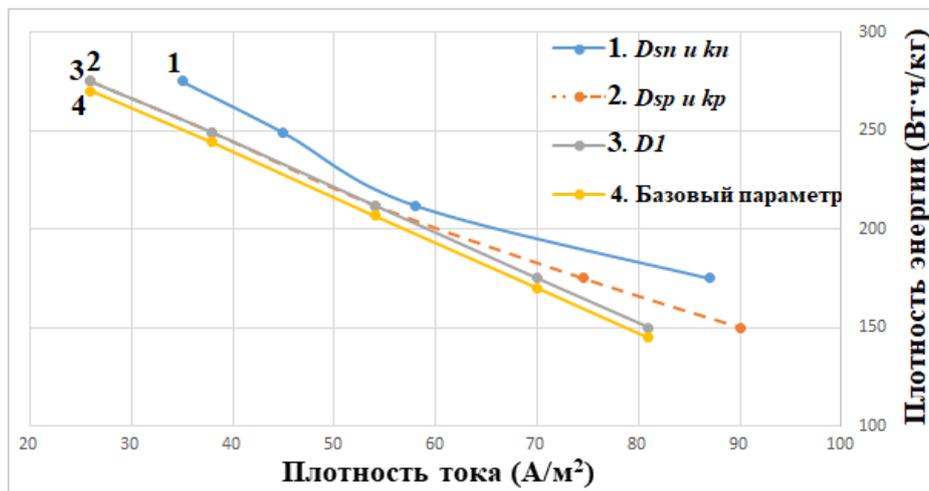


Рисунок – Оптимизация плотности энергии для литий-ионного аккумулятора, показывающая влияние толщины и пористости электрода

Пять эффективных транспортных и кинетических параметров были оценены путем применения оценки методом наименьших квадратов к экспериментальным данным разряда напряжения для кнопочных элементов емкостью 250 мАч.

Оцениваемыми параметрами были эффективный коэффициент диффузии иона лития в фазе раствора (D_1), эффективный коэффициент диффузии лития в твердой фазе для отрицательного

электрода и константа скорости электрохимической реакции для отрицательного электрода (D_{sn} и k_n), и положительного электрода (D_{sp} и k_p).

Было обнаружено, что эффективный коэффициент твердофазной диффузии отрицательного электрода и константа скорости реакции монотонно уменьшаются, тогда как остальные параметры не имеют какой-либо определенной тенденции. Это говорит о том, что кривые напряжения-разряда могут не содержать достаточной информации для точной оценки эффективных значений параметров и что изменение кривых напряжения-разряда с номером цикла может быть зафиксировано путем оценки только эффективного твердого заряда.

К преимуществам *Li-Pol* аккумуляторов относятся: большая плотность энергии на единицу объема и массы; низкий саморазряд; малая толщина элементов (от 1 мм); возможность получать очень гибкие формы; небольшой перепад напряжения по мере разряда; количество рабочих циклов – от 300 до 500 [1, 2]. Недостатки *Li-Pol* аккумуляторов: аккумуляторы пожароопасны при перезаряде или при перегреве; во избежание этого эффекта они должны быть снабжены встроенной электронной схемой, которая контролирует заряд аккумулятора по специальному алгоритму, не допуская его перезаряд и перегрева; диапазон рабочих температур *Li-Pol* аккумуляторов ограничен (эти элементы плохо работают на холоде); старение. Даже если *Li-Pol* аккумулятор не используется, он начинает стареть сразу после производства. *Li-Pol* и *Li-Ion* аккумуляторы уменьшают свою емкость, в отличие от никелевых и никель-металл-гидридных аккумуляторов, под воздействием заряда. Чем больше заряд таких аккумуляторов и температура при их хранении, тем меньше срок службы. Хранить *Li-Pol* аккумуляторы лучше заряженными на 40 % – 50 % и при температуре от 0 °С до 10 °С. Перезаряд, также как и переразряд, уменьшает емкость таких аккумуляторов; более высокая стоимость по сравнению с *Ni-Cd* аккумуляторами.

Еще не стоит забывать, что литиевые АБ чувствительны к температуре окружающей среды, для большинства АБ рабочий диапазон температур составляет от +5 °С до +60 °С. При заряде АБ необходимо учитывать и температурный режим (для этого большинство производимых аккумуляторов содержат в своем корпусе терморезистор).

На сегодняшний день в широком ассортименте представлены и контроллеры заряда литиевых аккумуляторов.

Таким образом, в ближайшей перспективе несомненной является необходимость дальнейшего совершенствования конструкции уже хорошо освоенных промышленностью АБ рассмотренных выше типов. Наиболее вероятны два направления совершенствования АБ. Первое – улучшение конструкции и совершенствование технологии производства аккумуляторов и АБ. Второе – разработка принципиально новых аварийных систем электроснабжения, обеспечивающих существенное повышение безопасности полета ВС. Для этого необходимо непрерывно контролировать состояние АБ, как аварийных источников электроэнергии. Кроме того, важно обеспечить подзаряд АБ в полете по определенной программе. Решение такой задачи возможно лишь при наличии определенных датчиков в самой АБ. Следовательно, в конструкции АБ возможно появление новых элементов [1, 2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Капустин, А. Г. Сравнительный анализ бортовых авиационных аккумуляторных батарей и перспективы их развития / А. Г. Капустин // Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации : 3-я Международная научно-техническая конференция, г. Минск, 16–17 мая 2013 г. – Минск : ВА Респ. Беларусь, 2013. – С. 198–205.

2. Деловой авиационный портал ato.ru [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ato.ru/blogs/blog-alekseya-sinickogo/kak-boeing-nadeetsya-reshit-problemu-s-litii-ion-nymi-batareyami-dlya>. – Дата доступа: 20.10.2023.

УДК 534

Ю.А. Гурвич, И.Л. Бурдин, М.В. Редько

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***ПАРАДОКС ЛОГАРИФМИЧЕСКОГО ДЕКРЕМЕНТА КОЛЕБАНИЙ**

Из дифференциального уравнения движения груза, прикрепленного к пружине, под действием двух сил: силы упругости и силы сопротивления среды выводится широко известный во всем мире критерий темпа затухания колебательного процесса – логарифмический декремент колебаний.

$$D = \ln \frac{A_i}{A_{i+1}} = \beta T, \quad (1)$$

где D – логарифмический декремент колебаний; A_i, A_{i+1} – амплитуды в момент времени t_i, t_{i+1} соответственно; β – коэффициент демпфирования; T – период колебания.

Этот критерий до сих пор находит широкое применение во многих областях науки и техники, например, при проектировании всех транспортных средств (самолетов, вертолетов, автомобилей и так далее). Известно также, что одним из средств борьбы с колебаниями упругих конструкций являются специальные демпфирующие покрытия, интенсивно поглощающие энергию колебаний. Эффективность применения таких покрытий определяется критерием темпа затухания колебательного процесса D .

Однако советским ученым Ю. К. Фавстовым [1] экспериментально обнаружен парадокс, заключающийся в том, что покрытия, материал которых характеризуется большим значением D , зачастую хуже демпфируют колебания, чем покрытия с меньшим значением D .

Следовательно, логарифмический декремент колебания D (или критерий устойчивости колебательного движения) имеет серьезный недостаток в виде «парадокса».

Для объяснения этого явления рассмотрим графики, приведенные на рисунке. По ним можно сделать вывод: процесс, соответствующий кривой 1 затухает медленнее процесса, соответствующего кривой 2. Хотя логарифмический декремент в первом случае больше, чем во втором. Советский ученый Я. Г. Пановко [2] объясняет это тем, что «...логарифмический декремент колебаний – D характеризует затухание не за объективную единицу времени, например, за одну секунду, а за один период колебаний».

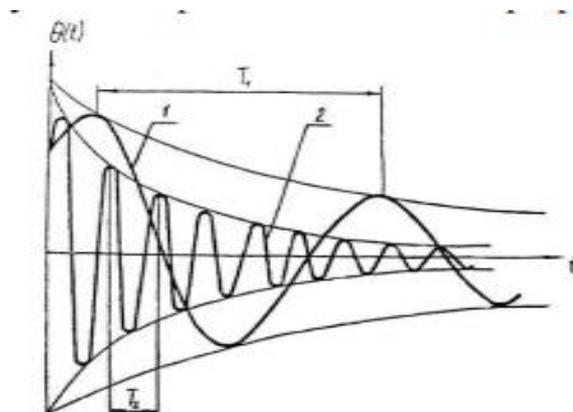


Рисунок – Графики двух затухающих колебаний 1 и 2

Такое объяснение этого «парадокса» не является окончательно обоснованным.

Поэтому в данной работе предложено первое семейство критериев устойчивости-неустойчивости колебательного движения, в котором устранен недостаток в виде парадокса логарифмического декремента колебаний D .

Сами критерии устойчивости-неустойчивости колебательного движения (без вывода) представляют собой величины обратно пропорциональные коэффициенту затухания β .

$$F_1 = \frac{\frac{T}{2}}{\ln \frac{A_i}{A_{i+1}}}, \dots, F_1 = \frac{\lambda \frac{T}{2}}{\ln \frac{A_i}{A_{i+\lambda}}}, \quad (2)$$

где i, λ – целые числа 1, 2, 3, ...

В числителе критерия F_1 оценивается время затухания или нарастания колебательного процесса, а в знаменателе тенденция к нарастанию или затуханию колебаний. Когда знаменатель больше нуля, то система имеет колебательную устойчивость – колебания затухают, если меньше – то колебательную неустойчивость – колебания нарастают.

Благодаря «парадоксу» логарифмического декремента колебаний D , обнаруженного Ю. К. Фавстовым, появилась необходимость создать первое семейство критериев F_1 , которое применяется, когда логарифмический декремент колебаний D остается постоянным для всего процесса колебаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фавстов, Ю. К. К определению внутреннего трения демпфирующих покрытий / Ю. К. Фавстов // Изв. АН СССР ОТН, Механика и машиностроение : сб. науч. тр. – М., 1963. – С. 127–128.
2. Пановко, Я. Г. Устойчивость и колебания упругих систем / Я. Г. Пановко, И. И. Губанова. – М. : Наука, 1967. – 420 с.
3. Гурвич, Ю. А. Новые прикладные критерии колебательной и апериодической устойчивости движения колес транспортных средств / Ю. А. Гурвич // Актуальные проблемы в динамике и прочности в теоретической и прикладной механике : сб. науч. тр. – М., 2001. – С. 148–162.

УДК 534

Ю.А. Гурвич, И.Л. Бурдин, Г.А. Сенокосов

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ВТОРОЕ СЕМЕЙСТВО ПРИКЛАДНЫХ КРИТЕРИЕВ УСТОЙЧИВОСТИ

Благодаря «парадоксу» логарифмического декремента колебаний D , обнаруженного Ю. К. Фавстовым, появилась необходимость создать второе семейство критериев F_m (где $m = 2, 3, 4, \dots, N$), которое применяется (без вывода), когда логарифмический декремент колебаний D является непостоянным для всего процесса колебаний [1].

Рассмотрим колебательный процесс, для которого применим критерий F_2 с параметрами $j > i$:

$$F_2 = \frac{\lambda \frac{T}{2}}{\ln \left(\frac{A_i + A_j}{A_{i+\lambda} + A_{j+\lambda}} \right)}, \quad (1)$$

где A – амплитуда; T – период колебаний, с; λ, i, j – целые числа.

Если $\lambda = 1, i = 1, j = 3$, то получаем:

$$F_2 = \frac{\frac{T}{2}}{\ln\left(\frac{A_1 + A_3}{A_2 + A_4}\right)}. \quad (2)$$

Рассмотрим колебательный процесс, для которого применим критерий F_3 с параметрами $k > j > i$

$$F_3 = \frac{\lambda \frac{T}{2}}{\ln\left(\frac{A_i + A_j + A_k}{A_{i+\lambda} + A_{j+\lambda} + A_{k+\lambda}}\right)}, \quad (3)$$

Если $\lambda = 2, i = 1, k = 4$, то получаем

$$F_3 = \frac{T}{\ln\left(\frac{A_1 + A_3 + A_4}{A_3 + A_5 + A_6}\right)}, \quad (4)$$

Рассмотрим колебательный процесс, для которого применим критерий F_4 с параметрами $l > k > i$:

$$F_3 = \frac{\lambda \frac{T}{2}}{\ln\left(\frac{A_i + A_j + A_k + A_l}{A_{i+\lambda} + A_{j+\lambda} + A_{k+\lambda} + A_{l+\lambda}}\right)}, \quad (5)$$

Если $\lambda = 2, i = 1, j = 3, k = 4, l = 5$, то получаем:

$$F_3 = \frac{2T}{\ln\left(\frac{A_2 + A_3 + A_4 + A_5}{A_6 + A_7 + A_8 + A_9}\right)}, \quad (6)$$

В числителе критерия F_m (где $m = 2, 3, 4, \dots, N$) оценивается время затухания или нарастания колебательного процесса, а в знаменателе тенденция к нарастанию или затуханию колебаний. Когда знаменатель больше нуля, то система имеет колебательную устойчивость – колебания затухают, если меньше – то колебательную неустойчивость – колебания нарастают.

Благодаря «парадоксу» логарифмического декремента колебаний D , обнаруженного советским ученым Ю. К. Фавстовым, появилась необходимость создать второе семейство критериев F_m (где $m = 2, 3, 4, \dots, N$), которое применяется, когда логарифмический декремент колебаний D остается непостоянным для всего процесса колебаний [2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фавстов, Ю. К. К определению внутреннего трения демпфирующих покрытий / Ю. К. Фавстов // Изв. АН СССР ОТН, Механика и машиностроение : сб. науч. тр. – М., 1963. – С. 127–128.

2. Гурвич, Ю. А. Новые прикладные критерии колебательной и апериодической устойчивости движения колес транспортных средств. / Ю. А. Гурвич // Актуальные проблемы в динамике и прочности в теоретической и прикладной механике : сб. науч. тр. – Минск, 2001. – С. 148–162.

УДК 629.73

Е.А. Дехтяренко, Ф.С. Южаков, А.И. Котенко

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В АВИАЦИИ

Физико-математические методы играют значительную роль в развитии и совершенствовании авиации. Они обеспечивают фундаментальные основы, необходимые для анализа и оптимизации различных аспектов авиационной индустрии. Одним из ключевых направлений применения физико-математических методов в авиации является аэродинамика.

Изучение движения воздуха вокруг летательных аппаратов позволяет оптимизировать их форму, улучшить обтекаемость и уменьшить сопротивление воздуха. Математическое моделирование позволяет симулировать различные условия полета и предсказывать их воздействие на самолет, что помогает разработчикам принять решения при проектировании. Особое значение имеют математические методы в области автоматического управления воздушными судами. Современные самолеты оснащены сложными системами автопилота и управления полетом, которые на основе вычислительной и математической обработки данных обеспечивают стабилизацию, навигацию и безопасность полета. Математические модели и алгоритмы позволяют автоматически адаптироваться к изменяющимся условиям и эффективно реагировать на непредвиденные ситуации, а также они применяются в области разработки и анализа материалов, используемых в авиации. На основе математических моделей можно оптимизировать структуру, механические свойства и прочность материала, что позволяет создавать более легкие и прочные конструкции, способствующие повышению экономичности и безопасности полетов [1].

Компьютерное моделирование и численные методы также широко применяются для решения физических задач в авиации. Это позволяет проводить сложные расчеты, включающие физические процессы и предсказывать поведение систем в различных условиях. Например, численное моделирование позволяет предсказывать аэродинамические и термодинамические характеристики двигателей и это способствует их оптимизации, и сокращению использования ресурсов. Таким образом, можно сказать, что физико-математические методы в авиации играют ключевую роль, начиная от проектирования и эксплуатации самолетов до безопасности полетов, а также в разработке новых технологий. Они обеспечивают научную основу для развития авиации и способствуют повышению ее эффективности и надежности.

На основе этих методов можно разработать оптимальную форму крыла и других аэродинамических поверхностей, чтобы достичь наилучшего сочетания подъемной силы и сопротивления. Они позволяют моделировать движение самолета в различных условиях – от нормальных полетных режимов до экстренных ситуаций, таких как турбулентность или отказ двигателя. Это позволяет определить наилучший способ управления самолетом в различных ситуациях и разработать соответствующие системы автоматического управления.

Кроме того, физико-математические методы позволяют анализировать нагрузки, которые действуют на самолет во время полета, оптимизировать конструкцию самолета для обеспечения безопасности и прочности. Это включает в себя анализ напряжений, деформаций и резонансных явлений, которые могут возникать в различных условиях полета.

Разработка новых материалов с использованием физико-математических методов – неотъемлемая и важная область, которая играет решающую роль в развитии различных отраслей

науки и техники. Они позволяют углубиться в изучение структуры и свойств материалов, а также создать новые и улучшенные компоненты с определенными требуемыми свойствами.

Численное моделирование позволяет предсказывать аэродинамические и термодинамические характеристики двигателей, что способствует их оптимизации и снижению потребления топлива.

С помощью термодинамики, можно изучать взаимодействие тепловых и механических процессов в авиационной технике. Одной из основных задач термодинамики в авиации является исследование работы двигателей их принцип работы основан на законах термодинамики, которые описывают превращение тепловой энергии в механическую. Это помогает улучшить энергетические характеристики двигателей и повысить их эффективность.

Не менее важное направление термодинамики в авиации, это исследование теплообмена в аэродинамических системах. Здесь речь идет о разработке и оптимизации систем охлаждения для различных частей самолета, таких как двигатели, горючие элементы и системы электроники. Термодинамические расчеты и моделирование теплопередачи позволяют определить оптимальные параметры системы охлаждения, обеспечивающие необходимую степень безопасности и надежности работы авиационных агрегатов.

Современные самолеты оснащены сложными системами автопилота и управления полетом, которые используют математические модели и алгоритмы для обеспечения стабилизации, навигации и безопасности полета. Эти системы могут адаптироваться к изменяющимся условиям и эффективно реагировать на непредвиденные ситуации, обеспечивая пассажирам безопасность и комфорт. Кроме того, в авиационной промышленности широко используется компьютерное моделирование и виртуальная реалистичность (VR) технологии для тестирования новых конструкций и улучшения существующих проектов. В рамках этих процессов проводятся анализ динамики движения, расчет нагрузок и напряжений, определение характеристик аэродинамической формы и другие задачи, требующие использования математики и вычислительной техники.

В последние годы появилось несколько новых направлений, где эти методы нашли свое применение.

Одно из таких направлений – это разработка и оптимизация беспилотных летательных аппаратов – далее (БПЛА). Физико-математические модели позволяют анализировать и прогнозировать поведение БПЛА в различных условиях, включая аэродинамические характеристики, стабильность полета и энергетическую эффективность. Это помогает инженерно-техническому персоналу создавать более эффективные и безопасные БПЛА, которые могут использоваться в различных сферах, включая гражданскую авиацию, грузоперевозки и мониторинг окружающей среды.

Механика в авиации является одной из ключевых составляющих безопасности и надежности полетов и в авиационной отрасли отвечает за обслуживание и ремонт авиационного оборудования, а также непосредственное поддержание работоспособности воздушных судов. Основная задача механики в авиации заключается в обеспечении оптимальной технической готовности самолетов к полетам, осуществлению проведения предполетной проверки и технического обслуживания воздушных судов.

Все эти физико-математические методы взаимосвязаны и позволяют создавать более эффективные и безопасные воздушные суда. Они позволяют анализировать физические процессы, происходящие во время полета, и оптимизировать работу летательного аппарата на каждом этапе полетного цикла - от взлета до приземления, неотъемлемы в процессе разработки и оптимизации самолетов в современной авиационной индустрии. Они способствуют развитию новых технологий, повышению безопасности и эффективности полетов, и созданию более экологически чистых и энергоэффективных систем. Благодаря использованию этих методов авиация продолжает прогрессировать и оставаться одной из самых инновационных отраслей в мире.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Математическое моделирование, методология и методы разработки математических моделей, механических систем и процессов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://op.vlsu.ru/fileadmin/Programmy/Magistratura/04.04.01/Metod_doc/Mat_modelirovanie.pdf. – Дата доступа: 22.10.2023.

УДК 623.418.4

В.П. Дорошков, А.А. Кулешов

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

УЧЕТ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДАЛЬНОСТИ ДО НАЗЕМНОГО ОБЪЕКТА

Для осуществления самолетовождения и решения других специальных задач требуется определение дальности до наземного объекта (цели).

Эту задачу нередко решают, применяя угломестный способ, сущность которого заключается в следующем [1].

По измеренному значению геометрической высоты и углу места объекта дальность определяется по формуле

$$D = \frac{H}{\sin \varepsilon_0}.$$

Высота летательного аппарата в этом случае может быть измерена с помощью радиовысотомера.

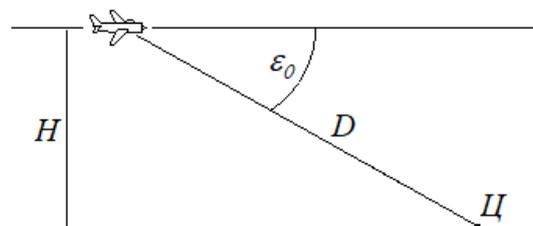


Рисунок 1 – Угломестный способ определения дальности

Угол ε_0 измеряется с помощью визирной системы с учетом угла тангажа.

Вычислитель определяет дальность до наземной цели угломестным способом, предполагающим полет над равнинной местностью. Наличие пересеченного рельефа местности (уклона или подъема) приводит к значительной ошибке D' в определении дальности до цели (рисунок 2).

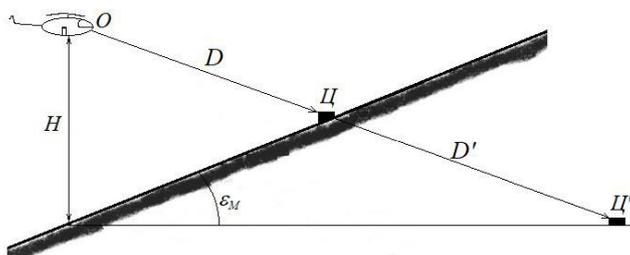


Рисунок 2 – Определение дальности до цели

Целесообразно разработать блок, который будет учитывать поправку к высоте Δh в зависимости от рельефа местности (рисунок 3). Это позволит более точно определять фактическую дальность цели. Для этого необходимо некоторое время измерять высоту над подстилающей местностью. Будем считать, что он имеет постоянный уклон [2].

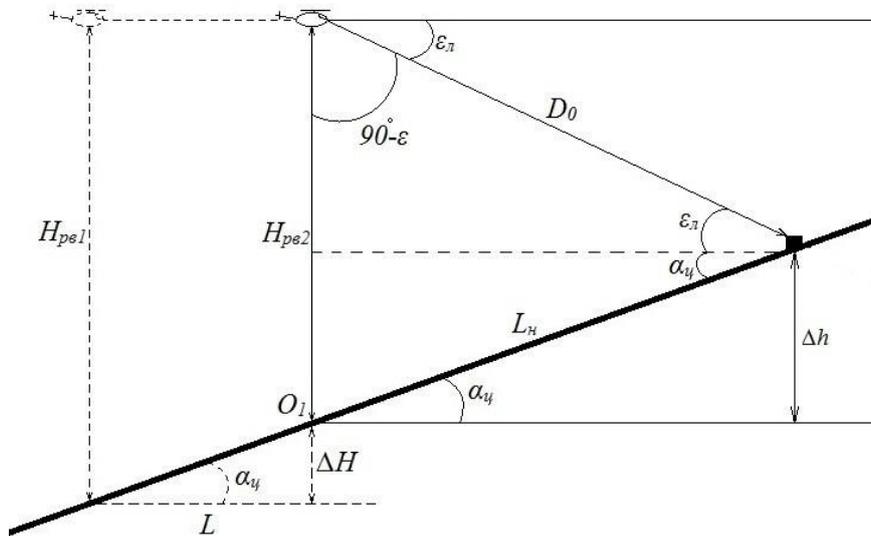


Рисунок 3 – Определение поправки Δh

Из рисунка 3 определим $\alpha_{ц}$:

$$\alpha_{ц} = \arctg \frac{\Delta H}{L}$$

По теореме синусов определим L_n :

$$L_n = \frac{H_{PB} \sin(90^\circ - \varepsilon_n)}{\sin(\varepsilon_n + \alpha_{ц})}$$

Определим Δh :

$$\Delta h = L_n \cdot \alpha_{ц}$$

Путем модернизации вычислителя или разработки специального блока данная проблема может быть решена. Предлагается разработать блок, который бы по информации от бортовых систем (радиовысотомера, ДИСС и гировертикали) определял текущий рельеф местности и выработывал поправку при определении вычислителем дальности цели.

Данную поправку необходимо выработывать к моменту определения дальности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дорошков, В. П. Авиационные прицельные системы / В. П. Дорошков. – Минск : ВА Респ. Беларусь, 2008. – 120 с.
2. Техническое описание изделия «Аист». 6Ф1.700 001 ТО. – М., 1978. – Ч. 1. – 330 с.

УДК 004.9.358.484 05.13 18

Ю.О. Жуков, Е.Н. Мальцев, И.Н. Решетников

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

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ АГРЕГАТОВ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Авиационная техника (АТ) – сложная техника, и в процессе ее эксплуатации возникает потребность в использовании запасных агрегатов для поддержания АТ в постоянной готовности. Под агрегатами в рамках статьи понимаются запасные части, агрегаты и расходные материалы, необходимые для технического обслуживания и ремонта АТ. В этой связи возникает задача планирования и управления запасами агрегатов [1]. Необходимость решения данной задачи в первую очередь обусловлена необходимостью поддержания надежности АТ, которая напрямую зависит от организации управления запасами агрегатов.

Имеющиеся модели управления запасами имеют свои недостатки, которые возможно компенсировать за счет введения эффективных методов управления запасами агрегатов. Ниже рассмотрены некоторые методы для анализа запасов агрегатов.

В качестве исходных данных рассмотрим номенклатуру запасных агрегатов в таблице.

Таблица – Номенклатура запасных агрегатов

№ поз.	Наименование	№ поз.	Наименование
1	Исполнительный блок	26	Контейнер аккумуляторной батареи
2	Манометр	27	Кран
3	Датчик давления	28	Антенный блок
4	Пульт проверки	29	Валики
5	Стопорное устройство	30	Штуцер заправки
6	Трансформатор	31	Блок реле БР
7	Приемник возбуждатель	32	Моноблок
8	Турбохолодильник	33	Коробка контакторов переменного тока
9	Усилитель	34	Аттенюатор
10	Элементы крепления	35	Направленный ответвитель
11	Усилитель-преобразователь	36	Измеритель давления
12	Батарея питания	37	Фильтр воздушный
13	Измерительный блок	38	Заслонка
14	Свеча	39	Антенна
15	Моноблок	40	Штепсельные разъемы
16	Накопитель	41	Выключатель
17	Дифференциальное реле	42	Цилиндр ограничения хода ручки
18	Переключатель	43	Сетевой регулятор давления
19	Рым-болт	44	Датчик температуры
20	Предохранитель	45	Сигнализатор перепада давления
21	Насос шестеренчатый	46	Пневмопереключатель
22	Заглушка	47	Преобразователь
23	Светосигнализатор	48	Непроливающийся разъем
24	Осушитель	49	Патрубок полисилоксановый
25	Кнопка	50	Клапан

Для решения данной задачи рассмотрим математический метод управления запасами – XYZ анализ [2, 3]. Он основывается на классификации запасных агрегатов по спросу и предполагаемой необходимости их наличия на складе.

Группа X включает запасные агрегаты, которые имеют высокий спрос и высокую необходимость наличия на складе. Эти запасные агрегаты должны храниться в достаточном количестве и постоянно контролироваться. Группа Y включает запасные агрегаты, которые имеют средний спрос и среднюю необходимость наличия на складе. Эти запасные агрегаты

должны храниться в среднем количестве и контролироваться периодически. Группа Z включает запасные агрегаты, которые имеют низкий спрос и низкую необходимость наличия на складе. Эти запасные агрегаты могут храниться в минимальном количестве и контролироваться редко.

Следовательно, XYZ анализ позволяет определить, какие запасные агрегаты требуют более активного контроля закупки, а какие могут храниться в меньшем количестве или даже быть исключены из ассортимента [2, 3].

Принципиальное отличие метода XYZ от метода ABC состоит в том, что анализируются количественные показатели, представленные, как правило, в виде динамического ряда для каждой i -й позиции номенклатуры [2, 3].

Для решения необходимо найти коэффициент вариации (v). Коэффициент вариации рассчитывается как отношение среднеквадратичного отклонения к математическому ожиданию. Тем самым оценивается процентное отклонение объема поставок от среднего значения.

$$v = \frac{\sigma_x}{\bar{x}}, \quad (1)$$

где σ_x – среднеквадратичное отклонение; \bar{x} – математическое ожидание.

Получив все данные и распределив запасные агрегаты на группы, можно подвести итоги данного анализа. В группу X вошли 8 позиций всех запасных агрегатов, входящих в расчеты, и составили 16 % от общей номенклатуры агрегатов. Данные агрегаты наиболее востребованы и требуют более тщательного контроля.

Группу Y составили 9 позиций и составили 18 % от общей номенклатуры. Данная группа характерна тем, что входящие в нее запасные агрегаты не имеют определенного спроса и их потребность не постоянна. Для регулирования запасами данной группы необходимо иметь некоторый запас для крайней необходимости в потребности.

В группу Z вошли оставшиеся 34 позиции и составили 66 % от общего количества запасных агрегатов. Данная группа характеризуется отсутствием выраженного характера потребления запасных агрегатов и тем самым уменьшает потребность в постоянном контроле и частом заказе запасных агрегатов, входящих в данную группу. На рисунке 1 представлена диаграмма процентного распределения агрегатов по группам методом XYZ анализа.

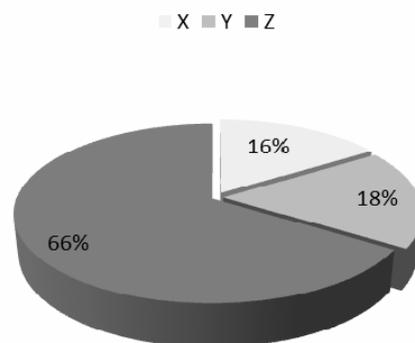


Рисунок 1 – Диаграмма распределения агрегатов методом XYZ анализа

Проведя анализ диаграммы метода XYZ следует, что большая часть запасов вошла в группу Z. Следовательно, большинство запасов агрегатов редко используются и не требуют столь частого контроля как запасные агрегаты группы X и Y.

Использование данного метода позволит контролировать наличие на складах наиболее востребованных запасных агрегатов, что снизит простой авиационной техники. Также для оптимального управления запасами агрегатов авиационной техники можно использовать и другие методы математического анализа и управления. Один из таких методов – это ABC анализ, который позволяет классифицировать запасные агрегаты по уровню значимости и риску.

Метод ABC [2, 3] – способ формирования и контроля за состоянием запасов, заключающийся в разделении номенклатуры N реализуемых товарно-материальных ценностей на три неравномоощных подмножества А, В и С на основании некоторого формального алгоритма.

ABC анализ основывается на принципе Парето, согласно которому 20 % запасных агрегатов отвечают за 80 % затрат на их закупку и хранение. Соответственно, основная цель ABC анализа – это, определение тех запасных агрегатов, которые необходимо закупать и хранить в первую очередь.

Зная затраты за весь период на одну деталь и общий расход бюджета на закупку деталей, можно узнать долю затрат на ту или иную запасную часть от всей суммы затрат [2, 3].

Дальнейшим действием является распределение запасных агрегатов на группы А, В и С. Распределение по подгруппам производится по следующим критериям:

- группа А – включает в себя детали, составляющие 80 % общих затрат;
- группа В – включает в себя детали, которые составляют 15 % от общих затрат;
- группа С – включает в себя детали, составляющие оставшиеся 5 % от общей суммы затрат.

В результате проведенного расчета методом ABC из 50 позиций было выделено 16 позиций группы А, что составило 32 % представленных деталей, составившие 80 % общих затрат.

В группу В вошли 18 позиций, которые составили 34 % процента от общего количества деталей, затраты на которые ушло 15 % затрат.

В группу С вошли оставшиеся 16 позиций, затраты которых составляют всего 5 % от общей суммы затрат на запасные агрегаты. Это говорит о то, что данная группа может храниться в минимальном количестве и реже всего контролироваться.

На рисунке 2 представлена диаграмма процентного распределения агрегатов по группам методом ABC анализа.

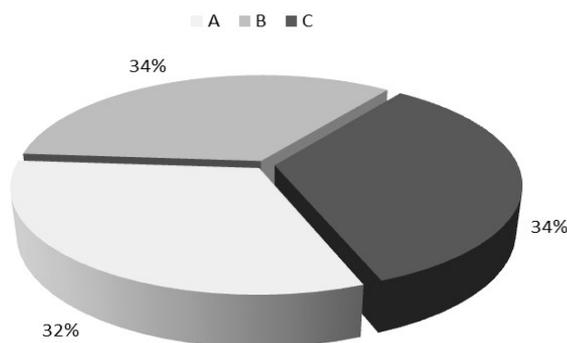


Рисунок 2 – Диаграмма распределения агрегатов методом ABC анализа

Из рисунка 2 видно, что распределение запасных агрегатов по группам практически равное. Однако затраты на данные группы запасных агрегатов имеют существенную разницу. Таким образом, ABC анализ позволяет оптимизировать управление запасами агрегатов и сократить затраты на их закупку и хранение.

Из вышеизложенного можно сделать вывод, что с учетом совершенствования уровня вычислительной техники и ее внедрения в повседневную деятельность, открываются новые возможности по оптимизации системы управления запасами агрегатов для АТ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рыжиков, Ю. И. Теория очередей и управление запасами / Ю. И. Рыжиков. – СПб. : Питер, 2001. – 384 с.
2. Богомолов, Д. В. Моделирование систем и процессов : учебное пособие / Д. В. Богомолов. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – 243 с.
3. Модели и методы теории логистики: учебное пособие / под ред. В. С. Лукипского. – СПб. : Питер, 2008. – 109 с.

УДК 53.072.001.57

К.А. Журавский, П.С. Костин, В.В. Дворников

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

**К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ
МАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА**

Полунатурное моделирование полета – это моделирование на пилотажном стенде с использованием элементов реальной кабины самолета. Применение такого метода моделирования применяется в тех случаях, когда не удается описать работу некоторых элементов системы математически, а именно управляющих действий летчика. Полунатурное моделирование позволяет удачно сочетать достоинства математического и натурального моделирования, что приводит к получению достоверных результатов моделирования.

Для проведения полунатурного моделирования необходимо иметь пилотажный стенд, в состав которого входят:

- макет кабины с командными рычагами управления;
- устройства электромеханической системы загрузки ручки управления самолетом и измерения усилий на ней [1];
- система визуализации закабинной обстановки;
- элементы информационно-управляющего поля кабины с индикацией на лобовом стекле;
- вычислители, сетевое и коммуникационное оборудование.

В состав информационно-управляющего поля кабины входят пилотажные приборы, мнемокадры многофункционального цифрового индикатора (МФИ), индикации на лобовом стекле (ИЛС) или на коллиматорном прицеле (КАИ), а также их имитационные модели. Такие элементы отображают полетную и навигационную информацию так же, как это реализовано на самолете. Описанию разработанной имитационной модели информационного поля кабины маневренного самолета посвящены тезисы доклада.

Имитационная модель информационного поля кабины (рисунок 1) представляет собой совокупность многофункциональных цифровых индикаторов и индикатора на лобовом стекле. Для создания имитационных моделей этих элементов был использован специальный редактор [2]. Ядром редактора является программный продукт векторной графики AdobeFlash [3], с использованием возможностей которого были реализованы следующие функции:

1) формирование имитационных моделей стрелочных, секторных, ленточных индикаторов, а также многофункциональных индикаторов для формирования информационно-управляющего поля кабин современных истребителей с целью их интеграции с вычислительным комплексом MatLab;

2) формирование имитационных моделей ИЛС с целью их интеграции с вычислительным комплексом MatLab, а также с различными системами визуализации закабинной обстановки.

3) обеспечение сетевого обмена информацией по широкополосному протоколу UDP для взаимодействия со сторонним программным обеспечением.

В работе разработаны имитационные модели многофункциональных индикаторов маневренного самолета с отображением на них двух мнемокадров [4]: «командно-пилотажная информация» и «общесамолетное оборудование» (рисунок 2).



Рисунок 1 – Информационное поле кабины

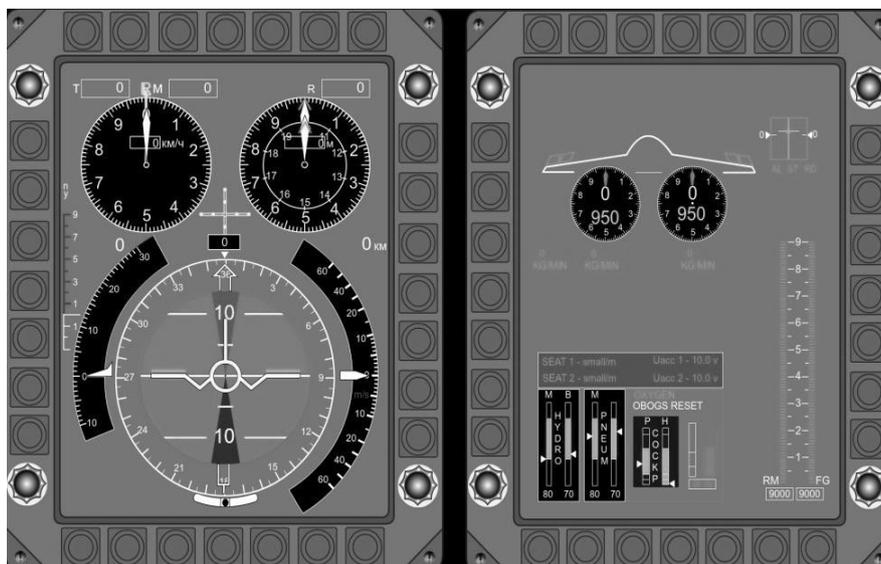


Рисунок 2 – Внешний вид многофункциональных индикаторов маневренного самолета с отображением на них мнемокадров «командно-пилотажная информация» и «общесамолетное оборудование»

Модели обоих многофункциональных индикаторов отображаются на мониторе, установленном в центральной части макета кабины пилотажного кадра. Формирование изображения осуществляется с использованием отдельного вычислителя, интегрированного в локальную сеть. Сетевой обмен информацией позволяет отображать все необходимые для

моделирования параметры в соответствии с их значениями, вычисляемыми в модели динамики полета в реальном масштабе времени.

Таким образом, разработанная имитационной модели информационного поля кабины маневренного самолета позволяет отобразить полетную и навигационную информацию так же, как это реализовано на маневренном самолете, что улучшает качество проведения полунатурного исследования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Официальный сайт производителя [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.Moog.com/products>. – Дата доступа: 05.09.2021.
2. Программный комплекс для создания имитационных моделей информационно-управляющего поля кабин летательных аппаратов: программа для ЭВМ: а. с. 2017614664 / Ю. О. Верещагин, Д. В. Верещиков, В. А. Волошин. – Оpubл. 25.04.2017.
3. Официальный сайт программного продукта AdobeFlash [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.adobe.com/products/animate.html>. – Дата доступа: 05.09.2019.
4. Самолет Як-130УБС: Аэродинамика и летные характеристики / Е. Д. Икрянников [и др.]. – М. : Машиностроение, 2015. – 348 с.

УДК 629.056.6

Е.Л. Ивановская, А.А. Санько

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА БЛОК ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ВЕРТИКАЛЬНОМ КАНАЛЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Все большую актуальность приобретает проблема повышения точности бесплатформенных инерциальных навигационных систем (БИНС). Воздействия на беспилотный летательный аппарат (БПЛА) случайных ветровых возмущений большой величины приводит к изменению кажущегося ускорения, абсолютной угловой скорости и значений углов ориентации (крен, тангаж, рыскание). Соответственно, точность работы БИНС по вычислению координат будет ухудшаться [1].

С целью получения математической зависимости среднеквадратического отклонения вычисленных координат БПЛА от условий полета, актуальным является вопрос исследования воздействий ветровых возмущений, действующих на блок чувствительных элементов навигационной системы в вертикальном канале БПЛА.

В ходе выполнения работы представлены результаты исследований воздействия ветровых возмущений, действующих на блок чувствительных элементов навигационной системы в вертикальном канале беспилотного летательного аппарата.

Результаты исследований основываются:

- на использовании разработанной математической модели ветра с учетом его порывистой части и ветра устойчивого направления, действующего на БПЛА в связанной системе координат;
- на нелинейной математической модели продольного движения БПЛА с учетом влияния основных нелинейностей элементов сервопривода автопилота на его выходной сигнал;
- на математических моделях навигационных датчиков БПЛА [2].

В результате исследований получена математическая зависимость аппроксимации среднеквадратического отклонения вычисленной широты места БПЛА от условий испытаний с учетом ветровых возмущений:

$$K\delta_\phi = a_0 + a_1V_a + a_2H + a_3V_6 + a_4V_a^2 + a_5H^2 + a_6V_6^2 + a_7V_aHV_6 + a_8V_a^2H^2V_6^2 + a_9e^{V_a} + a_{10}e^H + a_{11}e^{V_6}, \quad (1)$$

где $K = 1-e^{15}$.

Даются рекомендации по использованию полученной формулы с целью минимизации ошибки по координате.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Красовский, А. А. Системы автоматического управления полетом и их аналитическое конструирование / А. А. Красовский. – М. : Наука, 1973. – 558 с.
2. Павлов, Д. В. Разработка математической модели MEMS-акселерометра / Д. В. Павлов, К. Г. Лукин, М. Н. Петров // Вестник НовГУ. Сер.: Технические науки. – 2015. – № 8 (91). – С. 22–25.
3. Бараз, В. Р. Корреляционно-регрессионный анализ связи показателей коммерческой деятельности с использованием программы Excel : учеб. пособие / В. Р. Бараз. – Екатеринбург : ГОУ ВПО «УГТУ–УПИ», 2005. – 102 с.

УДК 629.7.067

С.С. Ивашков, Н.А. Савельев, А.А. Широ

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

К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ЛЕТЧИКА ПРИ ПОСАДКЕ

В докладе описывается применение математической модели летчика, основанной на нечеткой логике, для научно-методического сопровождения испытаний ЛА. На сегодняшний день представляется актуальным использование имитационных моделей управляющих действий летчика вследствие необходимости проведения большого количества летных испытаний. Невозможность в реальном полете выполнить большую часть задач пилотирования определяет применение таких моделей, которые в свою очередь позволяют сократить временные и материальные затраты. Основным требованием при моделировании является обеспечение адекватности полученных результатов. Адекватность результатов моделирования обеспечивается применением достоверных математических моделей ЛА.

Сегодня широко используются несколько подходов к моделированию управляющих действий летчика: структурный, нейросетевой, квазилинейный и подход с применением нечеткой логики. При рассмотрении последней, возникает проблема проведения множественных реализаций целевой задачи пилотирования, при ограниченном количестве людских и временных ресурсов [1].

Для решения этой проблемы предлагается использование математической модели управляющих действий летчика, основанной на нечеткой логике (нечеткая модель) при научно-методическом сопровождении испытаний. Математическая формализация такой модели представляется в виде

$$X_{\text{РУС}} = \int F_{X_{\text{РУС}}}(\Delta p_L, dp_L / dt) dt = \int (dX_{\text{РУС}} / dt) dt, \quad (1)$$

где $X_{\text{РУС}}$ – перемещение ручки управления самолетом (РУС); p_L – параметр, по которому летчик осуществляет управление при решении определенной задачи пилотирования (перегрузка, угол крена, вертикальная скорость и т. д.); $F_{X_{\text{РУС}}}(\Delta p_L, dp_L / dt)$ – нечеткая

функция, которая преобразует сигналы рассогласования между заданным и текущим параметром $\Delta r_{л}$ и скорости изменения этого параметра $dr_{л}/dt$ в скорость перемещения ручки управления самолетом $dX_{руч}/dt$.

Для создания нечетких моделей управляющих действий летчика разработана методика, включающая в себя следующие этапы:

- формирование банка данных управляющих действий летчика при выполнении задачи пилотирования и его предварительный анализ (реальные полеты и/или полунатурное моделирование);

- формирование fuzzy-модели 1-го приближения по результатам анализа банка данных;

- формирование обучающей выборки из банка данных («средний», «лучший», «конкретный» летчик);

- «обучение» fuzzy-модели 1-го приближения по обучающей выборке;

- выполнение нечеткой моделью летчика задачи пилотирования;

- сравнение и анализ результатов, полученных при выполнении нечеткой моделью задачи пилотирования с результатами пилотирования летчиком.

Недостатком нечетких систем является отсутствие стандартной методики конструирования нечетких систем.

Основные преимущества:

- возможность оперировать нечеткими входными данными, изменяющимися во времени;

- возможность проведения качественных оценок и анализа входных данных и выходных результатов;

- возможность проведения быстрого моделирования сложных систем и их сравнительный анализ с заданной степенью точности (оперируя принципами поведения системы, описанными Fuzzy-методами, без трат большого количества времени на выяснение точных значений переменных и составление описывающих уравнений).

Недостатками нейронных сетей являются:

- отсутствие объяснительной компоненты;

- большое время обучения;

- трудность формирования топологии сети;

- необходимость достаточной обучающей выборки.

Недостатками структурного подхода являются:

- модель представляет упрощенное видение реально существующих объектов или систем;

- учитываются только основные свойства и взаимосвязи элементов;

- описывает статические связи и взаимодействия между элементами объекта, но не учитывает временные изменения и динамику происходящих процессов.

Недостаток квазилинейного подхода заключается в том, что эффективность во многом определяется удачным или неудачным выбором стартового приближения.

Вывод

В докладе представлен подход к процессу научно-методического сопровождения летных испытаний путем моделирования динамики полета самолетов с использованием нечеткой модели действий летчика. Для моделирования задачи управляющих действий летчика при посадке будет разработана модель с применением теории нечеткой логики, которая позволяет достаточно легко получать адекватные модели управляющих действий летчика и экспериментальные данные посредством имитационного моделирования без участия летчиков-операторов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ 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.

УДК 355.23

О.А. Конопелько, Д.Г. Буянов, Н.С. Земляков

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ФОРМУЛИРОВКА НАЧАЛЬНЫХ И ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ЗАДАЧИ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ АВИАЦИОННЫХ Артиллерийских ствол

При решении задачи повышения живучести стволов высокотемпных артиллерийских систем в боевых условиях необходимо знать их температурный режим работы, который, главным образом, определяет степень их термопластического износа.

Система дифференциальных уравнений теплопроводности характеризует пространственно-временное изменение температуры в стенке артиллерийского ствола. Для изучения процесса циклического нагрева стволов высокотемпных артиллерийских систем, имеющих сложную геометрическую форму и работающих при динамическом воздействии на них высоких температур за достаточно короткий промежуток времени, необходимо систему дифференциальных уравнений теплопроводности дополнить специфическими для данного явления условиями. К ним относятся: форма ствола, его размеры и конструктивные особенности, теплофизические свойства материала ствола, начальные и граничные условия. Совокупность перечисленных элементов называется условиями однозначности [1]. Таким образом, условия однозначности подразделяются на геометрические, физические и краевые, характеризующие особенности протекания процесса циклического нагрева артиллерийского ствола в начальный момент времени (начальные условия) и на границах расчетной области (граничные условия).

Начальные условия определяются заданным распределением температурного поля ствола для любого момента времени τ , предшествующего рассматриваемому и принимаемому за начальный момент времени $\tau = 0$. Уравнение температурного поля для этого случая запишется в виде

$$T(r, x) = T_0(r, x), \quad (1)$$

где $T_0(r, x)$ – начальное температурное поле ствола; $T(r, x)$ – текущее температурное поле ствола; r – координата, определяющая распределение температуры в радиальном направлении ствола; x – координата, определяющая распределение температуры в продольном направлении ствола.

Граничные условия определяют взаимодействие тела с окружающей средой и для однородных тел, к которым относится и артиллерийский ствол, могут быть заданы условиями первого, второго, третьего и четвертого рода [2]. Так, артиллерийский ствол является не теплоизолированным, поэтому при решении задачи его нестационарной теплопроводности граничные условия можно задать в виде температуры окружающей среды и законов теплообмена между этой средой и поверхностью ствола, в зависимости от его конструктивных параметров и условий работы (условия третьего рода).

Сформулируем граничное условие на казенном срезе ствола, где происходит его непосредственный контакт с агрегатами оружия, которые являются сосредоточенной теплоемкостью. Тогда граничное условие на казенном срезе ствола, выражающее уравнение теплового баланса (условие четвертого рода) будет иметь вид

$$\lambda_1^{(A)} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \lambda_w^{(C)} \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0}, \quad (2)$$

где λ – коэффициент теплопроводности материала ствола; λ_1 – коэффициент теплопроводности материала агрегатов оружия; $T_w^{(A)}$ – температура агрегатов оружия на казенном срезе ствола; $T_w^{(C)}$ – температура ствола на казенном срезе.

Для каждой точки внутренней поверхности нарезной части ствола граничное условие, в котором входящие величины зависят от времени τ и координаты x , запишем в виде

$$\alpha_{\text{гс}}(x) [T_{\text{г}}(\tau) - T_w(x, \tau)] = -\lambda \frac{\partial T_w}{\partial r}, \quad (3)$$

где $\alpha_{\text{гс}}$ – коэффициент теплоотдачи от порохового газа к внутренней стенке ствола; $T_{\text{г}}$ – температура порохового газа; T_w – температура внутренней поверхности канала ствола.

Граничное условие для каждой точки внешней поверхности ствола, на которой действует конвективный тепловой поток, запишем аналогично уравнению (3).

$$\alpha_{\text{вс}}(x) [T_{\text{в}}(\tau) - T_w^*(x, \tau)] = -\lambda \frac{\partial T_w^*}{\partial r}, \quad (4)$$

где $\alpha_{\text{вс}}$ – коэффициент теплоотдачи от внешней стенки ствола к окружающему воздуху; T_w^* – температура внешней поверхности ствола.

На дульном срезе ствола, будем полагать, действует конвективный тепловой поток. Тогда уравнение (4) для периода выстрела запишется в виде

$$\alpha_{\text{гс}}(r) [T_{\text{г}}(\tau) - \bar{T}_w^*(r, \tau)] = -\lambda \frac{\partial \bar{T}_w^*}{\partial x}, \quad (5)$$

где \bar{T}_w^* – температура поверхности ствола на дульном срезе.

Для периода времени между выстрелами (период перезарядки оружия) уравнение (5) будет иметь вид

$$\alpha'_{\text{гс}}(r) [T'_{\text{г}}(\tau) - \bar{T}_w^*(r, \tau)] = -\lambda \frac{\partial \bar{T}_w^*}{\partial x}, \quad (6)$$

где $\alpha'_{\text{гс}}$ – коэффициент теплоотдачи остаточных пороховых газов к внутренней поверхности ствола.

Для получения наиболее точного решения задачи по определению температурного поля ствола необходимо учитывать влияние гильзы, находящейся во время выстрела в патроннике. Поскольку гильза под действием силы давления пороховых газов плотно прижимается к стенке патронника, то можно принять допущение о том, что такой контакт является идеальным, то есть перенос тепла осуществляется только посредством теплопроводности. Учитывая, что толщина стенки гильзы сравнительно мала, можно считать, что она мгновенно прогревается до температуры, равной температуре пороховых газов в течение всего периода выстрела. На основании этого граничное условие на поверхности патронника в точках непосредственного контакта гильзы со стенкой ствола запишется в виде условия первого рода

$$T_w^{(\Pi)}(\tau) = T_{\text{г}}(\tau), \quad (7)$$

где $T_w^{(\Pi)}$ – температура поверхности патронника.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Тихонов, А. Н. Уравнения математической физики / А. Н. Тихонов. – М. : Наука, 1981. – 180 с.
2. Беляев Н. М. Методы теории теплопроводности / Н. М. Беляев, А. А. Рядно. – М. : Высшая школа, 1982. – 150 с.

УДК 629.3.054.6

А.И. Кириленко, М.Ю. Ганчаров

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА АВИАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ. ОБЛЕДЕНЕНИЕ ВС. БАЛАНС ТЕПЛА ОБЛЕДЕНЕВАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

Гололедица и обледенение на поверхности воздушных судов может изменять их аэродинамические характеристики и поведение в воздухе. Это может привести к аварийным ситуациям и авариям, особенно при взлете и посадке. Изучение и предотвращение обледенения играют важную роль в обеспечении безопасности полетов и разработке и совершенствовании антиобледенительных систем и технологий.

Проблема моментального обледенения воздушных судов остается серьезной проблемой и требует постоянного внимания и совершенствования технологий и процедур для ее решения. Современные методы и технологии позволяют значительно снизить риски и обеспечить безопасность полетов. Важно продолжать исследования и инновации в этой области для повышения надежности и безопасности авиации.

Обледенение ВС происходит в результате взаимодействия между влагой в атмосфере и холодными поверхностями самолета, что может изменить аэродинамические характеристики. Гипотеза предполагает, что существуют определенные метеорологические условия и характеристики поверхности ВС, которые способствуют обледенению, и что разработка антиобледенительных технологий и процедур может предотвратить или устранить этот процесс, обеспечивая безопасность полетов в разнообразных климатических условиях. Эта гипотеза является основой для многих исследований и разработок в области предотвращения и управления обледенением ВС. Она подразумевает, что существуют определенные факторы, такие как метеорологические условия и характеристики ВС, которые играют роль в образовании льда на поверхности ВС. Разработка антиобледенительных систем и процедур направлена на проверку и подтверждение этой гипотезы, а также на разработку средств для минимизации рисков, связанных с обледенением [4].

В 1721 году Даниэль Габриэль Фаренгейт наполнил водой стеклянный шар с выводной трубкой, затем вскипятил воду, быстро запаял выводную трубку и выставил шар на ночь на пятнадцатиградусный мороз. Утром следующего дня он обнаружил воду в шаре в жидком состоянии. Но как только он отломил запаянный конец выводной трубки, чтобы вылить воду, но вода очень быстро замерзла. Сначала экспериментатор приписал это явление действию проникшего воздуха, но позднее заметил, что замерзание воды происходит от сотрясения, например при встряхивании запаянного шара. Описанное состояние переохлажденной жидкости было названо метастабильным [3].

В облаках капли воды остаются в жидком состоянии при температуре $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ в течение часов и даже суток. (А в лабораторных условиях удается получить жидкую воду, охлажденную ниже $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$.) И когда самолеты стали летать все выше и выше и попадать в переохлажденные облака, пилоты столкнулись с новым грозным явлением обледенением летательного аппарата [3].

Оказывается, дело в том, что для замерзания недостаточно переохлаждения. Нужны еще ядра кристаллизации. Этими ядрами могут быть и молекулы самой воды, которые

выстроились в определенном порядке, но это процесс случайный и тем менее вероятный, чем меньше переохлаждение [3].

Баланс тепла обледеневающей поверхности. Рассмотрим подробно тепловые потоки, направленные к поверхности и от нее при установившемся процессе обледенения, когда считать постоянными t_s – температуру обледеневающей поверхности, t_0 – температура воздуха, u_∞ – скорость движения. Все приводимые ниже соотношения отнесены к соответствующим плотностям тепловых потоков [1].

1. Плотность теплового потока, вызванного отклонением температуры поверхности t_s от равновесной адиабатической $t_{ад}$ равна

$$q_1 = \alpha \left(\frac{u_\infty^2}{2Jc_p} + t_0 - t_s \right), \quad (1)$$

где α – коэффициент теплоотдачи, Дж/(м²·с·К); u_∞ – скорость невозмущенного потока, м/с; c_p – теплоемкость воды, Дж/(К·кг); J – механический эквивалент тепла, кг·м²/с²·Дж; t_0 – температура невозмущенного потока (облака), К; t_s – температура поверхности, К; q_1 – плотность теплового потока, Дж/м²·с [1].

2. Плотность теплового потока, вызванного выделением скрытой теплоты замерзания оседающей воды равна

$$q_2 = m_b L_3, \quad (2)$$

где m_b – масса воды, оседающая на единице поверхности в единицу времени, кг/(м²·с); L_3 – скрытая теплота замерзания льда при 0°, Дж/кг. Соотношение (1) справедливо в тех случаях, когда $t_s < 0$ и можно считать, замерзает вся осевшая вода [1].

3. Плотность теплового потока, вызванная переходом кинетической энергии капель в тепловую, при их ударе, поверхность выражается соотношением

$$q_3 = \frac{m_b u_\infty^2}{2J} \mu. \quad (3)$$

Здесь μ – некоторый коэффициент, характеризующий тот факт, что оседающая на поверхность вода отдает этой поверхности только часть своей первоначальной кинетической энергии. Будем полагать $\mu = 1$, тем самым несколько завышая член q_3 , т. е. не будем учитывать ту долю энергии, которая уносится безвозвратно воздушным потоком; иными словами, будем полагать, что

$$q_3 = \frac{m_b u_\infty^2}{2J}. \quad (4)$$

Такое предположение не вносит заметных количественных изменений, ибо оценка показывает, что даже в виде (2) q_3 меньше других членов в сотни раз [1].

4. Тепловой поток, вызванный охлаждением льда от 0° до температуры поверхности t_s , имеет плотность равную

$$q_4 = m_l c_l (0 - t_s) = -m_l c_l t_s, \quad (5)$$

где m_l – масса льда замерзающего в единицу времени на единицу поверхности, кг/(м²/с). c_l – теплоемкость льда при 0°, Дж/(кг·К). При $t_s < 0^\circ$, как отмечалось в пункте (2), замерзает

вся осевшая вода и, следовательно, $m_{\text{в}} = m_{\text{л}}$. Ряд факторов способствует также и отводу тепла с поверхности [1].

5. Плотность теплового потока, отводимого на нагревание переохлажденной воды от температуры t_0 до 0° , определяется выражением [1].

$$q_5 = m_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} (0 - t_s) = -m_{\text{в}} \cdot c_{\text{в}} \cdot t_0. \quad (6)$$

6. Наконец, испарение (или сублимация) льда с поверхности, вызванное разностью упругостей насыщения водяного пара над обледеневающей поверхностью и в невозмущенном облаке приводит к поглощению (или выделению) тепла. Плотность такого теплового потока можно записать в виде

$$q_6 = \pm m_i L_{\text{суб}}, \quad (7)$$

где $L_{\text{суб}}$ – скрытая теплота испарения при $t = 0^\circ$, Дж/кг; m_i кг/(м²/с) строгое определение величины, является довольно сложной задачей, следовательно и q_6 также, чем, видимо, и объясняется тот факт, что большинство расхождений в расчетах различных авторов при вычислении величины q_6 . Мы не будем останавливаться на причинах, приведших некоторых авторов к явно ошибочным результатам – частично они рассмотрены в работе В. Е. Минервина [1].

Обледенение представляет серьезную угрозу безопасности полетов, поскольку лед может изменять аэродинамические характеристики ВС и снижать производительность. Исследование баланса тепла на обледеневающей поверхности является ключевым аспектом для понимания и предотвращения обледенения [2].

Баланс тепла на обледеневающей поверхности включает в себя взаимодействие между тепловыми потоками, которые приводят к образованию и распределению льда. Важно понимать, какие факторы влияют на этот баланс, чтобы разработать эффективные системы предотвращения и удаления льда. Тепловые потоки: Баланс тепла на обледеневающей поверхности зависит от входящих и исходящих тепловых потоков. Входящие потоки включают радиационные, конвективные и кондуктивные тепловые потоки [2].

Метеорологические условия. Температура воздуха, влажность и скорость ветра существенно влияют на баланс тепла. Высокая влажность и низкие температуры способствуют образованию льда. Состояние поверхности ВС: Рельеф и химические свойства поверхности ВС также важны для баланса тепла. Гладкая поверхность с антиобледенительными покрытиями может уменьшить обледенение [2].

Теплообмен с окружающей средой. Эффективное теплообменное воздействие на борту ВС, включая использование двигателей и антиобледенительных систем, играет ключевую роль в предотвращении обледенения [2].

Технологические решения. Современные технологии включают в себя системы нагрева поверхности ВС, антиобледенительные жидкости и системы управления теплообменом для баланса тепла [2].

Обучение и подготовка экипажей. Экипажи ВС должны быть обучены тому, как обнаруживать и справляться с обледенением во время полета. С учетом этих результатов исследований, разработаны и усовершенствованы антиобледенительные системы и процедуры, которые снижают риски обледенения и обеспечивают безопасность полетов в условиях низких температур и влажности. Баланс тепла на обледеневающей поверхности остается ключевым элементом в обеспечении безопасности авиации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мазин, И. П. Физические основы обледенения самолетов / Мазин И. П. – М. : ГИМИЗ, 1957. – 280 с.

2. Лебедев, Н. В. Борьба с обледенением самолетов / Н. В. Лебедев. – М. : Издательство Оборонгиз, 1967. – 210 с.
3. Метастабильные капли и обледенение самолета / А. Стасенко [и др.]. – М., 2005. – 150 с.
4. Обледенение воздушного судна [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/>. – Дата доступа: 24.10.2023.

УДК 517.977

В.А. Малкин

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

МЕТОД НЕГРАДИЕНТНОГО СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА В ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ

Рассматривается задача синтеза управления реактивным снарядом на пассивном участке движения в атмосфере, при котором обеспечивается полет на максимальную дальность. Задача является актуальной при разработке реактивных систем, в которых необходимо обеспечить максимальную дальность полета снаряда при заданных ограничениях на импульс реактивного двигателя. Характерные особенности, определяющие постановку и решение данной задачи:

– сравнительно низкое аэродинамическое качество управляемой ступени снаряда, не обеспечивающее эффективное управление на больших высотах и требующее больших углов атаки на средних и малых высотах;

– отсутствие маршевого двигателя и, как следствие, интенсивное гашение скорости полета на больших углах атаки, что не позволяет решить задачу путем обеспечения полета по траектории, близкой к горизонтальной.

Предполагается, что первая ступень с реактивным двигателем обеспечивает полет снаряда по баллистической траектории с заданным начальным углом пуска Θ_n . На этом участке траектории в заданной точке осуществляется разделение ступеней. Вторая ступень снаряда управляется с помощью аэродинамических рулей. Начало управляемого участка полета задается значением угла наклона траектории Θ_0 . Требуется найти закон изменения нормального (управляющего) ускорения снаряда в вертикальной плоскости $U_v(t)$, при котором дальность отлета от точки начала управления будет максимальной.

Для определения функции оптимального программного управления использован принцип максимума Понтрягина [1].

На пассивном участке полета траектория плоского движения снаряда будет определяться действием управляющей аэродинамической силы, силы аэродинамического сопротивления и силы тяжести. Результатом действия этих сил будет изменение модуля вектора скорости V и угла наклона траектории Θ .

Исходя из условия задачи критерием оптимальности будет являться дальность полета:

$$W = D_0 = \int_{t_0}^T V \cos \Theta dt, \quad (1)$$

где T – некоторый фиксированный момент времени, например время, при котором высота полета будет равна нулю; t_0 – время начала управления.

Таким образом, задача оптимального управления ставится следующим образом: требуется найти такое программное управление объектом, принадлежащее заданной области Ω_u , при котором значение дальности полета на управляемом участке будет максимальной

$$U_B(t) = \arg \max_{U_B \in \Omega_U} W.$$

В соответствии с принципом максимума Понтрягина для определения оптимального управления находится гамильтониан вида

$$H = \sum_{i=0}^2 f_i y_i = -x_1 \cos x_2 - \left[\left(\beta_1 + \frac{U_6^2}{\beta_2} \right) + g \sin x_2 \right] y_1 + \frac{(U_6 - g \cos x_2)}{x_1} y_2, \quad (2)$$

где x_i , $i = 1, 2, 3$ – решение основной системы уравнений; y_i , $i = 1, 2, 3$ – решение сопряженной системы, удовлетворяющее условию $\dot{y}_i = -\sum_{j=1}^3 \frac{\partial f_j}{\partial x_i} y_j$, $y_i(T) = y_{iT}$, $i = 1, 2, 3$.

Согласно принципу максимума Понтрягина, необходимым условием решения задачи оптимизации является такая функция $U_B(t)$, для которой гамильтониан (2) принимает максимальное значение. В открытой области управлений максимальное значение гамильтониана достигается при условии $\frac{\partial H}{\partial U_B} = 0$. Без учета ограничения на управляющее ускорение оптимальное управление определяется соотношением

$$U_{во} = \frac{1}{2} \beta_2 \frac{y_2}{x_1 y_1}. \quad (3)$$

Из соотношения (3) следует, что для определения оптимального управления необходимо знать фазовые переменные x_1 , y_1 и y_2 , которые могут быть получены путем совместного решения основной и сопряженной систем уравнений. Существенной проблемой, возникающей при применении принципа максимума Понтрягина, является необходимость решения двухточечной краевой задачи, сущность которой заключается в том, что для основной системы известными являются начальные условия интегрирования, а для сопряженной – конечные.

Предлагается способ решения двухточечной краевой задачи путем отыскания начальных значений сопряженной системы методом неградиентного случайного поиска (НСП). Метод НСП заключается в случайном выборе начальных значений вектора сопряженной системы $Y(t_0)$ из некоторой области G_0 (рисунок 1), численном решении основной и сопряженной систем уравнений и последующей статистической обработке результатов [2].

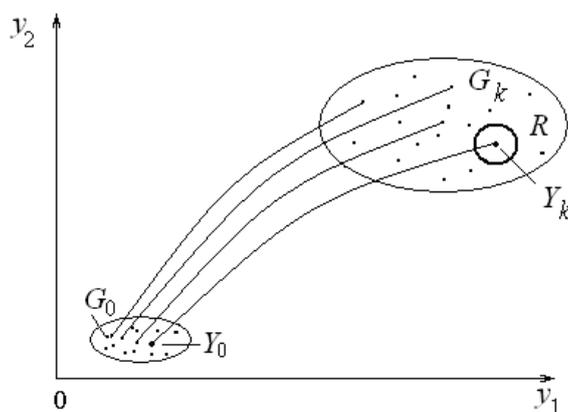


Рисунок 1 – Выбор начальных условий методом НСП

При выполнении N циклов интегрирования основной и сопряженной систем уравнений запоминаются только те значения вектора $Y(t_0)$, при которых обеспечивается попадание вектора $Y(T_0)$ в заданную область G_{0k} , содержащую требуемое конечное значение Y_k (событие Θ). В результате статистической обработки координат y_{0i} , удовлетворяющих событию Θ , определяются оценки их математического ожидания m_i^Θ и среднеквадратического отклонения σ_i^Θ . Для следующего цикла интегрирования начальные значения координат сопряженной системы определяются по формуле:

$$y_{0i}(k+1) = m_i^\Theta(k) + \sigma_i^\Theta(k) e_r, \quad i = 0, 1, 2, \quad (4)$$

где e_r – центрированная равномерно распределенная случайная величина с единичной дисперсией.

В качестве границы области G_{0k} выбиралась сфера с центром в точке Y_k и заданным радиусом R . Окончание решения задачи выполняется по условию $R < R_{\text{треб}}$. Структурная схема алгоритма определения начальных условий сопряженной системы методом НСП представлена на рисунке 2.

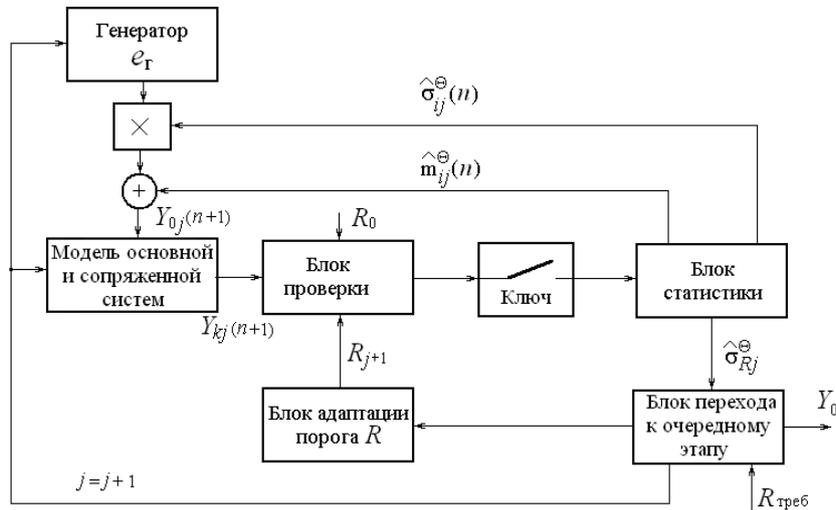


Рисунок 2 – Структурная схема алгоритма определения начальных условий сопряженной системы

При проведении численного эксперимента моделировался управляемый полет снаряда, начальные значения фазовых координат которого V_0 , Θ_0 и высоты H_0 соответствовали некоторой точке баллистической траектории (точке начала управления). В процессе моделирования определялись фазовые координаты основной и сопряженной систем, вид оптимального программного управления $U_b(t)$, а также координаты снаряда в вертикальной плоскости (высота H и дальность управляемого полета D).

В результате применения итерационной процедуры НСП получено оптимальное программное управление, представляет собой гладкую унимодальную функцию, которая достаточно точно описывается выражением

$$U_b(t) = U_{\max} \exp \left[-\frac{(t-t_m)^2}{a^2} \right], \quad (5)$$

где U_{\max} – максимальное значение управляющего ускорения; t_m – временная задержка максимума управляющего воздействия по отношению к началу управления; a – параметр, характеризующий ширину управляющей функции.

Траектории полета снаряда в вертикальной плоскости, соответствующие различным видам функции управления, представлены на рисунке 3. Траектория 1 является баллистической ($U_b(t) = 0$), траектория 2 соответствует оптимальному управлению (5), траектория 3 – управляющему воздействию в виде прямоугольного импульса с амплитудой $U_i = U_{\max}$ и длительностью, равной ширине управляющей функции (5) по уровню $0,707U_{\max}$.

Анализ траекторий, приведенных на рисунке 3, свидетельствует, что дальность полета снаряда при воздействии импульсного управления соответствует $D_{и} = 1,31D_б$, где $D_б$ – дальность полета по баллистической траектории при тех же начальных условиях пуска. Использование управления в виде функции (5) обеспечивает при тех же условиях дальность полета $D_0 = 1,49D_б$, что на 14 % больше, чем при воздействии импульсного управления.

Приведенные результаты позволяют оценить потенциальные возможности управляемого аэродинамического объекта по достижению максимальной дальности полета.

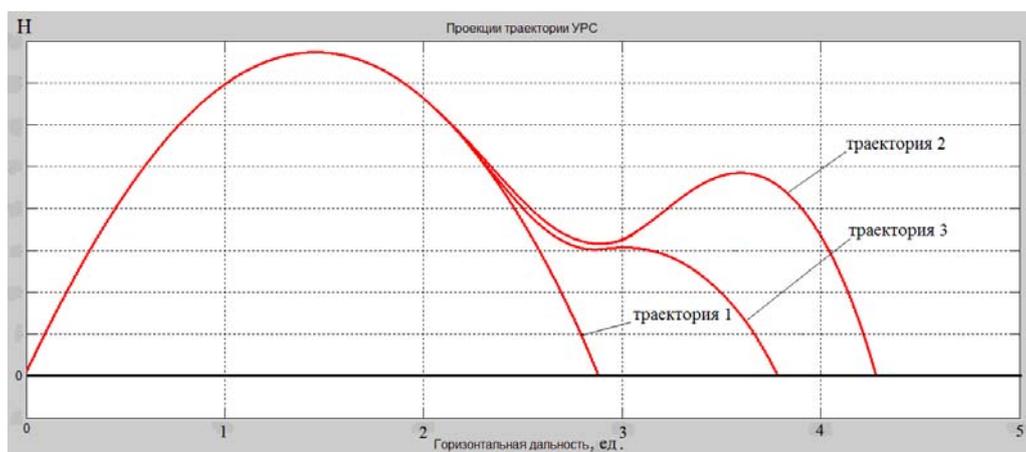


Рисунок 3 – Траектории снаряда для различных законов изменения управляющей перегрузки

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пупкова, К. А. Методы классической и современной теории автоматического управления / под ред. К. А. Пупкова, Н. Д. Егупова. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2004. – Т. 4 : Теория оптимизации САУ. – 656 с.
2. Казаков, И. Е. Методы оптимизации стохастических систем / И. Е. Казаков, Д. И. Гладков. – М. : Наука, 1987. – 304 с.
3. Малкин, В. А. Решение двухточечной краевой задачи методом неградиентного случайного поиска / В. А. Малкин // Системный анализ и прикладная информатика. – 2016. – № 1. – С. 29.

УДК 621.313.629.73

А.Г. Капустин, А.В. Махов

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

НЕЙРОННЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ АВИАЦИОННОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА

В настоящее время в системах регулирования напряжения генераторов в основном применяются аналоговые регуляторы, реализующие П-и частично ПИД законы управления. Такие регуляторы, используя принцип управления по отклику и на сегодняшний день, если не достигли, то уже значительно приблизились по таким показателям, как точность и

быстродействие к своим предельным возможностям. Дальнейшая модернизация систем управления напряжением генераторов возможна при переходе на новые принципы регулирования и схемные решения. В последнее время ведутся работы по разработке и исследованию систем управления на основе цифровых ПИД-регуляторов и интеллектуальных систем регулирования [1, 2].

На рисунке 1 представлена разработанная имитационная модель системы управления напряжением авиационного синхронного генератора с применением нейронной сети. Сеть реализована блоком Neural Network [1]. Simout и simout1 массивы данных нейронной сети. Обучение нейронной сети инициируется командой $t = [\text{simout}]'$. Для снятия параметров обучающей выборки использованы блоки To Workspace из библиотеки Simulink.

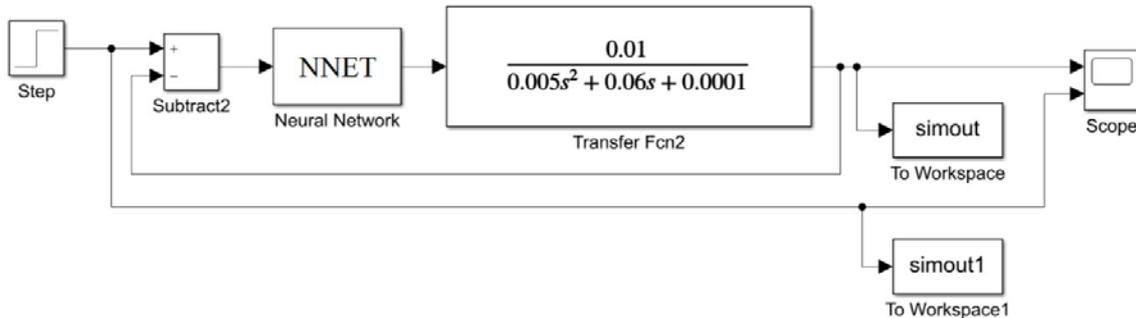


Рисунок 1 – Виртуальная модель совместной работы нейронных сетей

Исследования проводились на основе созданной трехслойной нейронной сети разрабатываемого регулятора напряжения авиационного генератора (рисунок 2).

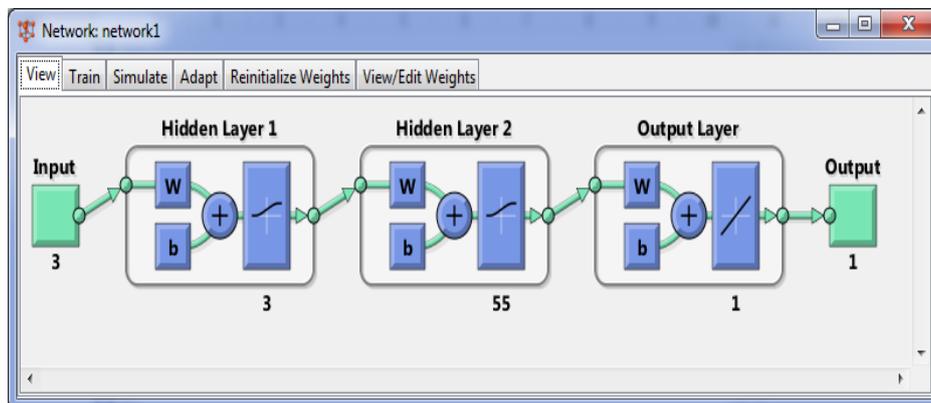


Рисунок 2 – Структурные схемы созданной нейронной сети в среде Simulink

Первый слой Hidden Layer 1 (рисунок 2) имеет 3 нейрона, которые представляют значение выходного напряжения генератора, значение производной выходного напряжения и значение тока нагрузки (для каждого значения используется один нейрон). Второй слой Hidden Layer 2 (рисунок 2) имеет 55 нейронов и связан синаптическими связями с первым и третьим слоем. Связи регулируются изменением весовых коэффициентов w в сети [2]. Третий слой Output Layer (рисунок 2) имеет 1 нейрон (значение тока возбуждения генератора).

Обучение нейронной сети выполнено с помощью алгоритма Левенберга-Марквардта. Разработанная нейронная сеть на основании обратного распространения среднеквадратической ошибки, при задании эталонных входных и выходных значений, с течением времени, вносит поправки (проводит подстройку) в структуру модели, тем самым осуществляя обучение сети. На рисунке 3 отображен процесс обучения нейронной сети, где обозначено: 1 (Train) – учитель, 2 – обучение нейронной сети с использованием первичной настройки весов нейронов, 3 – обученная нейронная сеть, 4 – требуемые выходные параметры сети.

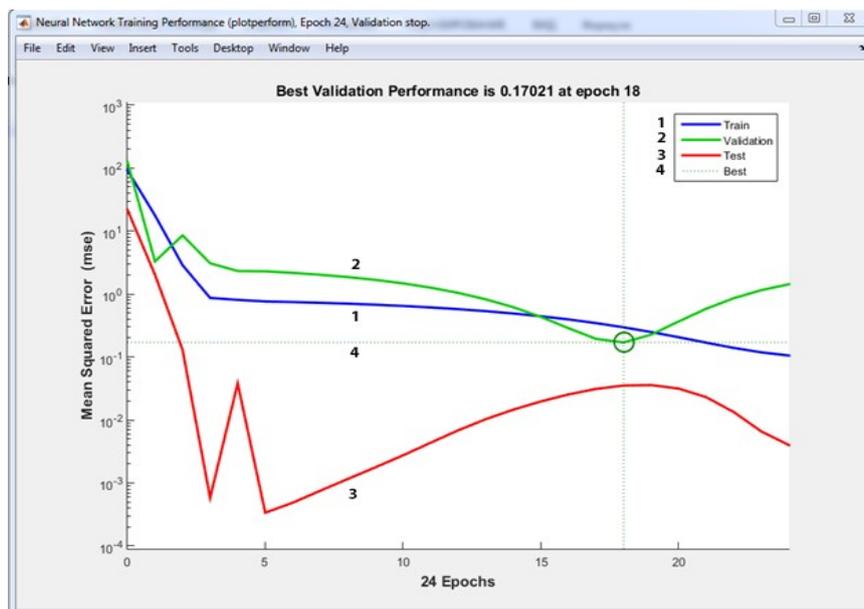
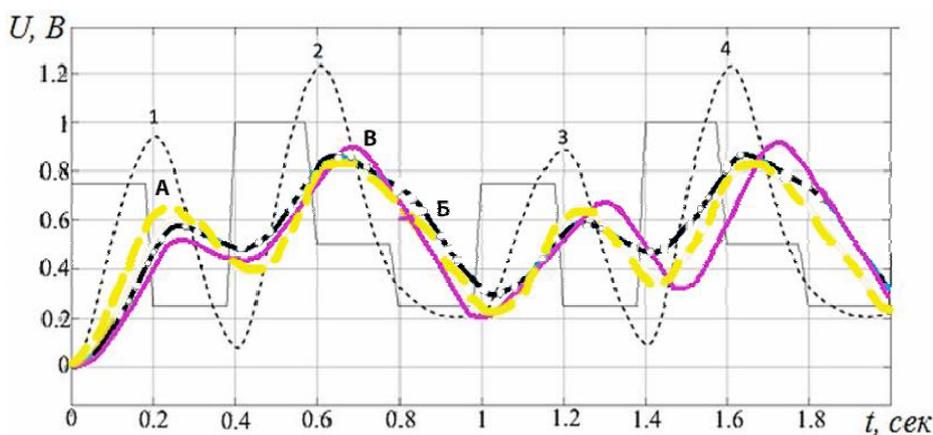


Рисунок 3 – График обучения нейронной сети

Анализ процесса обучения (см. рисунок 3) показал, что при выполнении 18 цикла достигается желаемый результат – сеть обучена. После этого возможно проводить исследование эффективности работы регулятора напряжения с использованием нейронной сети в среде *Matlab & Simulink*.

Для оценки эффективности работы нейронного регулятора напряжения в сравнении с ПИД-регулятором (аналоговым) и регулятором на основе нечеткой логики выполнено имитационное моделирование работы (процесс регулирования напряжения) вышеперечисленных регуляторов при действии периодических возмущений (рисунок 4, периоды возмущений 1, 2, 3, 4).



пунктирная линия – аналоговый ПИД-регулятор;
 А – нейронный регулятор; Б – цифровой ПИД-регулятор; В – нечеткий регулятор

Рисунок 4 – График периодических возмущений

Эффективность работы регуляторов оценивалась по двум параметрам: величине перерегулирования и времени регулирования. Анализ процессов регулирования показал, что наиболее перспективным с точки зрения устойчивости к возмущениям в сравнении с остальными является нейронный регулятор напряжения. Аналоговый ПИД-регулятор значительно уступает двум другим, как по величине перерегулирования, так и по времени регулирования.

Результаты имитационного моделирования регуляторов напряжения при изменении тока нагрузки от 0 % до 160 % приведены на рисунке 5.

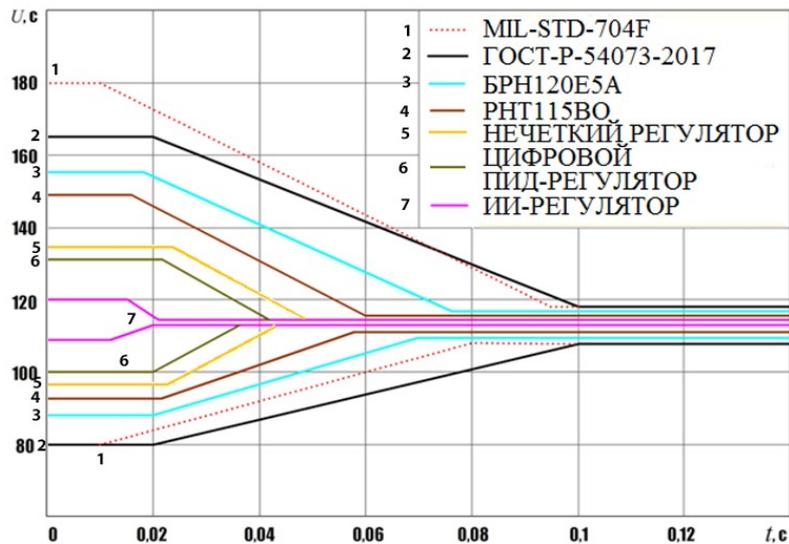


Рисунок 5 – Значения ступенчатых характеристик регуляторов напряжения

Анализ результатов моделирования показал, что:

- нейронный регулятор напряжения позволяет сократить величину перерегулирования на 77,8 % относительно аналогового ПИД-регулятора;
- энергетические затраты нейронного регулятора напряжения, оцениваемые по критерию обобщенной работы относительно аналогового ПИД-регулятора, составляют 1/11175,5 о. е.;
- в нейронном регуляторе напряжения степень затухания колебаний выше в 4,3 раза по сравнению с аналоговым ПИД-регулятором;
- время регулирования нейронного регулятора напряжения в отличии от аналогового ПИД-регулятора меньше на (4–6) %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Медведев, В. С. Нейронные сети. MATLAB 6 / В. С. Медведев ; под общ. ред. к. т. н. В. Г. Потемкина. – М. : ДИАЛОГ-МИФИ, 2002. – 496 с.
2. Карнаухов, Н. С. Синтез и анализ оптимального закона динамической коррекции напряжения системы генерирования электроэнергии переменного тока / Н. С. Карнаухов, А. Г. Капустин // Перспективные информационные технологии : сб. науч. трудов Международ. научно-технич. конфер., 28–30 апреля 2015 г. – Самара : СГАУ им. академика С. П. Королева, 2015. – Т. 2. – 424 с.

УДК 519.85

Ю.О. Жуков, Н.В. Стручков, Д.А. Богданов

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

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Инженерно-авиационное обеспечение можно рассматривать как сложную организационно-техническую систему, которая представляет собой совокупность авиационной техники, средств ее эксплуатации, инженерно-технического состава и которая устанавливает правила взаимодействия всех элементов системы.

Эта концепция рассмотрения инженерно-авиационного обеспечения как сложной организационно-технической системы как бы предполагает, что достаточно единожды определить границы, элементы и связи этой системы, так это и будет в процессе функционирования. Однако реальная практика показывает, что просто констатации наличия системы недостаточно. Нужны подходы, механизмы реализации системы в виде модели. Для координации всех видов деятельности, прогнозирования состояний и планирования материально-технического обеспечения.

Для подготовки воздушных судов (ВС) к применению, специалистами инженерно-авиационной службы (ИАС) используются средства аэродромно-технического обеспечения, контрольно-проверочная аппаратура (КПА) и средства автоматизированного контроля авиационной техники (АТ) [1]. В ходе данных мероприятий выявляются различные отказы и неисправности, устранение которых полностью зависит от наличия квалификационных специалистов и необходимого количества запасных частей. В этой связи появляется необходимость в своевременной поставке запасных частей и расчета числа требуемых специалистов (ремонтных бригад), средств аэродромно-технического обеспечения (АТО), КПА и требуемого инструмента необходимого для обеспечения качественной и своевременной подготовки ВС к применению по назначению. Для решения таких задач применима теория массового обслуживания (ТМО).

Различают системы массового обслуживания (СМО):

СМО с отказами – требование, заставшее в момент своего поступления все устройства обслуживания занятыми, получает «отказ» в обслуживании (утрачивается системой) и в дальнейшем последняя работает так, как будто это требование вообще не поступало.

СМО с ожиданием – требование, заставшее в момент своего поступления все устройства обслуживания занятыми, становится в очередь на обслуживание. Требования, находящиеся в очереди, удовлетворяются по мере высвобождения устройств обслуживания.

СМО смешанные – требование, заставшее в момент своего поступления все устройства обслуживания занятыми, становится в очередь на обслуживание при условии, что количество требований, уже стоящих в очереди, меньше некоторого числа, в противном случае это требование системой утрачивается.

В качестве примера рассмотрим n -канальную СМО с ожиданием [2], в которую поступает поток заявок с интенсивностью λ ; интенсивность обслуживания (для одного канала) μ ; число мест в очереди m . Состояния системы пронумеруем по числу заявок, связанных с системой:

1. Состояния СМО (рисунок): S_0 – все каналы свободны; S_1 – занят один канал (остальные свободны); S_i – заняты i каналов (остальные свободны); S_n – заняты все n каналов.

2. Состояния $S_0, S_1, \dots, S_i, \dots, S_n$ характеризуются отсутствием очереди: S_{n+1} – заняты все n каналов (одна заявка стоит в очереди); S_{n+k} – заняты все n каналов (k заявок стоит в очереди); S_{n+m} – заняты все n каналов (m заявок стоит в очереди).

У каждой стрелки проставлены интенсивности потоков событий. Действительно, по стрелкам слева направо систему переводит всегда один и тот же поток заявок с интенсивностью λ ; по стрелкам справа налево систему переводит поток обслуживаний, интенсивность которого равна μ , умноженному на число занятых каналов.

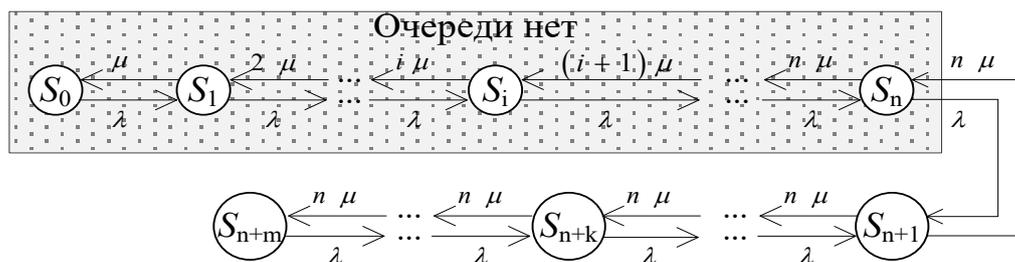


Рисунок – Граф состояний многоканальной СМО с ожиданием

Граф на рисунке представляет собой схему гибели и размножения [3], для которой решение в общем виде уже получено. Напишем выражения для предельных вероятностей состояний p :

$$\begin{aligned}
 p_1 &= \frac{\rho}{1!} p_0, & p_2 &= \frac{\rho^2}{2!} p_0, & \dots & p_n = \frac{\rho^n}{n!} p_0, \\
 p_{n+1} &= \frac{\rho^{n+1}}{nn!} p_0, & p_{n+2} &= \frac{\rho^{n+2}}{n^2 n!} p_0, & \dots & p_{n+m} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} p_0, \\
 p_0 &= \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} + \boxed{\frac{\rho^{n+1}}{nn!} + \frac{\rho^{n+2}}{n^2 n!} + \dots + \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!}} \right)^{-1},
 \end{aligned} \tag{1}$$

где p_0, p_1, \dots, p_n – вероятности состояний; $\rho = \lambda\mu^{-1}$ – приведенная интенсивность входного и выходного потоков.

Или, суммируя геометрическую прогрессию со знаменателем ρn^{-1} [выделенные в (1)], приходим к окончательному виду:

$$\left. \begin{aligned}
 p_0 &= \left(1 + \frac{\rho}{1!} + \frac{\rho^2}{2!} + \dots + \frac{\rho^n}{n!} \frac{\rho n^{-1} - (\rho n^{-1})^{m+1}}{1 - \rho n^{-1}} \right)^{-1} \\
 p_1 &= \frac{\rho}{1!} p_0, \\
 p_2 &= \frac{\rho^2}{2!} p_0, \\
 &\dots \\
 p_n &= \frac{\rho^n}{n!} p_0, \\
 &\dots \\
 p_{n+1} &= \frac{\rho^{n+1}}{nn!} p_0, \\
 p_{n+2} &= \frac{\rho^{n+2}}{n^2 n!} p_0, \\
 &\dots \\
 p_{n+m} &= \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} p_0.
 \end{aligned} \right\} \tag{2}$$

Таким образом, все вероятности состояний найдены.

Найдем некоторые характеристики эффективности обслуживания [4, 5]. Поступившая заявка получает отказ, если заняты все n каналов и все m мест в очереди:

$$P_{\text{отк}} = p_{n+m} = \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} p_0, \tag{3}$$

где $P_{\text{отк}}$ – вероятность отказа в обслуживании.

Относительная пропускная способность (q), как всегда, дополняет до единицы вероятность отказа:

$$q = 1 - P_{\text{отк}} = 1 - \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} p_0. \tag{4}$$

Абсолютная пропускная способность СМО (A) будет равна:

$$A = \lambda q = \lambda \left(1 - \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} p_0 \right). \quad (5)$$

Вычислим среднее число занятых каналов. Для СМО с отказами оно совпадало со средним числом заявок, находящихся в системе. Для СМО с очередью среднее число занятых каналов не совпадает со средним числом заявок, находящихся в системе: последняя величина отличается от первой на среднее число заявок, находящихся в очереди. Сохраним обозначение \bar{k} для среднего числа заявок, связанных с системой, а среднее число занятых каналов обозначим \bar{z} . Каждый занятый канал обслуживает в среднем μ заявок в единицу времени; вся же СМО обслуживает в среднем A заявок в единицу времени. Деля одно на другое, получим:

$$\bar{z} = A\mu^{-1} = \lambda\mu^{-1} \left(1 - \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} p_0 \right) = \rho \left(1 - \frac{\rho^{n+m}}{n^m n!} p_0 \right). \quad (6)$$

Среднее число заявок в очереди можно вычислить непосредственно, как математическое ожидание дискретной случайной величины, умножая любое возможное число заявок на вероятность того, что именно это число заявок будет в очереди, и складывая результаты.

Такая многоканальная СМО «с ожиданием» может быть использована при ремонте неисправной авиационной техники. ВС не покидают систему, пока не будет произведен ремонт (ожидают в очереди), так как неисправная техника не может быть использована по назначению.

Использование СМО при решении задач инженерно-авиационного обеспечения, по подготовке ВС к применению специалистами инженерно-авиационной службы позволит:

- находить аналитические зависимости между потребностью в восстановлении готовности к полету с возможностью восстановления, которой располагает ИАС;
- определять допустимый уровень надежности АТ, исходя из требований готовности, стоимости и безопасности полета;
- выбирать из многих вариантов наиболее эффективный вариант системы обслуживания (подготовка к полету, регламентные работы, ремонт неисправной АТ и так далее);
- находить аналитические зависимости между безотказностью и восстанавливаемостью (ремонтоспособностью) АТ;
- решать задачи, связанные с определением потребных сил, средств и рабочего времени, необходимых для подготовки самолетов к полету, выполнения регламентных работ, ремонта, устранения и предупреждения всех видов отказов и повреждений;
- определять наиболее эффективные организационные построения систем обслуживания и ремонта АТ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Федеральные авиационные правила инженерно-авиационного обеспечения государственной авиации. – М. : Воениздат, 2009. – Кн. 1. – 256 с.
2. Богомолов, Д. В. Моделирование систем и процессов: учебник / Д. В. Богомолов. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2020. – 368 с.
3. Введение в математическое моделирование : учебное пособие / под ред. П. В. Трусова. – М. : Логос, 2005. – 440 с.
4. Богомолов, Д. В. Моделирование систем и процессов : учебник / Д. В. Богомолов. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2015. – 243 с.
5. Плескунов, М. А. Теория массового обслуживания : учебное пособие / М. А. Плескунов. – М. : ЕКБ, 2022. – 10 с.

КОМПЛЕКС МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ

Введение. Бортовые корреляционно-экстремальные системы (КЭС) сопровождения представляют особый интерес при создании высокоточных систем наведения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) [1–4]. Принцип работы таких систем заключается в поиске максимума взаимной корреляционной функции двух изображений – наблюдаемого объекта и опорного. Опорное изображение представляет собой предполагаемый образ объекта и, как правило, формируется в момент выдачи целеуказания оператором. Однако в процессе наблюдения могут наблюдаться различные изоморфные преобразования, такие как изменения уровня яркости, масштаба, сдвига и поворота изображения относительно ориентации БЛА, что требует адаптивного формирования опорного изображения.

Существуют различные способы адаптации опорного изображения, простейшим из которых является покадровая смена [3]. Между тем непосредственное использование изображения объекта в качестве опорного неэффективно и приводит к быстрому накоплению ошибок измерения координат. Данная проблема подробно описана в работе [4], а в качестве решения предлагается применить для каждого пикселя экспоненциальную фильтрацию. Оценка эффективности рассматриваемых способов адаптации опорного изображения может быть произведена методом математического моделирования. Для этого разработан комплекс моделирования, позволяющий сформировать входное воздействие в виде последовательности синтезированных изображений, полученных при помощи графического движка Unity3D.

Теоретический анализ. Комплекс математического моделирования включает в себя три основных элемента: имитатор входного воздействия, КЭС и блок пересчета координат. Структурная схема комплекса моделирования приведена на рисунке 1.

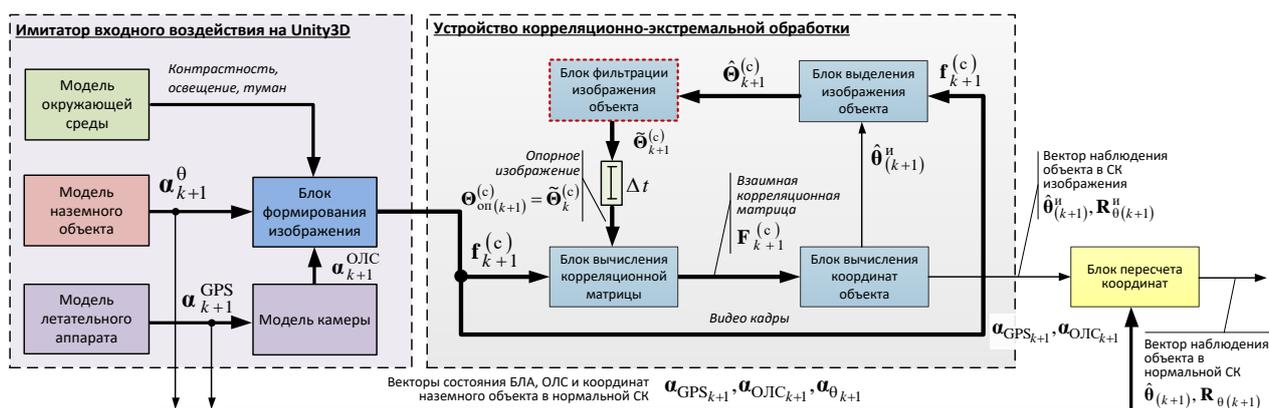
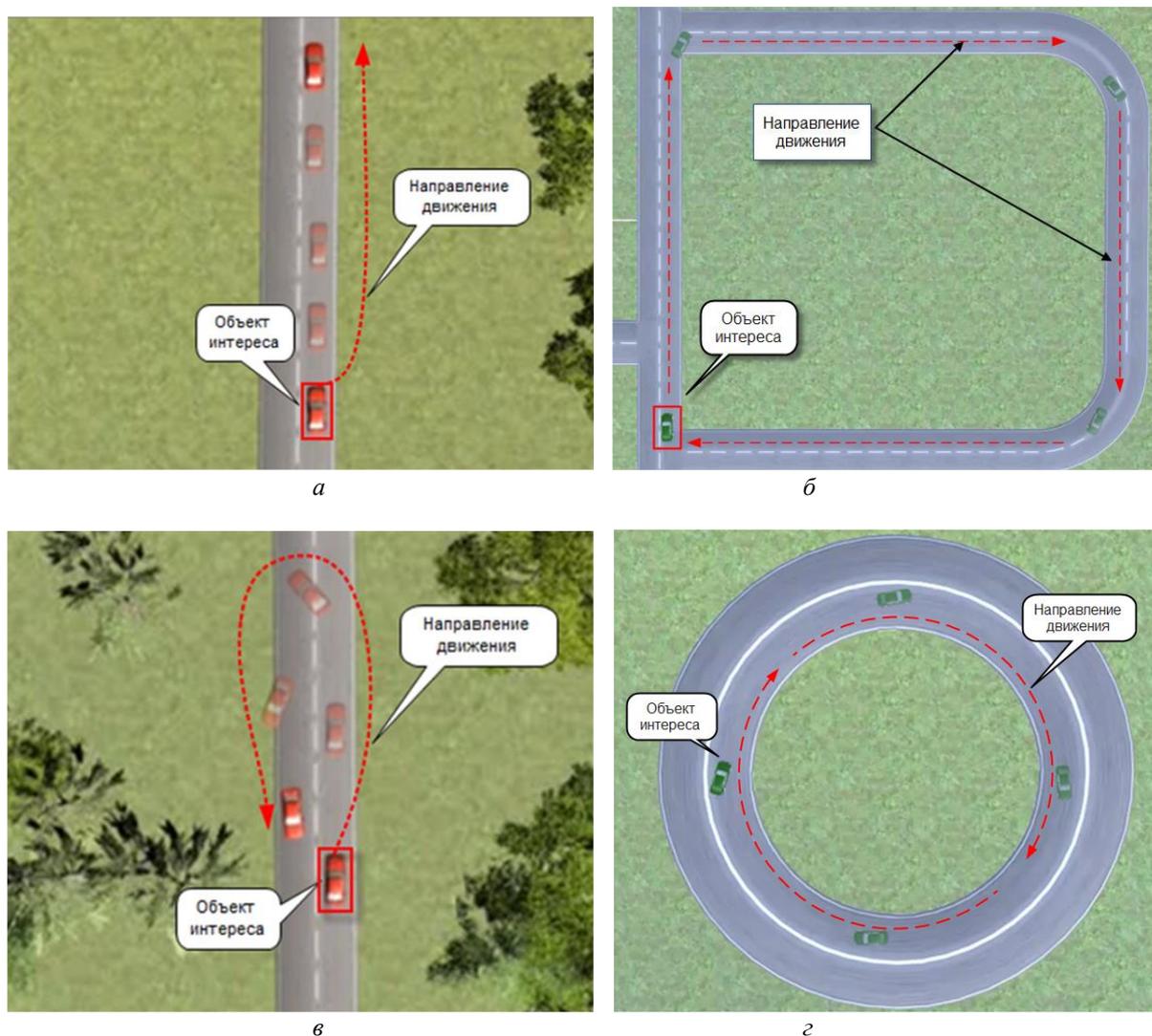


Рисунок 1 – Структурная схема комплекса математического моделирования

Имитатор входного воздействия представляет собой отдельный программный модуль, разработанный на базе кроссплатформенной среды Unity3D [1]. Эта визуальная среда проектирования позволяет относительно просто и с высокой степенью адекватности формировать трехмерные сцены и их анимацию. Имитатор включает в себя четыре основных блока. Модель окружающей среды задает условия наблюдения, уровень освещения и

погодные условия, вид ландшафта, природное окружение и другие элементы. Имитация движения наземных объектов в сцене по заданной траектории осуществляется моделью наземного объекта, а полет БЛА – моделью летательного аппарата. Модель камеры в сцене представляет собой отдельный элемент и определяет область в трехмерном пространстве, которая отображается в кадре. В результате с блока формирования изображения последовательно во времени поступают синтезированные кадры $f_{k+1}^{(c)}$, которые подаются в качестве входного воздействия в устройство корреляционно-экстремальной обработки. Входные воздействия отличаются типовыми сценариями, на которых изображены автомобили, движущиеся на фоне сложном фоне, включающем в себя дорожное покрытие и растительность. В качестве примера на рисунке 2 приведены четыре типовых входных воздействия, которые отличаются между собой вариантами движения автомобиля: по прямой (рисунок 2, а), с поворотами (рисунок 2, б), разворотом на 180° (рисунок 2, в), круговое движение (рисунок 2, г).



а – движение по прямой; б – движение по прямой с поворотами;
в – движение с разворотом на 180°; г – движение по кругу

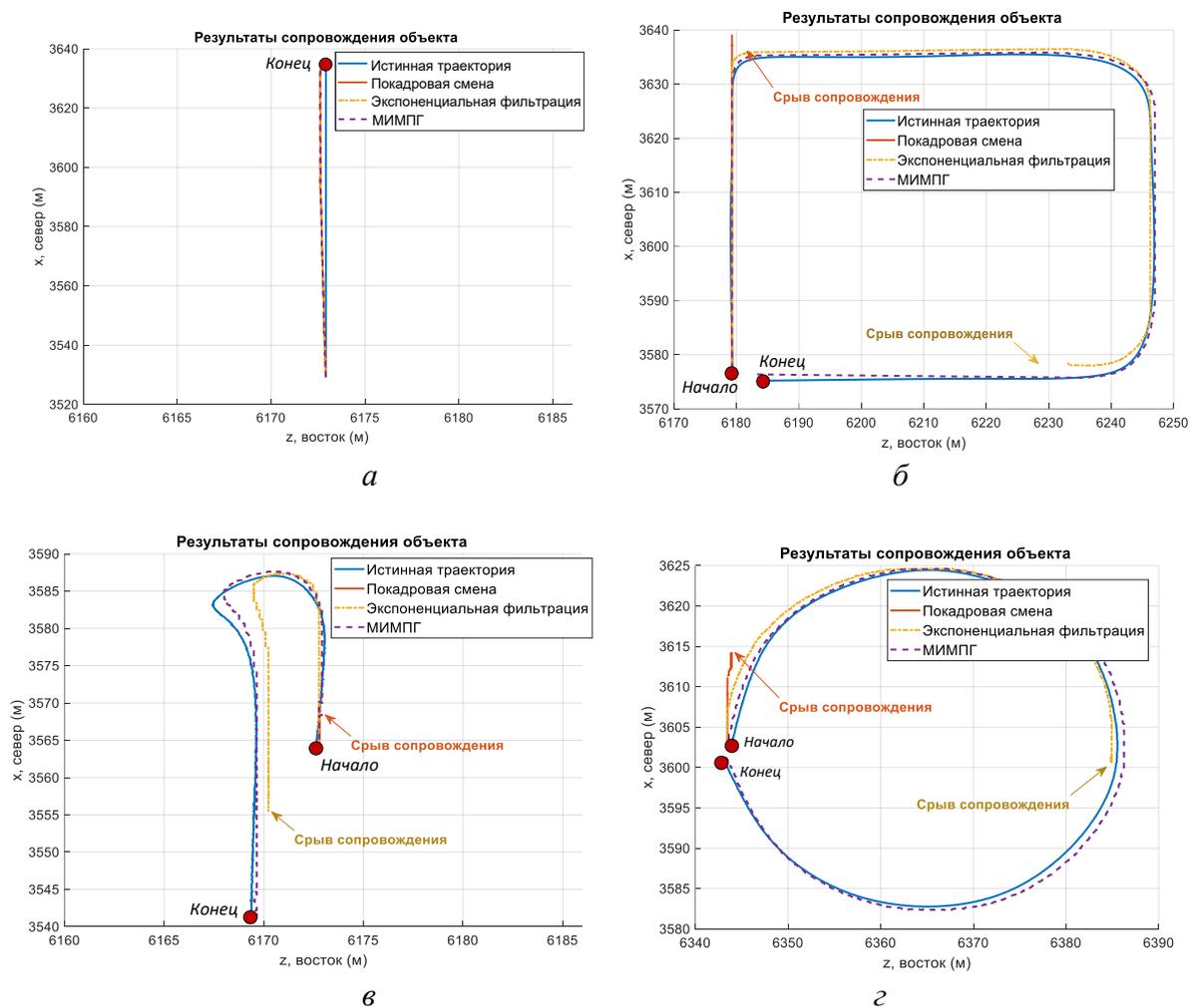
Рисунок 2 – Примеры входных воздействий, формируемые комплексом моделирования

Эффективность сопровождения оценивалась при помощи коэффициента проводки K_{Π} и его среднего значения \bar{K}_{Π} :

$$K_{\Pi} = \frac{N_{\Sigma_0}}{N_{\Sigma}}; \quad \bar{K}_{\Pi} = \frac{1}{N_{\text{эксп}}} \sum_{k=1}^{N_{\text{эксп}}} K_{\Pi}(k),$$

где N_{Σ_0} – суммарное число кадров устойчивого сопровождения наземного объекта; N_{Σ} – суммарное число кадров, в которых наблюдался наземный объект; $N_{\text{эксп}}$ – общее число модельных экспериментов.

Результаты исследований. В результате были получены траектории движения наземного объекта в зависимости от способа адаптации опорного изображения (рисунок 3). Сравнивались три способа адаптации опорного изображения: покадровая смена, экспоненциальная фильтрация и предложенный в работе [1] способ на основе МИМППГ.



а – движение по прямой; *б* – движение по прямой с поворотами;
в – движение с разворотом на 180°; *г* – движение по кругу

Рисунок 3 – Результаты математического моделирования для рассматриваемых входных воздействий

В результате разработанный комплекс позволил оценить эффективность сопровождения наземных объектов в зависимости от способа адаптации опорного изображения. Результаты показали, что способ адаптации основанный на применении

МИМПГ, позволяет добиться значений коэффициента проводки 0,94–0,98, что в **1,36–5,64 раза** больше, чем для способа покадровой смены, и в **1,18–1,42 раза** больше, чем для способа экспоненциальной фильтрации [1].

Работа выполнена при поддержке гранта Белорусского республиканского фонда фундаментальных исследований (проект № Ф23М-103).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Солонар, А. С. Влияние способа формирования опорного изображения на эффективность бортовой корреляционно-экстремальной системы сопровождения наземных объектов / А. С. Солонар, С. В. Цуприк, П. А. Хмарский // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Серыя фіз.-тэх. Навук. – 2023. – Т. 68, № 2. – С. 167–176.

2. Солонар, А. С. Траекторный измеритель координат и параметров движения наземных объектов по данным бортовой оптико-локационной системы / А. С. Солонар, П. А. Хмарский, С. В. Цуприк // Гироскопия и навигация. – 2023. – Т. 31, № 3 (122). – С. 91–108.

3. Солонар, А. С. Адаптивное формирование опорного изображения для бортовой корреляционно-экстремальной системы сопровождения движущихся объектов / А. С. Солонар, С. В. Цуприк, П. А. Хмарский // Журнал радиоэлектроники. – 2023. – № 9. – С. 25–28.

4. Solonar, A. S. Statistical properties of image pixel brightness from the onboard optical system / A. S. Solonar, S. V. Tsuprik, P. A. Khmarskiy // 7th Advanced Engineering Days (AED), 1–2 July, 2023. – Mersin : Türkiye, 2023. – P. 172–174.

УДК 551.461

А.И. Кириленко, А.И. Листопад

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ БАРИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

Количество и разнообразие беспилотных летательных аппаратов (БЛА) с каждым годом значительно увеличивается. Так, например, общий объем мировых инвестиций, затраченных на развитие беспилотных авиационных систем (БАС), в прошлом году превысил 4 миллиарда долларов. Однако, несмотря на всю многофункциональность и востребованность беспилотников на международном рынке, существуют проблемы, которые тормозят процесс внедрения их в широкое пользование. Одной из таких проблем является внедрение беспилотных воздушных судов (БВС) в пилотируемое воздушное пространство (ВП). На данный момент в Республике Беларусь нет надлежащей документации, которая бы в полной мере удовлетворяла бы потребности владельцев беспилотных летательных аппаратов.

Для эффективного и безопасного производства полетов должны соблюдаться правила эшелонирования, которые бы были общепринятыми для всех пользователей воздушного пространства. Но для этого, в первую очередь, необходимо подобрать оптимальную модель стандартной атмосферы, которая бы подходила как для гражданской авиации, так и для авиации общего назначения и БВС.

В настоящее время в авиационной отрасли существует острая проблема выбора системы барического давления. Так авиалайнеры зарубежного производства используют два давления: QNH – давление, приведенное к уровню моря, и QNE – стандартное атмосферное давление. В свою очередь, отечественные воздушные суда (ВС) используют вместо QNE, используют QFE – давление, приведенное к порогу взлетно-посадочной полосы. В России (и еще ряде стран СНГ) используют QFE для посадки, в этом случае баровысотометр покажет

ноль. Почти весь остальной мир заходит на посадку по QNH, при посадке по QNH баровысотомер покажет превышение над уровнем моря. Также данное давление QFE используется военными. На высоте ниже нижнего безопасного эшелона (для Беларуси FL 50 или 1500 метров) для ВС на высотомере принято устанавливать давление QNH.

Для малой авиации, которая осуществляет полеты на небольших высотах, особые неудобства представляет то, что давление в Automatic terminal information service (ATIS) указывается в QNH. Поэтому, если экипажу необходимо давление QFE, то его может выдать авиадиспетчер по запросу, в случае наличия таких данных или воспользоваться правилом: от полученного от органа ОВД или ATIS значения QNH необходимо отнять эквивалент барометрической высоты ВПП (Rwy Elev), который можно найти на Approach Chart фирмы Jeppesen в разделе Communication. Получив значение QFE в миллибарах (или других единицах), нужно перевести его в миллиметры по таблице Tables & Codes сборника Jeppesen.

Стоит отметить, что оба варианта понижают уровень безопасности, так как в первом случае создается дополнительная нагрузка на авиадиспетчера, а во втором – могут возникнуть ошибки при переводе давления в условиях полета.

Для полетов беспилотной авиации обычно применяется стандартное давление, которое составляет около 1013,25 Па или 1 атмосфера на уровне моря. Однако, при различных высотах полета давление может меняться. На больших высотах, где атмосферное давление ниже, беспилотники могут использовать специальные системы для поддержания оптимального давления внутри своих корпусов и компонентов. На данный момент БПЛА могут подниматься на внушительные высоты. Одним из примеров является современный турецкий Bayraktar TB2, который провел в воздухе 24 часа и 34 минуты на высоте 8 километров. Также еще один из израильский беспилотников Heron-1 способен подниматься на высоту 10700 м. Это позволяет им функционировать эффективно и безопасно в различных условиях полета.

Поэтому в зависимости от назначения на БВС применяются несколько видов сенсоров, показаны в таблице, которые обеспечивают надлежащую эксплуатацию аппаратов в различных условиях.

Таблица – Виды сенсоров, применяемые на БВС

Вид сенсоров	Область применения	Недостатки
Барометр	Высота более 2 метров	На малых высотах сказываются перепады атмосферного давления
GPS-датчик	На открытом пространстве	Перебои в спутниковой связи в закрытых помещениях и отдаленных районах
Ультразвук	Высота до 10 м	Необходима ровная поверхность
Визуальное позиционирование	В закрытых помещениях и на открытом пространстве до 10 м	Не эффективна для полетов над ярко освещенными или темными поверхностями, не эффективна над водными поверхностями

В авиации общепринятой практикой является использование стандартного атмосферного давления на уровне моря. Это давление используется во многих аспектах авиации, включая расчеты производительности самолетов, авионику, системы автоматического управления и другие компоненты. Стандартное атмосферное давление является удобным и универсальным мерилем для сравнения и анализа производительности самолетов в различных условиях полета. Оно также служит основой для определения высоты полета, а также для расчета аэродинамических характеристик и эффективности двигателей.

Тем не менее, в некоторых специальных случаях может применяться измененное давление, например, при полетах на больших высотах или в особых режимах полета. На высотах, где давление заметно ниже, самолеты обычно используют специальные системы для поддержания подходящего давления воздуха внутри кабины для комфорта и безопасности экипажа и пассажиров.

Однако при использовании давления QNH перед пользователями возникает проблема разных точек отсчета уровня моря. У большинства крупных государств выбрано свое море для начала отсчета. Например, в России и некоторых странах СНГ точка отсчета – Кронштадтский футшток в Балтийском море, в Германии – отметка на церкви святого Александра в городе Валлен-хорст, которая привязана к уровню воды в Северном море, в Китае – уровень Желтого моря у города Циндао. В связи с этим также могут возникнуть явные проблемы при соблюдении безопасных расстояний при эшелонировании воздушных судов.

Поэтому в авиации требуется ввести единое давление, которое бы отсчитывалось от одной определенной отметки. В первую очередь, использование единого давления позволило бы установить однозначные опорные точки для измерения высоты полета и навигационных параметров. Это важно для обеспечения безопасности полета и предотвращения столкновений между воздушными судами. Единое давление могло бы служить универсальным и стандартным мерилом для сравнения и анализа производительности самолетов и других авиационных аппаратов. Это позволило бы проводить сравнительные исследования, разрабатывать стандартные процедуры и обеспечивать согласованность в оценке производительности и эффективности авиации.

Также не стоит забывать, что большинство БВС, летающие на больших высотах, используют стандарт давления в системах навигации и автоматического управления для определения высоты полета, проведения горизонтальных и вертикальных навигационных расчетов, а также для обеспечения точности и согласованности показаний навигационного оборудования.

В целом, использование единого давления в авиации позволило бы создать единый стандарт для измерения высоты, проведения аэродинамических и навигационных расчетов, и обеспечивает безопасность и эффективность полетов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Баранов, А. М. Авиационная метеорология и метеорологическое обеспечение полетов / А. М. Баранов, Г. П. Лещенко, Л. Ю. Белоусова. – М. : Транспорт, 1993. – 290 с.
2. ГОСТ 18452-73. Океанология. Уровень моря. Термины и определения. – М. : Госстандарт СССР, 1973. – 5 с.
3. Doc 7488. Руководство по стандартной атмосфере ИКАО (расширенное до 80 километров (262 500 футов)). – Монреаль: ИКАО, 1993. – 305 с.

УДК 53.09

А.И. Бибик¹, С.В. Попко¹, С.И. Петренко²

¹*Белорусский национальный технический университет*

²*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»*

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ СТУДЕНТАМИ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ

Нынешнее поколение людей убедилось в том, что окружающая нас среда – земля, вода и воздух не обладают бесконечным иммунитетом против химической эксплуатации. Необходимые спутники цивилизации, такие как тепловые электростанции, построенные в городах в относительно недавнем прошлом, оставили нам опасное наследие. Сейчас нам понятна потенциальная опасность такого привычного продукта, как асбест, который раньше считали неопасным и даже полезным.

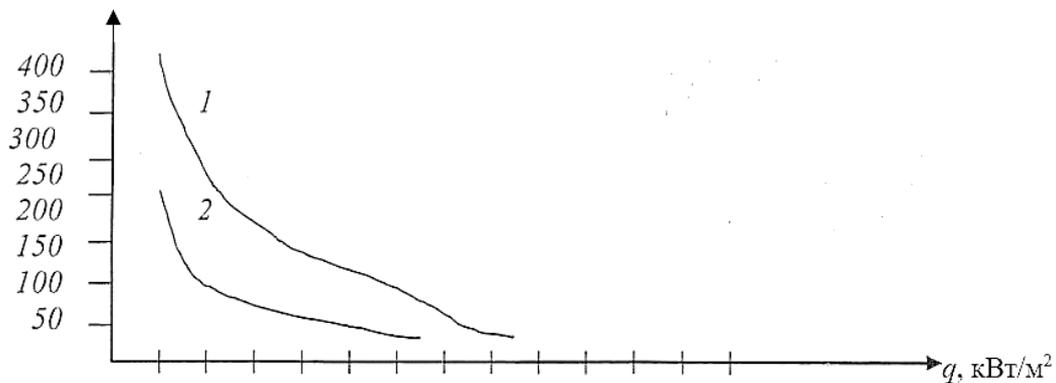
В настоящее время моря загажены мусором, реки мелеют, во многих районах ощущается нехватка питьевой воды. Загрязнение воздуха вредными газами, включая метан и

диоксида углерода, создающими парниковый эффект, может привести к глобальным изменениям окружающей среды.

К каким последствиям приводит загрязнение земли? В первую очередь, к прямому сокращению естественной среды обитания живых существ. Какие же требуются решения для улучшения экологии и обеспечения экономической безопасности страны? Одним из таких решений является защита сельскохозяйственных угодий и лесных насаждений от пожаров. Лесное и сельское хозяйство несут ощутимые потери от недостаточно рационального обустройства пожароопасных территорий. Недолжная организация системы профилактики сельхозугодий и лесных массивов от распространения огня приводит к тяжелым последствиям. Например, в Южной Европе от лесных пожаров в 2022 году был нанесен ущерб в несколько миллиардов евро.

Как показывает практика, наиболее доступным и сравнительно недорогим способом повышения устойчивости лесов к распространению низового огня является создание так называемых минерализованных полос, которые представляют собой участки, очищенные от растительности до невосприимчивого к огню минерального слоя [1]. В настоящее время противопожарные минерализованные полосы прокладываются с помощью лесного плуга ПКЛ-70А, который позволяет устраивать их шириной 1,4 м. Конечно, ширина полосы около полутора метров не может явиться эффективной преградой для огня в целом ряде случаев. Объем устраиваемых в лесном фонде минерализованных полос и их количество должны быть определены с учетом возраста лесных массивов – спелые и перестойные, средневозрастные, молодняки. Кроме этого, леса различаются по породному составу, к которому относятся хвойные, лиственные, смешанные.

В последнее время принято считать, что наряду с такими факторами распространения огня в лесу, как теплопроводность и конвекция через воздушную среду, важной составляющей передачи энергии является лучистый тепловой поток (q). Варьируя величину плотности теплового потока в широком диапазоне значений и регистрируя время, требуемое для воспламенения горючего напочвенного материала, были установлены закономерности изменения плотности теплового потока в зависимости от времени экспозиции (t) (рисунок 1).



1 – сосняк мшистый; 2 – сосняк вересковый

Рисунок 1 – График зависимости времени, требуемого для воспламенения некоторых видов напочвенного покрова в зависимости от плотности теплового потока

Потоки энергии с плотностью порядка 1000–20000 Вт/м² являются вполне достижимыми при горении большого количества напочвенного материала. В этой связи разделение лесных угодий на участки с помощью минерализованных полос шириной от четырех и более метров может явиться подходящей мерой профилактики распространения огня посредством локализации очагов в ограниченных областях [2].

Серьезную опасность для окружающей среды представляют последствия роста производства и применения полимеров. Поэтому необходимо также обсудить проблемы

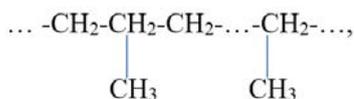
окружающей среды в связи с производством и применением полимеров. По крайней мере по двум серьезным причинам. Во-первых, объемы производства во всем мире огромны, а отслужившие свой срок изделия из полимеров попросту выбрасываются и представляют собой угрозу для окружающей среды. Во-вторых, сегодня специально синтезируют и производят полимеры, которые практически незаменимы как исключительно эффективные средства для решения разнообразных проблем, связанных с экологией.

Масштабы первой из проблем, связанной с опасностью полимеров для окружающей среды, можно представить, если принять во внимание, что мировое производство одного из наиболее распространенных и доступных полимеров – полиэтилена, достигает сегодня десятков миллионов тонн в год. Гигантские молекулы этого полимера, называемые макромолекулами, построены из метиленовых CH_2 групп, объединенных в линейные цепи:

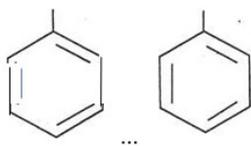
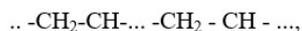


Число фрагментов $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$, называемых мономерными звеньями, изменяется для промышленно производимых полимеров этилена от 1000 до 10000. Значительное количество полиэтилена перерабатывается в пленочные материалы, с которыми мы встречаемся в быту на каждом шагу. В первую очередь, это упаковочные материалы и сумки для продуктов. Это также различные контейнеры для хранения разнообразных жидкостей – от воды до минеральных масел или смесей воды и этиленгликоля, используемых в качестве охлаждающих и незамерзающих жидкостей в современных автомобилях.

Отслужившие свой срок, выполнившие свои функции, загрязненные пакеты и контейнеры выбрасываются. Они не только создают неудобства в обыденной жизни, но и наносят вред окружающей природе, замусоривая землю и препятствуя росту растений из-за нарушения воздухо- и влагообмена в почве. При указанных масштабах производства только полиэтилена, производимого за год, вполне хватило бы, чтобы покрыть пленкой толщиной 50 микрометров (это типичная пленка) территорию Франции, а если учесть накопленные за последние 10 лет отходы, то всю Европу. Если же добавить сюда и другие крупнотоннажные полиэферы, например, полиэтилентерефталат известный в нашей стране как лавсан, каучук, резины и многие другие, то общее количество отходов индустрии полимеров многократно возрастает.



полистирол



Какие же подходы используют для борьбы с загрязнением природы, связанным с производством полимеров? Во-первых, это уничтожение отработанных и выброшенных полимеров. Казалось бы, что самым естественным могло бы стать окисление, этих органических веществ при высоких температурах или попросту их сжигание. Однако при

этом уничтожаются в принципе ценные вещества и материалы. Но еще хуже, что при сжигании образуются вредные летучие вещества, которые загрязняют воздух, и, соответственно, воду и землю. Значительно более перспективным и разумным способом снижения загрязнения окружающей среды полимерами является вторичная переработка отслуживших свой срок полимеров и изделий из них [3].

Проблема эта, однако, не столь проста. При переработке получаются «грязные» изделия, товарный вид и потребительские свойства которых не могут конкурировать с первичными изделиями. Но эти продукты вторичной переработки можно использовать по другому назначению. Например, загрязненные изделия из полиэтилена могут быть переработаны в пластины толщиной в несколько миллиметров для применения в качестве кровельного материала, имеющего ряд неоспоримых преимуществ перед традиционными, таких как низкая плотность, а значит – малый вес, гибкость и коррозионная стойкость, а также низкая теплопроводность, а значит – хорошие изолирующие свойства.

Наибольшие успехи в этом достигнуты при вторичной переработке крупнотоннажных изделий из каучуков, например, шин, в том числе автомобильных. Их приготавливают из вулканизированных каучуков, наполненных сажей, содержание которой в шинах, имеющих из-за этого черный цвет, достигает 40 % по весу. По истечении срока эксплуатации такие шины не выбрасывают, а дробят, получая крошку. Дробление при помощи недорогого оборудования позволяет получать крупные частицы, размеры которых достигают одного миллиметра и более. Эти крупные частицы добавляют в материалы для покрытия дорог, что значительно улучшает их механические характеристики и долговечность. Специальные машины позволяют получать тонкие дисперсные частицы, которые имеют размер около 0,01 мм. Эту крошку добавляют в каучуки при производстве новых шин, значительно экономя сырье. При этом качество полученных таким образом шин практически не уступает исходным. Такой подход позволяет одновременно снизить вред для окружающей среды из-за ее замусоривания бесполезными изделиями и в то же время значительно сэкономить расход каучуков, получаемых либо полимеризацией продуктов переработки нефти, либо латексного сока деревьев гевеи.

Студенты 1 и 2 курсов привлекаются для выполнения минерализованных полос в лесах поблизости Минска и Молодечно, занимаются сбором полимеров, которые можно использовать для вторичной переработки. Перед выполнением темы студенты должны ознакомиться с последними достижениями робототехники, программированием, материаловедением, системой датчиков распознавания материалов с помощью лазерных высокочастотных излучений. Затем они получают задание. В ходе таких занятий студенты охотно занимаются творчеством, поиском новых решений. Результаты научных исследований студентов составляют основу докладов на студенческих конференциях, дипломных и курсовых работ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СТБ 1582-2005. Устойчивое лесопользование и лесопользование. Требования к мероприятиям по охране леса. – Минск : Белгипролес : ИЛ НАН Беларуси, 2005. – 48 с.
2. Гоман, П. Н. Совершенствование противопожарных требований к обустройству лесных массивов Республики Беларусь : дис. ... магистра техн. наук / П. Н. Гоман. – Минск, 2007. – 77 с.
3. Зезин, А. Б. Полимеры и окружающая среда / А. Б. Зезин // Соросовский образовательный журнал. – 1996. – № 2. – С. 57–64.

УДК 004.946:745.03

А.Н. Шинкевич

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***ЭРГОНОМИКА ЗРИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ**

Орган зрения – весьма сложная система, приспособленная для восприятия света и извлечения из него информации об окружающем нас внешнем мире. Вне зависимости от того, какой из авиационных приборов используется для информации, физиология зрения остается неизменной. Физиологической оптикой занимаются специалисты многих направлений: психологи, физиологи, медики, физики, светотехники и др. Но основные законы восприятия визуальной информации остаются неизменными. В предлагаемой статье рассматриваются основные закономерности зрительного восприятия визуальной информации. В дальнейшем следует более детально проанализировать эти закономерности применительно к физиологии зрения.

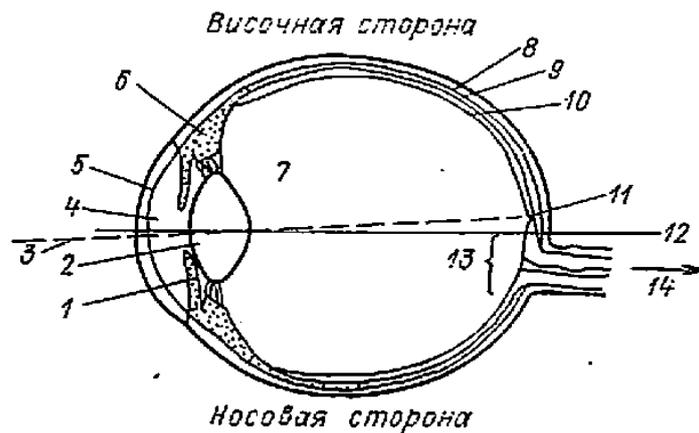
Зрительный анализатор состоит из трех отделов: периферического, проводникового и центрального. Периферический отдел состоит из двух глазных яблок (оптическая и световоспринимающая системы). Оптическая система создает изображения на сетчатке глаза. Кроме того, оптическая система состоит из мышечных систем, управляющих движениями глаз и обеспечивающих фокусировку изображения на сетчатке; эта система регулирует освещенность на сетчатке, изменяя размер зрачка и глубину резкости. Воспринимающей системой глаза служит сетчатая оболочка, в которой находятся светочувствительные клетки – зрительные рецепторы. Проводниковый отдел – зрительные нервы, соединяющие зрительные рецепторы с затылочной корой головного мозга. В этой части зрительного анализатора находится центральное звено, воспринимающее и анализирующее визуальное изображение.

Строение глазного яблока.

Глазное яблоко имеет близкое к шаровидной форму (рисунок 1) и размещается в глазнице. Наружная соединительно-тканая оболочка называется склерой (белковой оболочкой). Ее толщина около 1 мм. В передней части глазного яблока склера переходит в выпуклую прозрачную роговую оболочку (роговицу), толщиной в центральной части до 0,5 мм. Под склерой находится тонкая (до 0,3 мм) сосудистая оболочка из сети кровеносных сосудов, питающих глазное яблоко. Спереди сосудистая оболочка становится толще и переходит в ресничное тело (это термин и к ресницам отношения не имеет) и радужную оболочку. Радужная оболочка состоит из соединительно-тканых фибрилл, кровеносных сосудов, мышечных волокон и пигментных клеток. От числа пигментных клеток зависит цвет глаз. В центре радужной оболочки находится зрачок. Он является тем же, что и диафрагма в фотоаппарате.

Кольцевые и радиальные мышечные элементы в радужной оболочке управляют сужением и расширением зрачка. Диаметр зрачка при изменении освещенности варьируется от 2 до 8 мм. Зрачок реагирует на изменение освещенности рефлекторно. Бьющий в глаза яркий свет вызывает рефлекс Витта (описан Робертом Виттом в 1751 г.): при воздействии яркого света зрачок мгновенно сужается. Зрачок реагирует на яркий свет достаточно быстро – время реакции от 250 до 500 мс, т. е. от 0,25 до 0,5 с, но не успевает эффективно сузиться во время вспышки. За 0,5 с летательный аппарат при условной скорости в 1000 км/с проходит расстояние порядка 140 м, что в условиях боевого столкновения может иметь существенное значение. К ресничному телу прикреплена прозрачная линза – хрусталик. Роговица и хрусталик фокусируют попадающий в глаз свет на сетчатке, расположенной на задней поверхности глазного яблока. Светочувствительные рецепторы сетчатки превращают энергию света в нейронный импульс, передающийся в зрительную систему по волокнам зрительного нерва.

Пространство между роговицей и радужной оболочкой называют передней камерой, а пространство между радужкой и хрусталиком – задней камерой. Камеры заполнены водянистой влагой. Остальная полость глазного яблока заполнена стекловидным телом. Пространство между роговицей и радужкой – передняя камера, а пространство между радужной оболочкой и хрусталиком – задняя камера. Обе камеры заполнены водянистой влагой, а остальная часть глазного яблока заполнена стекловидным телом. К сосудистой оболочке прилегает слой эпителиальных клеток. Перед этим пигментным слоем находится внутренняя оболочка глаза – сетчатая оболочка (ретины). Она воспринимает формируемое оптикой глаза изображение внешнего мира и преобразует его в нервное возбуждение, которое направляет в мозг. В сетчатке насчитывают 10 слоев. Главным является второй светочувствительный слой, в котором располагаются палочки и колбочки. Палочки формируют черно-белое изображение, колбочки – цветное. На периферии сетчатки находятся от 120 до 130 миллионов палочек, колбочек – от 6 до 8 миллионов. Колбочки сконцентрированы в центральной ямке (рисунок). Много палочек и колбочек находятся и вне центральной ямки, но в ней содержатся только колбочки. Значит цветное зрение работает только в центральной ямке и при проектировании визуальных систем аэрокосмических аппаратов этот факт следует учитывать. Центральная часть сетчатки (включая и центральную ямку), называют «желтым» пятном с диаметром 2–3 мм.



1 – радужка; 2 – хрусталик; 3 – зрительная ось фиксации; 4 – водянистая влага; 5 – роговица; 6 – цилиарная мышца; 7 – стекловидное тело; 8 – склера; 9 – сосудистая оболочка; 10 – сетчатка; 11 – фовеола (центральная ямка); 12 – оптическая ось; 13 – слепое пятно; 14 – зрительный нерв

Рисунок – Горизонтальный разрез правого глазного яблока

Участок сетчатки, из которого выходит зрительный нерв, идущий далее в мозг, называется «слепым» пятном. В этом участке нет фоторецепторов, то есть при попадании света зрительной реакции не возникает. Доказательство существования «слепого» пятна неоднократно приводилось в литературных источниках (см., например, [1] с. 105–106). Следовательно, если световая энергия попадает в область «слепого» пятна, то зрительного ощущения не возникнет. А «слепое» пятно составляет около 8 градусов телесного угла от зрительной оси фиксации (см. рисунок 1).

«Желтое» пятно или пятно сетчатки и его фовеа (фовеола) является областью наиболее ясного видения с максимальной остротой зрения. Фовеола находится в середине горизонтального участка сетчатки с размером от 1,4 до 2 мм (угловой размер 5°–7°). В пятне содержатся и палочки, и колбочки, но число колбочек значительно превышает число палочек. Следовательно, за полноценное цветовое зрение отвечает именно «желтое» пятно. Задача состоит в обеспечении на визуальных приборах расположить необходимую информацию так, чтобы она попадала в область «желтого» пятна.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Шиффман, Х. Р. Ощущение и восприятие / Х. Р. Шиффман. – СПб. : Питер, 2003. – 924 с.

УДК 378.015.3

О.С. Филиппенко

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВИАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ**

Эксплуатация воздушных судов напрямую связана с обеспечением безопасности и надежности работы оборудования. Для контроля качества оборудования, числа отказов производится оценка надежностных характеристик и параметров авиационных систем. Поскольку авиационные процессы носят случайный характер, оценка параметров осуществляется методами математической статистики. В качестве объекта статистического моделирования выбрана противопожарная подсистема самолета [1].

Цель работы: проверка гипотезы о принадлежности выборки отказов противопожарной подсистеме самолета гамма-распределению. В качестве моделей использованы модели, основанные на применении методов максимального правдоподобия, моментов, статистическая проверка по критерию Пирсона.

Плотность вероятности гамма-распределения можно представить в виде:

$$f(t) = \frac{\lambda^a}{\Gamma(a)} t^{a-1} e^{-\lambda t}, \quad (1)$$

где t – случайная величина, λ – интенсивность, a – параметр формы, $\Gamma(a)$ – гамма-функция (определяется из статистических таблиц).

Метод моментов для гамма-распределения можно выразить из условия:

$$L = -n \ln \Gamma(a) + (a-1) \sum_{i=1}^n \ln x_i - an \ln \lambda - \frac{1}{\lambda} \sum_{i=1}^n \ln x_i,$$

где $x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left(\frac{\bar{x}}{x_i} \right)$.

Тогда точечную оценку можно получить:

$$a^* = H(x), \quad (3)$$

$$b^* = \frac{x}{a^*}. \quad (4)$$

Значение функции $H(x)$ определяется из статистических таблиц. Поскольку не все значения были определены в таблице, для уточнения значения была использована формула-дробно-линейной интерполяции:

$$y = \frac{y_1 y_2 (x_2 - x_1)}{y_1 (x - x_1) + y_2 (x_2 - x)}. \quad (5)$$

Метод моментов основан на том, что в качестве оценок приняты значения математического ожидания и дисперсии, которые равны выборочному среднему и выборочной дисперсии [2].

Тогда неизвестные параметры распределений могут быть найдены из условий:

$$\bar{x} = ab, \quad (6)$$

$$s^2 = ab^2. \quad (7)$$

Метод моментов позволяет получать несмещенные оценки.

Статистическое оценивание предусматривает расчет параметров:

$$\lambda = \frac{M(t)}{D(T)}; \quad (8)$$

$$a = \lambda M(t). \quad (9)$$

Для проверки гипотезы на соответствие выборки гамма-распределению используется критерий Пирсона. Для проверки критерия необходимо определить $\chi_{\text{набл}}^2$ и сравнивают с $\chi_{\text{кр}}^2$, если $\chi_{\text{набл}}^2 < \chi_{\text{кр}}^2$, то гипотеза о гамма-распределении принимается.

Использование указанных методов позволило рассчитать параметры гамма-распределения, которые приведены в таблице.

Таблица

	Метод момента	Максимального правдоподобия	Статистическое оценивание
a	2,5	2,25	2,125
λ	3658	4070	6219

Результаты, приведенные в таблице, показывают, что параметры a получились близкими по значению. Параметры λ более существенно отличаются друг от друга. Существенное различие обусловлено не очень обширной выборкой (менее 50) и особенностями использования указанных методов. Для малых выборок предпочтительнее использовать метод максимального правдоподобия [3].

Были получены значения $\chi_{\text{набл}}^2 = 5,3$, $\chi_{\text{кр}}^2 = 7,8$. Проверка статистической гипотезы по Пирсону показала, что $\chi_{\text{набл}}^2 < \chi_{\text{кр}}^2$ – гипотеза о принадлежности опытных данных к гамма-распределению подтверждается.

Таким образом, сравнение различных статистических методов к оцениванию экспериментальных выборок указывают на то, что для эффективной оценки параметров распределений необходим достаточно широкий объем выборки значений (более 100). Анализ рассматриваемой противопожарной подсистемы самолета указывает на то, что эта подсистема является достаточно надежной. На это указывает малое значение выборки по отказам за общий рассматриваемый период (1 год) по отношению к остальным системам самолета. Значение параметра λ можно сопоставить с наработкой на отказ для системы противопожарного оборудования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Филиппенко, О. С. Применение непараметрических критериев оценивания надежности подсистем кондиционирования самолетов / О. С. Филиппенко // Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества, Москва, 2023 (18–19 мая).
2. Филиппенко, О. С. Оценки значимости факторов на работу системы самолетов однофакторным дисперсионным анализом / О. С. Филиппенко // Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации, Минск, 2023 (27–28 апреля ВА Респ. Беларусь). – Минск, 2023. – С. 169.
3. Филиппенко, О. С. Применение методов максимального правдоподобия и метода моментов для оценки параметров распределения отказов пилотажно-навигационного оборудования» / О. С. Филиппенко, Д. В. Полищук // Социально-гуманитарные аспекты развития общества и авиационной отрасли : сборник материалов международной научно-практической конференции БГАА. – Минск, 2020. – С. 282.



**СЕКЦИЯ 5. СОЦИАЛЬНО-
ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
В АВИАЦИИ**



УДК 004.9

Д.А. Беляев, Е.А. Ероменко, А.В. Савченко

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ НА УРОВНЕ СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО АВИАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Электронные образовательные ресурсы являются неотъемлемой частью современной системы образования.

Под электронным образовательным ресурсом (ЭОР) будем понимать информационный источник, содержащий графическую, текстовую, цифровую, речевую, музыкальную, видео, фото и другую информацию, направленный на реализацию целей и задач современного образования.

Внедрение современных образовательных ресурсов направлено на облегчение процесса восприятия новой информации.

Восприятие информации – познавательный процесс, позволяющий отразить в сознании те или иные предметы и явления при помощи различных органов чувств и мировоззрения человека. Процесс восприятия информации представляет собой высокоорганизованную внутреннюю работу, в которой участвуют все психические процессы: внимание, воображение, память, мышление. Чтобы поступающая в мозг информация лучше усваивалась, ее необходимо осознавать или осмысливать. Восприятие как раз и выполняет функцию своеобразного проводника между новой информацией и ее осознанием [1].

Восприятие информации конкретным человеком происходит по разным каналам. Все они, так или иначе, затрагивают органы чувств и связаны с познавательными процессами. Под каналами восприятия понимают преобладающую направленность в сторону одного органа чувств, которая обеспечивает лучшее усвоение поступающей информации.

Различают четыре канала восприятия информации.

Визуальный канал направлен на усвоение информации путем большего сосредоточения на зрительных образах. У человека с преобладанием данного канала восприятия, отмечается высокая способность усваивать информацию через чтение текста, просмотр графиков, диаграмм, фото и видео материалов.

Аудиальный канал направлен на усвоение информации путем концентрации преимущественно на слуховых образах. Если преобладает данный канал восприятия, у человека отмечается высокая способность к запоминанию через прослушивание нужного материала.

Кинестетический канал направлен на усвоение информации путем сосредоточения преимущественно на физических ощущениях. Кинестетическое восприятие информации человеком такого типа тесно связано с его органами осязания, запаха и вкуса.

Дигитический канал нацелен на усвоение информации путем концентрации на абстрактно – логических образах. Такой человек склонен во всем искать смысл, раскладывать свои знания «по полочкам». Дигиталу крайне важно знать, с какой целью он выполняет то или иное действие и что из этого последует [2].

Исходя из вышесказанного и принимая во внимание, что на обучение уровня среднего специального образования в академию осуществляется прием после базового среднего образования (9 классов), при разработке электронных образовательных ресурсов следует задействовать все известные каналы восприятия информации.

И если для наполнения визуального, аудиального, и дигитического каналов восприятия информации у современных информационных технологий достаточно средств, то с задействованием кинестетического канала восприятия существуют определенные трудности. Однако отчасти проблемы представления кинестетической информации помогут решить технологии дополненной и виртуальной реальности.

Ниже представлена таблица, иллюстрирующая последовательность изложения и возможное наполнение электронного образовательного ресурса по предмету с учетом модульного обучения.

Таблица – Структура электронного образовательного ресурса

Модуль (раздел, тема) 1		
Лекционное занятие (занятие усвоения новых знаний и способов действия)		
Полный текстовый вариант	Опорный конспект (презентация)	Аудио вариант
Практическое занятие (занятие комплексного применения знаний и способов действия)		
Виртуальные стенды и лабораторные установки	Элементы виртуальной и дополненной реальности	Видеофильмы, видеоэкскурсии
....		
Контроль по модулю (разделу, теме)		
Компьютерное тестирование	Задание в виртуальной или дополненной реальности	Письменная контрольная работа
....		
....		
Модуль (раздел, тема) N		
....		
Итоговый контроль по предмету		
Экзамен (дифференцированный зачет, семестровая отметка)	Итоговое компьютерное тестирование	

Подготовленный по такой схеме образовательный ресурс позволит курсантам наряду с посещением традиционных аудиторных занятий получать информацию и закреплять знания и из других источников в удобной для них форме.

В случае отсутствия курсанта на занятиях, по каким-либо модулям (разделам, темам), будет возможность самостоятельно изучить структурированный материал. Также такой образовательный ресурс может быть использован при необходимости дистанционного обучения [3].

Цифровой образовательный ресурс может быть представлен на DVD или любом другом электронном носителе, а также опубликован в телекоммуникационной сети.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Технологии виртуальной реальности при проведении технологических практик / И. Аушев [и др.] // Авиационный вестник. – 2022. – № 6. – С. 17–20.
2. Ероменко Е. А. Компьютерные технологии при модульном обучении / Е. А. Ероменко, А. В. Савченко, Д. А. Беляев // Авиация: история, современность, перспективы развития : тезисы докладов VII Международной научно-практической конференции, Минск, 2022. – Минск : БГАА, 2022. – С. 130–135.
3. Восприятие информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://center-yf.ru/data/stat/vospriyatie-informacii.php>. – Дата доступа: 05.10.2023.

УДК 629.76

А.И. Кириленко, М. Мирлан кызы, Е.С. Ледник

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИСТОКИ РЕАКТИВНОЙ ТЕХНИКИ

Реактивная техника считается одним из важнейших достижений 20-го века. Известны реактивная авиация, реактивная артиллерия, а ракетная техника занимает особое место в нашей цивилизации, стремительно меняя и расширяя границы нашего мира. Приборы,

работающие на реактивном принципе, проникают в наш быт (Сегнерово колесо, 1750 г., водометы). Цель работы – проанализировать процессы, сопровождавшие становление и совершенствование этой техники.

Началось все, пожалуй, с изобретения пороха. Это капризное вещество стало таким, как мы его знаем, отнюдь, не сразу. Все началось с изучения свойств селитры, которая рассматривалась древними китайцами и индусами, на территории которых находились месторождения этого вещества, как лечебное средство для заживления ран, а также использовалась вместо поваренной соли (5–6 века). Такое чудесное вещество привлекло внимание алхимиков Древнего Китая, которые занимались поисками эликсира бессмертия. Власть имущие средств на такие дела не жалели, и, поэтому, фронт работ по изучению свойств селитры сильно расширился. Камень, который может гореть, или «китайский снег», вызывал повышенный интерес. Опыты продолжались, и лишь в 7 веке врач-алхимик Сунь Сямьяо получил очень неудачный образец искомого эликсира и решил от него избавиться путем сжигания. В результате произошел мощный взрыв. Считается, что так был изобретен прообраз пороха. В 808 г. в Китае был описан способ приготовления топливной смеси из серы, селитры и древесного угля. Это была пороховая мякоть. Она не годилась даже для фейерверков. На тот момент это изобретение никакого внимания не привлекло. Однако дальнейшие опыты продемонстрировали особые красочные картины сгорания этого вещества в смеси со специальными добавками. Так были изобретены фейерверки, и порох нашел свое первое практическое применение [1, 4]. Тем не менее приоритет в открытии принципа реактивного движения принадлежит не китайцам, а греку Герону, жившему в первом веке нашей эры, который изобрел игрушку – золипил, шар, вращающийся за счет истечения пара кипящей воды из сопел. Твердотопливные реактивные двигатели – пороховые аналоги ракет появились в Китае лишь в 10 веке н. э.

Китайцы заметили, что если сосуд с порохом прикрепить к стреле и направить должным образом струю истекающего пламени, то она летит несколько дальше обычного и эффективно поджигает объект, в который попадает. Это наблюдение не получило широкого практического развития. С одиннадцатого по тринадцатый век китайцы совершенствовали свои орудия с пороховым составом. Они изобретали все новые виды оружия. Врагов настигали огненные шары, снаряды, запущенные и бамбуковых трубок и бомбы, метаемые катапультами. К концу 13 в. стали использоваться фугасные мины с запалами, которые устанавливались в грунт. Эти снаряды с «пороховой мякотью» снаряжались готовыми осколками фарфора или колючек. Для катапульта применялись бомбы из двух сосудов. В одном помещался порох «взрывчатый», а во втором – «зажигательный». Благодаря своему «огненному зелью» китайцы выходили победителями практически из всех сражений, а слава о необычном веществе быстро расползлась по миру. Сначала в качестве оружия применялись фейерверки, а позже – «стрелы летящего огня». Ближе к 13 веку, усовершенствуясь в этой области, стрелы применяли уже более похожий на ракету вид – подобие многоступенчатой ракеты – для увеличения дальности стрельбы и скорости. Именно в эту сунскую эпоху стало ясно, что «огненное зелье» является крупным технологическим достижением [1, 3]. Так продолжалось до начала 13 века, пока воинственные монголы под предводительством Чингисхана, не вторглись в Китай. Превосходя монголов по качеству и эффективности оружия, китайцы не смогли им долго противостоять. Монголы быстро оценили китайское изобретение. Их превосходные луки, оснащенные стрелами с пороховыми зарядами, стали очень эффективным средством уничтожения деревянных укреплений противника.

Итак, следует отметить, что на первом этапе развития реактивная техника в основном использовалась для проведения увеселительных мероприятий, подачи сигналов и оказания в основном психологического воздействия на противника. Какого-либо обоснования боевого применения устройств типа ракет на этом этапе сделано не было. Если от хлопушки или бомбы требовалось, чтобы порох в них сгорал как можно стремительнее, обеспечивая взрывное расширение газов, то для полета ракеты было необходимо ровное продолжительное

горение, обеспечивающее тягу. Попытки создания твердотопливных ракет в интересах боевого применения уже были, но ни у кого не получалось создать такую пороховую смесь, которая горела бы равномерно. Поэтому ракеты имели крайне низкую точность поражения целей и считались, в общем-то, бесполезными игрушками [1, 3].

Логика военного применения пороха заключалась в том, чтобы метать более массивные объекты, чем стрелы. К этому периоду относится появление первых примитивных пушек. Однако первые такие изделия были ненадежными и неэффективными – они могли стрелять только маленькими кусками металла, и точность их стрельбы была отвратительной. Процесс заряжания был очень трудоемким и отнимал массу времени. Все это сводило боевую эффективность артиллерии почти на нет. «Пушки» всего-навсего сбивали несколько человек с лошадей [4].

Все же артиллерия заняла свое место в обширном арсенале китайских военных. Год за годом они продолжали совершенствовать ее, однако пока ни о какой революции в военном деле говорить не приходилось. Это было просто еще одно военное приспособление, еще один способ применения «огненного зелья». Однако этому изобретению предстояло отправиться в края, где оно произведет гораздо более основательный эффект – не просто будет орудием войны, но перевернет само устройство общества и кардинально изменит ход истории. Речь идет о проникновении пороха в Европу [1].

Порох стал известен в Европе уже в Средневековье. Европейцы познакомились с силой пороха от монгольских завоевателей в 1241 г. в Моравии. Позже он применялся в артиллерии, при осаде крепостей в составе мин, а белорус Казимир Семенович стал проводником применения ракет в военном деле (1650 г.).

Следующим крупным шагом на пути прогресса реактивной техники стали идеи, выдвинутые К. Э. Циолковским в его работе 1903 г. Он предложил жидкостный ракетный двигатель, который имел ряд преимуществ перед твердотопливным. Тяга реактивного двигателя тем больше, чем больше скорость истечения газов, а последняя определяется удельной теплотой сгорания топлива. Для пороха эта величина мала – всего 5 МДж/кг, а для керосина – 46 МДж/кг. Кроме того, сгорание жидкого топлива можно сделать гораздо более устойчивым, чем сгорание порохов. Наиболее широкое применение жидкостные реактивные двигатели (ЖРД) нашли в авиации. Этому способствовали их уникальные характеристики – малый расход топлива, 15–20 кг/(час · кгс тяги) обеспечивал тягу 500–1500 кгс; малый удельный вес, порядка 0,1 кг/(кгс тяги). Такие двигатели вначале применялись как стартовые ускорители с временем действия порядка 25 с. Второе важное применение, возможно, более раннее – военное. Перед войной были разработаны многоствольные реактивные минометы, специальные реактивные установки. Реактивные снаряды обладали мощным осколочным и фугасным действием, что способствовало быстрому продвижению этого вида оружия. Реактивные снаряды в Красной Армии прежде всего стали применяться как авиационное вооружение и в боях за Халхин Гол произвели потрясающий эффект.

Всемирно известная машина «Катюша» (БМ-13, Сталинский орган) создавалась в течении большого отрезка времени разными авторами и коллективами. На первом этапе решался фундаментальный вопрос получения топлива для реактивных снарядов. В нашем случае это был коллоидный бездымный порох. На втором этапе разрабатывался собственно снаряд. Снаряд был создан и испытан еще до войны, но применялся, как указывалось, он на самолетах для поражения авиации и наземных целей. Исходя из опыта применения реактивных снарядов, сделали вывод, что при всех положительных качествах, в этих снарядов есть и отрицательные. Прежде всего – проблема прицеливания: одиночным снарядом было очень трудно попасть в цель. Именно этот вопрос решался на третьем и последнем этапе. Огневая мощь БМ-13 стала сюрпризом не только для немцев, но и для советского командования. «Катюша» была продемонстрирована военным 17 июня 1941 года в числе других разработок. Причем ее показ значился в программе последним, потому что от реактивной артиллерии никто ничего особенного не ожидал. Однако главный конструктивный недостаток установки так и не был исправлен до окончания войны. Дело в

том, что минимальный угол наклона направляющих у БМ-13 был равен 15° , а значит, вести огонь можно было на дальность не менее 2–3 км. В этом кроется причина гибели знаменитой батареи капитана Флерова – первой ракетной части в Красной Армии [2].

Вторым важным достижением реактивной техники в годы войны стала баллистическая жидкостная ракета Вернера фон Брауна Фау-2. Немцы уделяли огромное внимание развитию реактивной техники и называли ее «чудо-оружием». Боевые ракеты в документах назывались «агрегатами». К середине 1933 года группа, возглавляемая Дорнбергером и фон Брауном, начала работу над созданием «Агрегата-1» (или А-1). Стабильность траектории полета обеспечивалась с помощью гироскопа весом около 34 кг, помещенного в носовой части аппарата. Ракета А-1 была готова к запуску уже в конце 1933 года. Буквально через доли секунды после запуска двигателя ракета А-1 превратилась в огненный шар и груды металла. Это произошло по причине задержки момента зажигания в двигателе. Вернер фон Браун готовился к расстрелу.

С учетом уже имевшихся теоретических и практических наработок Вернера фон Брауна, первая в мире баллистическая ракета и стартовый комплекс были созданы за фантастически короткий срок – всего за 21 месяц. 3 октября 1943 года был осуществлен ее первый успешный запуск. Это была первая в мире управляемая боевая баллистическая ракета. В ее конструкции германскими конструкторами был достигнут огромный прогресс в создании жидкостных ракетных двигателей, систем управления ракетой в полете и наведения.

Ракетостроение развивалось более 2000 лет. Современные ракеты – результат долгой традиции изобретения и экспериментов, они совмещают достижения широкого круга инженерных дисциплин. Мало какие изобретения человечества, если такие вообще есть, способны выдерживать такие же экстремальные условия, как ракеты. Ракеты испытывают сильнейшие перегрузки во время старта и выдерживают точки сильного нагревания – в местах, наиболее подверженных аэродинамическому трению, – и замерзания – из-за жидкого водорода/кислорода криогенной температуры. Управлять ракетой – дело тонкое: зачастую от успешного запуска до взрывной катастрофы один шаг. Ни одна другая инженерная конструкция не сравнится в сложности и взаимной зависимости систем, которые должны идеально взаимодействовать для слаженной работы.

Как видим, принцип реактивного движения был изначальным в использовании пороха – стрелки и фейерверки. Затем эти достижения были забыты на века. Вновь обратил на это внимание в Казимир Семенович, но только в 20 в. удалось создать и реактивное оружие, и ракеты различного назначения. Человечество осваивает космос, и ракета – единственное орудие для этого процесса. Но жидкостная ракета свои возможности исчерпала. Теперь грядет эпоха атомных ракетных двигателей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Келли, Дж. Порох. От алхимии до артиллерии: история вещества, которое изменило мир / Дж. Келли. – М. : КоЛибри, 2005. – 340 с.
2. Широкопад, А. Б. От «Катюши» до «Смерча». Из истории реактивной артиллерии / А. Б. Широкопад. – М. : Вече, 2005. – 400 с.
3. Дворянинов, В. Н. Боевые патроны стрелкового оружия. От изобретения пороха до середины XX столетия / В. Н. Дворянинов. – М. : Фонд «Русские Витязи, 2015. – 784 с.
4. Артемида История изобретения пороха и его применение в Древнем Китае [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://артемида-ук.рф/strelkovoe/iz-chego-delali-poroh-v-drevnosti.html?utm_referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com%2F. – Дата доступа: 10.10.2023.

УДК 378.172

Е.Д. Бойко, А.Д. Минаева, Е.Н. Кравченко

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***ВАРИАТИВНОСТЬ ОЦЕНКИ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ВЫНОСЛИВОСТИ И ГИБКОСТИ КУРСАНТОВ**

В теории и методике физического воспитания существует огромное количество упражнений, для определения уровня развития двигательных качеств и способностей. Основными из них пользуются в учреждениях образования для определения уровня физической подготовленности учащихся. Примером таких упражнений являются: наклон вперед, челночный бег 4×9 метров, прыжок в длину, подтягивания и т. д. Однако, существует возможность подобрать упражнения, которые позволяют более углубленно характеризовать и оценить уровень развития того или иного качества у курсантов. Для этого предлагается создать блок тестов, отличающихся от стандартных упражнений, используемых при сдаче контрольных нормативов, благодаря которым можно будет детальнее протестировать то или иное качество, например выносливость и гибкость.

Выносливость-способность выполнять мышечную работу длительное время, без снижения ее эффективности. Существует две основные разновидности выносливости – статическая и динамическая.

Статическая выносливость – это способность к продолжительному поддержанию тела в одной и той же позе, например планка и ее разновидности. Динамическая выносливость, в свою очередь, характеризуется выполнением тяжелых мышечных упражнений в умеренном темпе, но продолжительное время, например, приседания [4].

Предлагаемый тест для определения уровня развития статической выносливости – «Планка». Тест направлен на оценку силовой выносливости прямой мышцы живота, наружных и внутренних косых мышц живота, а также больших ягодичных мышц при изометрическом режиме мышечной работы. Для выполнения теста необходимо наличие секундомера.

Методика проведения: курсант занимает положение упора лежа на предплечьях, локти располагаются прямо под плечевыми суставами, ноги вместе, при этом тело должно образовывать прямую линию от головы до пяток. В тот момент, когда спортсмен принял данную позицию, запускается секундомер. Задача удерживать данное положение как можно дольше. Полученный результат фиксируется. Методические указания: тест прекращается в случаях, если спортсмен не в состоянии больше удерживать исходное положение. Основным недостатком является субъективизм при оценке невозможности больше удерживать позицию тела.

Кроме того, выносливость можно делить на общую и специальную. Есть несколько разновидностей специальной выносливости: силовая выносливость, скоростно-силовая выносливость, скоростная выносливость.

Силовая выносливость – это разновидность специальной выносливости, которая используется для развития и поддержания качества сократительной силы мышц. Это может понадобиться человеку на спортивном состязании или, например, при выполнении сложного тренировочного задания. Здесь же стоит сказать про локально-мышечную выносливость, которая позволяет человеку продолжительное время выполнять заданную работу за счет высокого уровня окислительных и сократительных возможностей определенных мышц [5].

Предлагаемый тест для определения уровня силовой выносливости – удержание тела в виси на перекладине. Методика проведения: тестируемый принимает положение вися так, чтобы его подбородок находился над перекладиной. После этого включается секундомер. Когда под влиянием утомления руки начнут разгибаться и глаза окажутся на уровне перекладины, выполнение теста прекращается.

Скоростно-силовая выносливость – вид выносливости, характеризующийся выполнением действий высокой активности силового характера в течение длительного времени. Он требуется для совершения движения «взрывного» характера [6].

Предлагаемый тест для определения уровня скоростно-силовой выносливости – «Бёрпи». Методика выполнения: упражнение начинается из положения стоя, руки свободно свисают вниз, ноги на ширине плеч. После чего необходимо принять положение упор сидя, упершись в пол руками и сев на носки. Из положения упор сидя нужно принять упор лежа, в прыжке выбросив ноги и поставив их на пол. После чего, так же в прыжке, необходимо снова принять положение упор сидя. Последним пунктом станет прыжок вверх и сопутствующий ему выдох. Во время прыжка курсант должен оторваться от пола не меньше чем на 10 см, и одновременно с этим вытянуть прямые руки вверх, а затем, принять стартовое положение.

Скоростная выносливость – это способность поддерживать высокий темп деятельности длительное время, без снижения ее эффективности.

Предлагаемый тест для определения уровня скоростной выносливости – тест «Индекс утомления в спринте». Для проведения теста необходимо наличие секундомера, а также беговой дорожки длиной не менее 50 метров, на которой чертятся две параллельные линии на расстоянии 30 метров друг от друга. Желательно также присутствие двух испытателей: первый фиксирует время преодоления отрезков, второй засекает паузы отдыха. Методика проведения: курсант занимает положение высокого старта за линией старта. По свистку или иному заранее оговоренному сигналу спортсмен выполняет бег с максимально возможной скоростью на протяжении 30 метров. Результат фиксируется. После отдыха 30 секунд спортсмен стартует от второй линии в обратном направлении. Всего в ходе теста курсант должен преодолеть десять отрезков по 30 метров. Паузы отдыха каждый раз увеличиваются на 30 секунд, начиная с первой 30-секундной паузы: 1) 30 секунд; 2) 1 минута; 3) 1,5 минуты и т. д.

На основе полученных результатов высчитывается индекс утомления: разница между средней скоростью преодоления первых трех и заключительных трех 30-метровых отрезков. Индекс утомления: среднее время первых трех испытаний (t_{cp1-3}) разделить на среднее время трех последних испытаний (t_{cp8-10}). Где $t_{cpn} = (t_{n1} + t_{n2} + t_{n3})/3$ [2].

Гибкость – способность выполнять движение с большой амплитудой. Виды гибкости по форме проявления: активная, пассивная, общая и специальная. Активная гибкость – способность выполнять движение с большой амплитудой за счет собственных мышечных усилий. Пассивная гибкость – способность выполнять движение с большой амплитудой за счет действия внешних сил.

По способу проявления: динамическая гибкость – гибкость, проявляемая в упражнениях динамического характера (в движениях). Статическая гибкость – гибкость, проявляемая в упражнениях статического характера.

Общая гибкость – способность выполнять движение с большой амплитудой в наиболее крупных суставах и в различных направлениях. Специальная гибкость – способность выполнять движение с большой амплитудой в суставах и направлениях, соответствующих особенностям спортивной специализации.

Показателем уровня развития гибкости является максимальная амплитуда (размах) движения. Ее измеряют в угловых градусах посредством гониометров или в линейных мерах при помощи сантиметровой линейки. В практике физического воспитания и спорта для контроля за развитием гибкости используются разнообразные тесты [1].

Тест для определения подвижности в плечевом суставе. Методика выполнения: курсант, взявшись за концы гимнастической палки (веревки), выполняет выкрут прямых рук назад. Подвижность плечевого сустава оценивают по расстоянию между кистями рук при выкруте: чем меньше расстояние, тем выше гибкость этого сустава, и наоборот. Кроме того, наименьшее расстояние между кистями рук сравнивается с шириной плечевого пояса курсанта.

2. Тест для определения подвижности позвоночного столба. Определяется по степени наклона туловища вперед. Методика выполнения: курсант в положении стоя на скамейке (или сидя на полу) наклоняется вперед до предела, не сгибая ног в коленях. Гибкость позвоночника оценивают с помощью линейки или ленты по расстоянию в сантиметрах от нулевой отметки до третьего пальца руки. Если при этом пальцы не достают до нулевой отметки, то измеренное расстояние обозначается знаком «минус», а если опускаются ниже нулевой отметки – знаком «плюс».

3. Тест для определения подвижности в тазобедренном суставе. Методика выполнения: курсант стремится как можно шире развести ноги: 1) в стороны и 2) вперед- назад с опорой на руки. Уровень подвижности в данном суставе оценивают по расстоянию от пола до таза (копчика): чем меньше расстояние, тем выше уровень гибкости, и наоборот.

4. Тест для определения подвижности в коленных суставах. Методика выполнения: курсант выполняет приседание с вытянутыми вперед руками или руки за головой. О высокой подвижности в данных суставах свидетельствует полное приседание.

Пассивная гибкость определяется по наибольшей амплитуде, которая может быть достигнута за счет внешних воздействий. Ее определяют по наибольшей амплитуде, которая может быть достигнута за счет внешней силы, величина которой должна быть одинаковой для всех измерений, иначе нельзя получить объективную оценку пассивной гибкости. Измерение пассивной гибкости приостанавливают, когда действие внешней силы вызывает болезненное ощущение.

Тест для определения уровня пассивной гибкости. Методика выполнения: Упражнение выполняется из исходного положения лежа на спине руки внизу, ноги вместе. Партнер поднимает одну ногу курсанта вверх, стараясь коснуться ей плеча тестируемого. Чем больше угол отведения, тем выше уровень пассивной гибкости. Измерение прекращается, когда курсант не в состоянии больше удерживать ноги выпрямленными в коленном суставе, или испытывает дискомфорт.

Информативным показателем состояния суставного и мышечного аппарата курсанта (в сантиметрах или угловых градусах) является разница между величинами активной и пассивной гибкости. Эта разница называется дефицитом активной гибкости.

Данные тесты позволяют оценить такие качества, как выносливость и гибкость как бы с другой перспективы, благодаря тому что эти тесты имеют более узкую направленность и могут быть более информативны, чем общепринятые тесты. Каждый из этих тестов оценивает не качество в целом, а какую-то его отдельную составляющую. Это позволяет увидеть, какая разновидность качества отстает от остальных, а какая преуспевает. Эта информация может позволить в будущем создать комплекс специализированных упражнений для повышения уровня конкретных способностей, как в целом, так и в частности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гимнастика / под ред. А. Т. Брыкина. – М., 2011. – 177 с.
2. Дегтярев, Н. П. Исследование факторной структуры скоростных выносливостей боксеров в специальных заданиях : автореф. дис ... канд. пед. наук / Н. П. Дегтярев. – М., 1999. – 22 с.
3. Фурманов, А. Г. Оздоровительная физическая культура / А. Г. Фурманов, М. Б. Юспа. – М. : Медицина, 2009. – 421 с.
4. Курамшин, Ю. Ф. Выносливость и методика ее развития : учебное пособие / под общ. ред. Ю. Ф. Курамшина, В. И. Попова. – СПб., 1999. – 170 с.
5. Набатникова, М. Я. Специальная выносливость спортсменов / М. Я. Набатникова. – М. : Физкультура и спорт, 2001. – 19 с.
6. Мотылянская, Р. Е. Выносливость у юных спортсменов / Р. Е. Мотылянская. – М. : Физкультура и спорт, 1999. – 223 с.

УДК 334.024

А.С. Журавский, О.С. Полетаева

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПОСЛЕДСТВИЯ ВЛИЯНИЯ ПАНДЕМИИ COVID-19 НА ГЛОБАЛЬНЫЙ АВИАЦИОННЫЙ СЕКТОР ЭКОНОМИКИ

Воздушный транспорт в настоящее время является крайне важным для успешного функционирования глобальной экономики, ее дальнейшего гармоничного развития и поддержания устойчивого экономического роста. Он позволяет обеспечить мобильное скоростное перемещение людей и товаров между различными континентами, способствуя развитию мировой торговли и индустрии международного туризма. Воздушный транспорт играет жизненно важную роль в глобальных цепочках поставок, поскольку он в основном используется для перевозки срочных товаров и не имеет себе равных с точки зрения времени, скорости и гибкости.

Авиация поддерживает 88 миллионов рабочих мест по всему миру и создает 3,5 миллиардов долларов в мировой экономике, поэтому неудивительно, что отрасль считается основной в международной торговле и экономическом развитии большинства стран. Но следует отметить, что авиация – одна из отраслей экономики, наиболее пострадавших от пандемии COVID-19. Причинами столь значительного обвала выступают следующие:

Во-первых, количество выполняемых рейсов в период пандемии было критически сокращено, а некоторые и вовсе прекращены из-за возможности заражения во время полета из-за прямого контакта с потенциальными переносчиками инфекции COVID-19. На начальном этапе пандемии самолеты, по сути, «перевозили» новую инфекцию из страны в страну и с континента на континент. В результате воздушное сообщение было прекращено как вид деятельности и источник дохода для авиакомпаний.

Во-вторых, с началом пандемии произошло резкое снижение спроса на авиаперевозки в связи с уменьшением масштабов экономической активности и мобильности населения. Количество авиаперевозок коррелирует с динамикой внутреннего валового продукта (далее – ВВП). Следовательно, когда экономика находится на подъеме, люди чаще летают по деловым и личным причинам. В условиях пандемии авиаперелеты стали крайне опасным и дорогостоящим видом транспорта для большей части населения планеты. За всю историю своего развития гражданская авиация никогда не получала столь «мощного удара» как во время пандемии COVID-19.

По оценкам Международной ассоциации эксплуатантов воздушного транспорта (далее – ИАТА), выручка авиакомпаний в 2020 году упала на 419 миллиардов долларов, или на 50 %, по сравнению с 2019 годом. Отсутствие предшествующих катастрофических событий, затронувших авиационную отрасль (в том числе: атипичная пневмония в 2003 году, трагедия 11 сентября 2001 года, извержение вулкана в Исландии в 2010 году, мировые экономические кризисы) не привели к таким финансовым потерям для пассажирских перевозок. Например, потери американских авиакомпаний в результате терактов 11 сентября оцениваются в сумму от 5 до 15 миллиардов долларов.

Данные ИАТА показывают, что общий спрос на авиаперевозки в 2020 году упал на 65,9 % по сравнению с 2019 годом. Это, безусловно, самое резкое снижение объема перевозок в истории гражданской авиации. Спрос на международные рейсы в 2020 году был на 75,6 % ниже, чем в 2019 году. Потенциальная вместимость авиалайнеров снизилась на 68,1 % в связи с сокращением количества рейсов, а их коэффициент загрузки снизился до

62,8 %. Спрос на внутренние рейсы упал меньше в 2020 году, снизившись на 48,8 % по сравнению с 2019 годом. Предельный пассажирооборот упал на 35,7 %, а заполняемость авиалайнеров составила 66,6 %.

Изменения в масштабах авиаперевозок пассажиров значительно различаются по регионам мира. Рынок Ближнего Востока пострадал больше других – спрос упал на 72,2 %. Ситуация была немного лучше в Азиатско-Тихоокеанском регионе, где пассажиропоток снизился на 61,9 %, поскольку крупные внутренние рынки Китая, Японии и Кореи продолжали генерировать спрос. Также чуть выше среднемировых оказались показатели Латинской Америки: сокращение спроса здесь составило 62,1 %. До пандемии COVID-19 в Соединенных Штатах было 2 миллиона авиапассажиров в день. Во время пандемии произошло падение до менее 100 тысяч человек в день. По мнению аналитиков, это уровень 1954 года.

По России пассажиропоток в 2020 году в целом сократился на 46 %. Международные перевозки российских авиакомпаний упали в 4,2 раза. Снижение пассажиропотока в 2020 году поставило под угрозу 4,8 миллиона рабочих мест (43 % рабочих мест до COVID-19 на начало 2020 года): 1,3 миллиона работников авиакомпаний.

Пострадали и отрасли экономики, непосредственно связанные с авиаперевозками, в первую очередь туризм (около 58 % туристов прибыли в пункты назначения воздушным транспортом). Страны мира, экономическое положение которых сильно зависит от туризма, старались поддерживать количество рейсов, например, Объединенные Арабские Эмираты (далее – ОАЭ). Авиакомпания Emirates так отчаянно нуждалась в пассажиропотоке, что пообещала выплатить 1765 долларов на похороны, если кто-то умрет от COVID-19 после полета на их рейсах.

Почти для всех крупнейших авиационных компаний Европы 2020 год стал худшим за всю историю существования. Чистый убыток немецкого авиаконцерна Lufthansa Group (включающего Lufthansa, Austrian, Swiss, Eurowings и Brussels) достиг 6,7 миллиардов евро. Франко-голландская группа Air France-KLM объявила об убытках в размере 7,1 миллиардов евро. А группа авиакомпаний, в которую входят British Airways, Iberia, Vueling и Aer Lingus, закончила год с рекордным убытком в 7,4 миллиардов евро.

Все авиакомпании мира пытаются сократить расходы, в том числе сокращают или отправляют своих сотрудников в неоплачиваемый отпуск. Бюджетная авиакомпания Norwegian Air Shuttle была вынуждена отправить половину своих 11 000 сотрудников в неоплачиваемый отпуск. Скандинавские авиалинии (SAS) уволили 10 000 (90 %) сотрудников в 2020 году. Голландский флагман KLM объявил о сокращении 2 тыс. рабочих мест.

Многие перевозчики также вынуждены снижать стоимость приобретения новых самолетов. Cathay Pacific Airlines ведет переговоры о задержке поставки оборудования с Airbus и Boeing. Европейский аэрокосмический гигант Airbus уже согласился отложить некоторые поставки китайским авиакомпаниям. Авиакомпании просят лизинговые организации, которым сейчас принадлежит около 50 % мирового парка самолетов, отсрочить платежи.

Группа компаний «Аэрофлот», согласно финансовой отчетности за 2020 год, получила чистый убыток в размере 123 миллиардов рублей (примерно 1,4 миллиардов евро). В докризисном 2019 году его чистая прибыль составила 13,5 миллиардов руб. Аэрофлот обеспечил себя необходимыми ресурсами ликвидности за счет средств от дополнительной эмиссии акций в размере 80 миллиардов рублей и кредитов под государственные гарантии в размере 70 миллиардов рублей. Несмотря на все трудности, ни один российский перевозчик за время пандемии не обанкротился. Многие авиакомпании сократили маршрутную сеть до минимума, но продолжают обслуживать внутренние рейсы [3].

Больше всего пострадал Лондонский аэропорт Хитроу, который за этот период ожидал принять 820 000 пассажиров. В число трех наиболее пострадавших воздушных гаваней также вошли международный аэропорт Париж-Шарль де Голль (370 000 человек) и международный аэропорт Франкфурта-на-Майне (340 000 человек). Аэропорты Амстердама и Дублина не смогли насчитать 290 000 и 160 000 пассажиров соответственно.

В сложившейся ситуации государственная помощь рассматривалась, как единственный шанс спасти авиакомпании. «Большая тройка» авиаперевозчиков из Китая (China Southern Airlines, Air China и China Eastern Airlines), находящаяся под контролем правительства страны, получала дополнительную финансовую помощь в период кризиса периода

пандемии. Власти Китая объявили, что будут субсидировать компании, выполняющие международные рейсы, и платить им 0,0528 юаня за 1 км маршрута на одного пассажира. Так, за перелет по маршруту Лондон-Пекин, протяженность которого составляет 8175 км, правительство заплатит авиакомпаниям 432 юаня (\$62) за пассажира [3, 4].

Правительства ряда стран оказывают различную помощь авиационной отрасли. Например, правительство Норвегии отменило налоги для авиационной отрасли. В попытке предотвратить «полеты-призраки», государственные регулирующие органы по всему миру временно отменили правила, требующие, чтобы места в самолетах использовались как минимум на 80 %. По данным ИАТА, правительства разных стран уже выделили 215 миллиардов долларов на поддержку авиакомпаний для стимулирования восстановления туристической отрасли [4].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Doc 9626. Руководство по регулированию международного воздушного транспорта : утвержд. Ген. секретарем и опубликовано с его санкции. – 2-е изд. – Монреаль : ИКАО, 2004. – 220 с.
2. Бородин, А. И. Прогнозирование банкротства авиакомпаний: глобальный рынок [Электронный ресурс] / А. И. Бородин, В. И. Пятанова, А. В. Яшин. – Режим доступа: <https://prognozirovanie-bankrotstva-aviakompaniy-globalnyy-rynok.pdf/>. – Дата доступа: 15.10.2023.
3. Пехтерева, Е. А. Пассажирские авиаперевозки в период пандемии COVID-19 [Электронный ресурс] / Е. А. Пехтерева. – Режим доступа: <http://passazhirskie-aviaperevozki-v-period-pandemii-covid-19.pdf>. – Дата доступа: 15.10.2023.
4. Климова, Т. Б. Динамика развития авиаотрасли: тренды и пандемийные вызовы / Т. Б. Климова // *Economics. Information technologies*, 2020. – Т. 47, № 3. – С. 512–521.

УДК 964.84

А.В. Белоусов, А.В. Найдович

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ОЦЕНКА ПРОЯВЛЕНИЙ СТРЕССА У КУРСАНТОВ БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ АВИАЦИИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ОБУЧЕНИЯ

В настоящее время, актуальным направлением исследований является анализ эмоциональных состояний человека. Во многом это обуславливается резким увеличением темпа современной жизни, ростом информационной нагрузки, а также непосредственным возрастанием стрессогенных факторов на человека. Недостаточная оценка важности эмоциональной составляющей человеческой жизни и ее игнорирование приводят к увеличению числа аффективных расстройств, серьезных душевных состояний, эмоциональных взрывов и конфликтов. Это также способствует возникновению чувства неудовлетворенности собой и жизнью, что, в конечном итоге, негативно сказывается как на профессиональной деятельности человека, так и на его жизнь в целом.

В этой связи, представляется интересным изучение такого эмоционального состояния как стресс. Изучением проблемы стресса и стрессоустойчивости занимались как отечественные, так и зарубежные исследователи, такие как: Ф. Б. Березин, Дж. Гринберг, Л. А. Китаев-Смык, Р. Лазарус, Ч. Рикрофт, Г. Селье, Ю. Л. Ханин и др.

Стресс – неспецифическая (общая) реакция организма на воздействие (физическое или психологическое), нарушающее его гомеостаз, а также соответствующее состояние

нервной системы организма (или организма в целом). В медицине, физиологии, психологии выделяют положительную (эустресс) и отрицательную (дистресс) формы стресса [1].

Обучение в высшем учебном заведении – это стресс для многих студентов. Учебная деятельность является одной из наиболее интеллектуально и эмоционально напряженных видов деятельности. Интенсивность развивающейся реакции на стресс у студента в большей степени определяется личностной значимостью воздействующего фактора. Однако не менее важным становится и выработка адаптивных функций на учебный стресс на разных этапах обучения. Учебный стресс является видом профессиональных стрессов, тем самым являясь актуальным для исследования среди студентов в процессе обучения.

На основании анализа научной литературы было разработано эмпирическое исследование, направленное на изучение проявления стресса у курсантов на разных этапах обучения. Базой исследования явилась Белорусская государственная академия авиации. В исследовании принимали участие 150 курсантов разных курсов (по 30 респондентов с 1 по 5 курс). Оценка проявлений стресса осуществлялась с использованием методики «Комплексная оценка проявлений стресса» (Ю. В. Щербатых) [2].

В ходе эмпирического исследования было выявлено, что курсанты 1 курса имеют выраженное напряжение ($m_1 = 14,97$), курсанты же 2–5 курсов продемонстрировали умеренный уровень стресса ($m_2 = 11,20$; $m_3 = 11,23$; $m_4 = 7,87$; $m_5 = 10,93$). Сравнительный анализ проявления симптомов стресса у курсантов на разных этапах обучения отражен на рисунке.

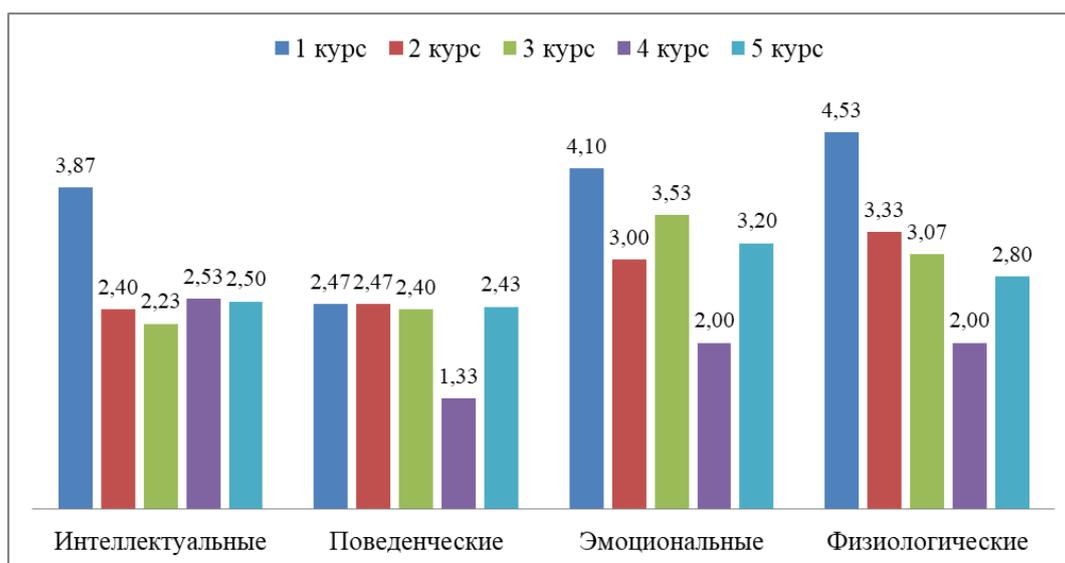


Рисунок – Сравнительный анализ проявления симптомов стресса у курсантов на разных этапах обучения

Согласно проведенному анализу симптомов проявления стресса у курсантов можно сделать предположение о том, что наблюдается тенденция спада уровня стресса в процессе обучения. Однако стоит отметить, что к крайнему курсу обучения происходит обратное незначительное возрастание проявления симптомов стресса.

На основании проведенного статистического анализа выявлены следующие значимые различия: показатель проявления интеллектуального симптома стресса курсантов 1 курса имеет статистически значимые различия с аналогичным показателем курсантов 2 курса ($U = 314,0$, при $p \leq 0,05$), а также 3 курса ($U = 264,0$, при $p \leq 0,05$). Что свидетельствует о том, что курсанты на 2 и 3 курсе обучения адаптируются к интеллектуальной нагрузке в процессе учебной деятельности. Показатели уровня проявления симптомов стресса у курсантов 1 курса и 4 курса имеют статистически значимые различия по следующим показателям: общее проявление стресса ($U = 277,5$, при $p \leq 0,05$), поведенческие симптомы ($U = 278,0$, при

$p \leq 0,05$), эмоциональные симптомы ($U = 306,0$, при $p \leq 0,05$), а также физиологические симптомы ($U = 302,5$, при $p \leq 0,05$). Данные различия указывают о том, что к началу учебного года курсанты 4 курса имеют минимальный уровень стресса, сопряженный с учебной детальностью. При этом важно отметить, что показатели стресс-индикаторов у курсантов 2–5 курсов не имеют статистической значимости. Следовательно, различий в уровне стресса не выявлено.

Данные показатели можно обусловить тем, что на первом курсе курсанты находятся в процессе адаптации не только к учебным стрессовым факторам, но зачастую и к новым условиям проживания (общежитие, съемная квартира и т. д.), находятся в процессе адаптации к взрослой жизни в целом, что непосредственно сказывается на уровне стресса в целом.

С помощью непараметрического критерия корреляции Спирмена был проведен анализ влияния симптомов стресса на общее состояние напряженности у курсантов на различных этапах обучения. Так, у курсантов 1 курса были выявлены следующие корреляционные связи общего напряжения с такими симптомами как «эмоциональные» ($r = 0,9063$, при $p \leq 0,05$), «интеллектуальные» ($r = 0,8587$, при $p \leq 0,05$), «физиологические» ($r = 0,8105$, при $p \leq 0,05$) и «поведенческие» ($r = 0,7576$, при $p \leq 0,05$). Следовательно, для курсантов 1 курса наибольшим является эмоциональный симптом стресса.

У курсантов 2 курса были выявлены статистически значимые взаимосвязи общего напряжения с такими симптомами как «поведенческие» ($r = 0,9230$, при $p \leq 0,05$), «интеллектуальные» ($r = 0,8485$, при $p \leq 0,05$), «эмоциональные» ($r = 0,8137$, при $p \leq 0,05$), «физиологические» ($r = 0,7967$, при $p \leq 0,05$). Таким образом, у курсантов 2 курса поведенческие симптомы стресса преобладают в показателях стресс-индикаторов.

У курсантов 3 курса выявлены взаимосвязи общего напряжения с переменными показателя стресса такими как «эмоциональные» ($r = 0,8873$, при $p \leq 0,05$), «физиологические» ($r = 0,8860$, при $p \leq 0,05$), «поведенческие» ($r = 0,8047$, при $p \leq 0,05$), «интеллектуальные» ($r = 0,7658$, при $p \leq 0,05$). Следовательно, для курсантов 3 курса, как и для курсантов 1 курса, наибольшим является эмоциональный симптом стресса.

У курсантов 4 курса выявлены взаимосвязи общего напряжения с переменными показателя стресса такими как «интеллектуальные» ($r = 0,7783$, при $p \leq 0,05$), «поведенческие» ($r = 0,6554$, при $p \leq 0,05$), «эмоциональные» ($r = 0,7990$, при $p \leq 0,05$), «физиологические» ($r = 0,7902$, при $p \leq 0,05$). Так, интеллектуальная нагрузка на курсантов четвертого курса является приоритетной в общем уровне стресса для курсантов данного курса.

У курсантов 5 курса выявлены взаимосвязи общего напряжения с переменными показателя стресса такими как «интеллектуальные» ($r = 0,8136$, при $p \leq 0,05$), «поведенческие» ($r = 0,8346$, при $p \leq 0,05$), «эмоциональные» ($r = 0,8617$, при $p \leq 0,05$), «физиологические» ($r = 0,6621$, при $p \leq 0,05$). Для курсантов 5 курса ключевым также является такой стресс-индикатор как интеллектуальная нагрузка.

Таким образом, на основании проведенного корреляционного анализа можно сделать вывод о том, что на каждом этапе обучения курсанты сталкиваются со специфичными стрессовыми факторами. Следовательно, при разработке психолого-педагогической поддержки курсантов должны учитываться данные особенности. Особое внимание необходимо уделять курсантов 1 курса в процессе адаптации к учебной деятельности в высшем учебном заведении.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Новгородцева, И. В. Учебный стресс у студентов-медиков: причины и проявления / И. В. Новгородцева, С. Е. Мусихина, В. О. Пьянкова // Вятский медицинский вестник. – 2014. – № 3–4. – С. 32–40.
2. Щербатых, Ю. В. Психология стресса и методы коррекции / Ю. В. Щербатых. – СПб. : Питер, 2006. – 256 с.

УДК 464.76

М.В. Данилюк, А.И. Земницкий, А.В. Найдович

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***МОТИВАЦИЯ ДОСТИЖЕНИЯ УСПЕХА У КУРСАНТОВ БЕЛОРУССКОЙ
ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ АВИАЦИИ**

Мотивация представляет собой одну из актуальных тем современной психологии, и ее изучение, включая мотивацию к учебе, играет значительную роль, как в психологических, так и в педагогических исследованиях. Эффективное социально-педагогическое взаимодействие с учащимися оказывается невозможным без учета индивидуальных особенностей их мотивации. Важно отметить, что даже когда студенты проявляют схожее поведение, мотивы, побуждающие их к этим действиям, могут значительно различаться. Некоторые могут стремиться стать выдающимися специалистами, других могут пугать перспектива потери стипендии, а третьих вдохновляет желание завоевать уважение сверстников и коллег в учебной среде и т. д.

О. Г. Туровец и В. Н. Родионова определяют мотивацию как процесс воздействия на человека в целях побуждения его к выполнению запланированной деятельности путем пробуждения соответствующих внутренних мотивов и внешних поступков [4].

А. П. Егоршин трактует мотивацию как совокупность внутренних и внешних движущих сил, побуждающих человека к деятельности, степень интенсивности деятельности, уровень затраты усилий, старания, добросовестности, настойчивости и придающие ей направленность, ориентацию на достижение определенных целей [1].

Учебная мотивация – это сложная система, включающая иерархию различных мотивационных факторов. Основная характеристика мотивации заключается в разделении ее на внутренние и внешние аспекты. Внешние мотивы включают в себя награды и наказания, давление и требования со стороны окружающих, материальные выгоды, ожидание будущих благ, и другие факторы. Они ориентированы на внешние стимулы, которые могут быть как наградой, так и угрозой. В таких случаях сам процесс обучения может быть второстепенным, и целью становится избегание негативных последствий или достижение личных выгод, таких как карьерный рост, удовлетворение честолюбия и т. д. Внутренние мотивы, напротив, связаны с самим процессом обучения и желанием развиваться. Сюда входят интерес к знаниям, любознательность, стремление увеличить свой культурный и профессиональный уровень. В этом случае обучение воспринимается как самоцель, и человек движется к учению не из-за внешних стимулов, а из-за внутреннего желания расти и развиваться. Таким образом, учебная мотивация имеет разнообразные аспекты, и понимание их важности может помочь в поиске подходящих стратегий для максимизации мотивации учащихся.

На основании анализа научной литературы было разработано эмпирическое исследование, направленное на изучение мотивации достижения успеха студентов. Базой исследования явилась Белорусская государственная академия авиации. В исследовании принимали участие 57 курсантов разных курсов. В исследовании была использована методика «Мотивация достижения успеха студентов в вузе» (С. А. Пакулина, 2008) [2].

Проанализируем полученные данные по шкалам опросника (таблица).

Так, согласно полученным данным, можно сделать вывод о том, что курсантам свойственна склонность к внутренней мотивации достижения успеха (интериоризированный успех $m = 80,32$), нежели склонность к внешней мотивации достижения успеха (экстериоризированный успех $m = 67,75$). Следовательно, мотивация к учебе у курсантов в большинстве случаев зависит от внутренних факторов заинтересованности, нежели внешнего подкрепления. В этой связи внешнее подкрепление, такое как увеличение стипендии, получение признания и благодарностей не будут являться решающими факторами.

Таблица – Средние значения по шкалам опросника

Наименование параметра	Значение
Экстериоризация успеха	67,75
Удача	14,18
Материальный уровень жизни	15,89
Признание	12,72
Власть	11,53
Интериоризация успеха	80,32
Результат собственной деятельности	16,82
Личный успех	16,98
Психическое состояние	16,51
Преодоление препятствий	15,82
Призвание	14,18

Рассмотрим подробнее экстериоризированный успех у курсантов. Во многом он обусловлен материальным уровнем жизни ($m = 15,89$). Успех как материальный уровень жизни представляет собой ценность материального продукта деятельности, внешнее, результативное достижение. При этом внутренняя мотивация достижения успеха (интериоризированный успех) отражается в:

- личном успехе человека, который достигается в ходе жизненного пути, познавая и актуализируя свои возможности ($m = 16,98$);
- ориентации на достижение результата в деятельности является категорией успеха-результата деятельности ($m = 16,82$);
- успехе как психическом состоянии, который характеризуется положительным эмоциональным подъемом, переживанием чувства удовлетворенности и обладает закрепляющим действием, на базе которого формируются новые, более сильные мотивы деятельности ($m = 16,51$).

На основании проведенного исследования можно сделать вывод о том, что необходимыми условиями для развития мотивации в учебной деятельности у курсантов может служить учебный процесс, который будет учитывать их необходимые потребности.

Т. В. Степанова [3] подчеркивает, что важной задачей педагогов является нацеленное развитие и углубление познавательного интереса студентов к предмету, стимулирование их стремления к успеху. Этому способствуют следующие факторы, влияющие на формирование интереса к учебной деятельности:

- понимание студентами смысла учебной деятельности и осознание важности изучаемых процессов для их собственного развития;
- создание условий для проявления учениками умственной самостоятельности и инициативности в учении;
- применение активных методов обучения, которые требуют активной поисковой деятельности со стороны учащихся;
- формирование проблемных ситуаций, которые убеждают студентов в необходимости приобретения новых знаний;
- предоставление учебного материала, который подразумевает некоторую степень трудности, но при этом доступен для понимания;
- использование новых и разнообразных учебных материалов и методов работы;
- поддержание эмоционально насыщенного взаимодействия между преподавателем и студентами;
- учет индивидуальных особенностей студентов, включая их потребности и мотивацию, со стороны педагога.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Егоршин, А. П. Мотивация трудовой деятельности / А. П. Егоршин. – Нижний Новгород : НИМБ, 2003. – 280 с.
2. Пакулина, С. А. Психологическая диагностика мотивации достижения успеха студентов в вузе / С. А. Пакулина // Известия РГПУ им. Герцена. – 2008. – № 12. – С. 3–5.
3. Степанова, Т. В. Исследование мотивации успеха и мотивации боязни неудачи в структуре учебной мотивации студентов вуза / Т. В. Степанова // Вестник КузГТУ. – 2004. – № 6. – С. 25–30.
4. Туровец, О. Г. Теория организации / О. Г. Туровец, В. Н. Родионова. – М. : Инфра-М, 2003. – 128 с.

УДК 159.9

А.А. Климович¹, Д.А. Дьяков²

¹*116 гвардейская штурмовая авиационная база*

²*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»*

**ОСОБЕННОСТИ МОТИВАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ЛЕТЧИКОВ ШТУРМОВОЙ АВИАЦИИ**

Одной из важнейших проблем авиационной психологии является проблема профессиональной мотивации – мотивации летной деятельности. В сферу деятельности авиационных психологов входят задачи отбора кандидатов, сознательно выбирающих профессию летчика, помощь в дальнейшем формировании и поддержании долговременной профессиональной мотивацией.

Мотивация как явление в современной психологии трактуется достаточно широко. Так Е. П. Ильин [1] указывает на существование «около 50 теорий мотивации». Представляется разумным выделить два весьма общих определения для дальнейшего рассмотрения: мотивация есть совокупность факторов, с учетом которых происходит принятие решений, формирование намерений, и деятельность и мотивация есть динамичный процесс.

Применительно к профессиональной, трудовой мотивации первое определение чаще будет отражать состояние сотрудников (совокупно и индивидуально), а второе – деятельность организации, ее руководителей, по повышению продуктивности, безопасности и иных требуемых аспектов деятельности персонала.

При рассмотрении мотивации как совокупности тенденций в поведении сотрудников, в нашем случае – летчиков, особое внимание следует обратить на выделенные Д. Макклеландом [2] ведущие мотивы, оказывающие влияние на деятельность в профессиональной сфере: мотив достижения, мотив избегания, мотив власти, мотив принадлежности. Мотивация достижения побуждается стремлением получить удовлетворение от успешной деятельности ради нее самой или от демонстрирования окружающим своей способности сделать что-то. Избегание – основы для мотива избегания обычно закладываются под воздействием некой внешней силы – родителя, учителя или ровесника, которые наказывают ребенка.

Так же необходимо учесть, что трудовая мотивация может претерпевать некоторые изменения в ходе профессиональной деятельности. Т. Ю. Базаров и А. Б. Карпов [3] выделяют ряд факторов трудовой мотивации:

- 1) «Материальное вознаграждение»;
- 2) «Коллектив»;
- 3) «Руководитель»;

4) «Условия работы» – связан с комфортными условиями трудовой деятельности, обеспеченностью всеми необходимыми ресурсами для эффективного выполнения рабочих задач, а также оптимальным рабочим режимом, графиком и расположением работодателя;

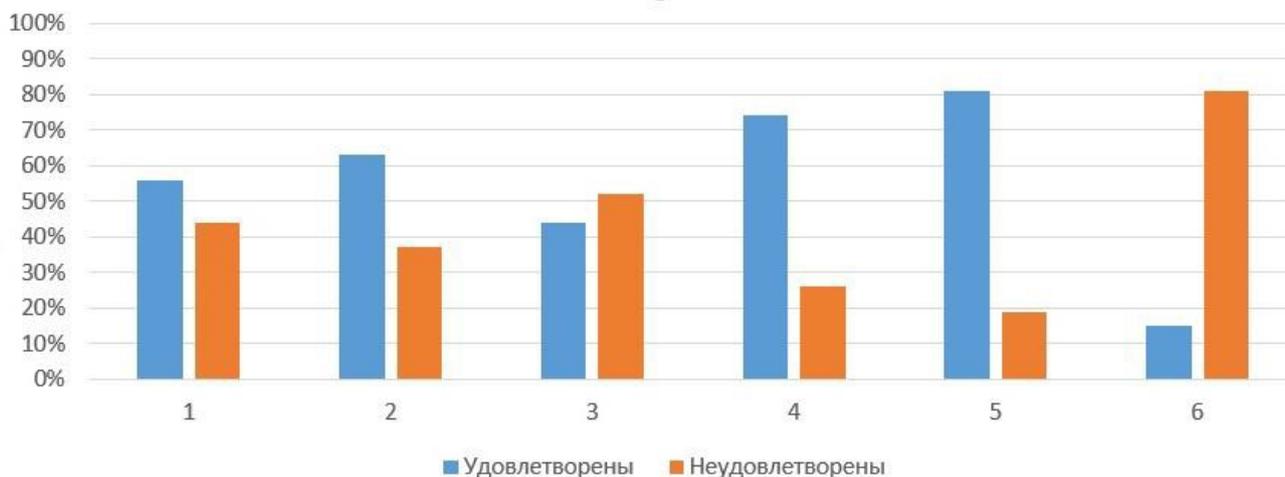
5) «Содержание работы» включает в себя мотивы, характеризующие саму деятельность: интересные и разнообразные задачи, уровень принятия решений и важности работы для развития организации, применимость предыдущего профессионального опыта, а также сбалансированность рабочих и нерабочих задач;

6) «Перспективы развития» объединяет мотивы карьерного роста, будущие возможности, которые дает темп развития организации, а также содействие в обучении и профессиональном росте.

В данной работе наибольшее внимание будет уделено именно последним трем факторам, как оказывающим более существенное влияние на мотивацию летчиков.

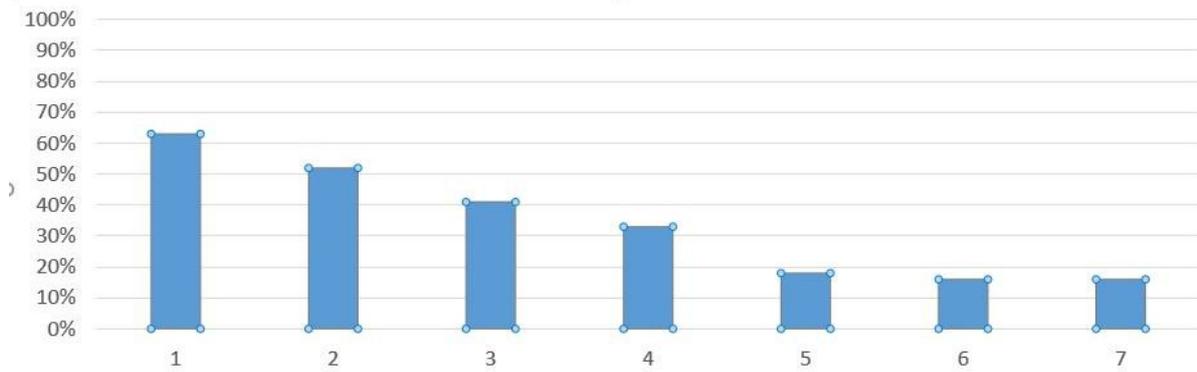
Исследование мотивации на достижение успеха, проведенное с участием летчиков штурмовой авиации, в интересах выработки рекомендаций по формированию и поддержанию долговременной профессиональной мотивации среди военных летчиков, осуществлялось с применением методики Т. Элерса, анонимного анкетирования летчиков по вопросам выбора профессии, удовлетворенности профессиональной деятельностью и условиями службы.

В ходе анкетирования респондентам было предложено оценить степень удовлетворенности по ряду критериев, которые можно распределить в соответствии с факторами, выделенными Базаровым и Карповым: фактор «Условия работы» – соблюдение регламента служебного времени, порядок предоставления выходных дней; фактор «Содержание работы» – служебная нагрузка по занимаемой должности помимо летной работы, привлекательность летной деятельности; фактор «Перспективы развития» – перспективы службы (здесь, как объективная возможность профессионального и карьерного роста), перспективы трудоустройства военных летчиков, уволенных в запас по возрасту или состоянию здоровья. Ниже представлены результаты анкетирования по вопросам удовлетворенности различными аспектами службы (рисунок 1) и оценки собственной мотивации к летной деятельности, выбора профессии военного летчика (рисунок 2).



1 – соблюдение регламента служебного времени; 2 – порядок предоставления выходных дней;
 3 – служебная нагрузка по занимаемой должности помимо летной работы; 4 – привлекательность летной деятельности; 5 – перспективы службы (здесь, как объективная возможность профессионального и карьерного роста); 6 – перспективы трудоустройства военных летчиков, уволенных в запас по возрасту или состоянию здоровья

Рисунок 1 – Оценка удовлетворенности различными аспектами профессиональной деятельности



1 – военная авиация как призвание; 2 – причастность к защите Отечества; 3 – престиж профессии; 4 – продолжение семейных традиций; 5 – стремление к стабильному и высокому заработку; 6 – желание пользоваться предоставляемыми льготами; 7 – стремление построить военную карьеру

Рисунок 2 – Оценка ведущего мотива выбора профессии военного летчика

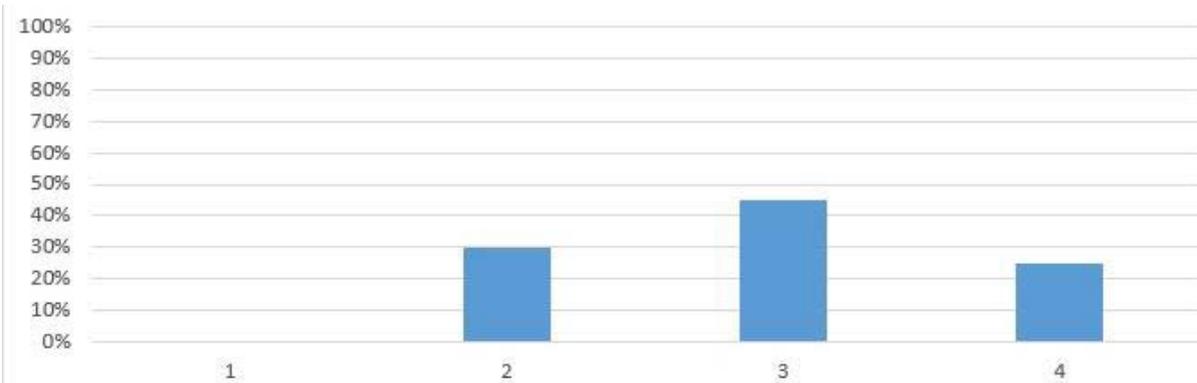
Представленные на рисунке 2 результаты анкетирования вполне укладываются в выделенные Макклеландом ведущие мотивы и показывают, что в выборе профессии военного летчика наибольшее влияние оказывают:

– мотивы принадлежности – призвание, причастность к защите Отечества, семейные традиции;

– мотивы достижения – престиж профессии, стремление построить карьеру, стремление к высокому заработку и льготам.

Не представленными оказались мотивы власти и избегания.

Высокую значимость мотива достижения в выборе летной профессии и поддержании долговременной мотивации к ней подтверждают данные о направленности на достижение успеха (рисунок 3).



1 – низкий уровень мотивации к успеху; 2 – средний уровень мотивации к успеху; 3 – умеренно высокий уровень мотивации к успеху; 4 – слишком высокий уровень мотивации к успеху

Рисунок 3 – Результаты исследования по методике Т. Элерса

Данные, полученные в результате изучения мотивационной сферы летчиков штурмовой авиации, позволяют сделать ряд выводов:

1. Специфика деятельности военных летчиков, как представителей опасной профессии, формирует требования к кандидатам для овладения специальностью не только в сфере когнитивных и физических кондиций и способностей, но и в сфере мотивационной.

2. Существует ряд факторов-мотивов, способствующих формированию мотивации летной деятельности, все они относятся к мотивам принадлежности и достижения по Макклеланду.

3. В ходе осуществления профессиональной деятельности долговременная мотивация к ней претерпевает изменения под влиянием ряда факторов. Для военных летчиков наиболее значимыми факторами являются: содержание работы и условия ее осуществления. Существенное влияние, так же, оказывает вопрос перспектив развития специалиста как профессионально, так и в отношении карьеры.

4. Существующая система профессиональной ориентации, профессионального отбора и подготовки специалистов в определенной степени способствует лишь формированию долговременной мотивации к летной деятельности. Проблема же поддержания данной мотивации зачастую требует более комплексного подхода.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ильин, Е. П. Мотивация и мотивы : учебное пособие / Е. П. Ильин. – СПб. : Питер, 2002. – 512 с.
2. Макклеланд, Д. Мотивация человека / Д. Макклеланд. – СПб. : Питер, 2007. – 672 с.
3. Базаров, Т. Ю. Факторы трудовой мотивации современного работника (на примере российской фармацевтической компании) / Т. Ю. Базаров, А. Б. Карпов // Организационная психология. – 2020. – Т. 10. – № 1. – С. 106–120.

УДК 612.821.1

Т.В. Кокина¹, А.И. Кунцевич¹, Д.А. Дьяков²

¹*223 центр авиационной медицины Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны Вооруженных Сил Республики Беларусь*

²*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»*

МЕДИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗА ПОЛЕТА У ОПЕРАТОРА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Современные методы ведения боевых действий требуют развития техники, обеспечивающей выполнение боевых задач. Возрастание применения беспилотной авиации для различных целей отмечается как в зарубежных странах, так и в нашей стране.

По мнению А.Г. Караяни и А.Ф. Караваева [1] профессиональная деятельность оператора БЛА характеризуется бедностью сенсорной информации, сложностью дистанционного управления аппаратом в условиях временной задержки и помех, необходимостью полной согласованности действий в групповом полете. Оператор БЛА получает в основном зрительную информацию: крупнозернистую картинку, как правило, с носовой камеры БЛА, транслируемую с задержкой в несколько секунд, в том случае, если управление идет через спутник. А также он видит «карту и различные цифровые данные на дисплеях, нуждающиеся в интерпретации» [1, с. 9]. Как отмечает Б. Б. Величковский [2] к важнейшим психологическим проблемам управления БЛА также можно отнести отсутствие слуховой и проприоцептивной информации о полете, пространственную удаленность оператора от управляемого аппарата, в связи с чем оператор БЛА может допускать значительные ошибки в принятии решений.

Для деятельности оператора БЛА характерно выполнение таких совмещенных действий, которые направлены на достижение различных целей, например, пилотирование на малой высоте с поиском и обнаружением целей, выход в зону в определенное время и в определенном месте, проход над площадкой без обнаружения БЛА средствами ПВО противника, действия в аварийных ситуациях полета и др. Проводя аналогию профессиональной

деятельности оператора БЛА с деятельностью летчика ПА, это требует от оператора БЛА высокой психической напряженности, мобилизации его внутренних ресурсов, наличия у него специальных психофизиологических качеств [3]. Также для профессиональной деятельности оператора БЛА характерен вынужденный темп работы, высокий темп восприятия и переработки информации. Оператор БЛА вынужден выполнять значительное количество расчетов в уме и сохранять в памяти большое число исходных данных. В связи с этим нередко у оператора БЛА возникает необходимость принимать решения при недостатке либо при наличии достаточно искаженной информации.

Успешность построения и выполнения полетного задания оператором БЛА зависит от особенностей психической регуляции его профессиональной деятельности. По мнению Н. Д. Заваловой и В.А. Пономаренко [4], главная роль в регуляции управляющих действий человека-оператора принадлежит целостному образу полета. Психический образ полета, регулируя управляющие действия летчика ПА в полете, постоянно корректируется и уточняется текущим восприятием приборной (инструментальной) и неприборной (неинструментальной) информации. В сравнении с летчиком ПА, оператор БЛА ограничен в полноте восприятия окружающей обстановки и «это накладывает некоторые ограничения на формирование полноценного образа полета у оператора БЛА» [5, с. 99].

В обязанности оператора входит контроль показаний приборов БЛА (высоты, оборотов двигателя, воздушной скорости, курса, управления питанием электроэнергией и т. д.) и «в случае необходимости их регулирование в ручном режиме, с целью не допустить выхода на критические режимы полета» [5, с. 98].

Сведения о выполненных коррекциях в виде сигналов обратной связи вновь сличаются с целевыми показателями и т. д. Своевременное поступление сигналов обратной связи имеет решающее значение для процесса регуляции в целом [6]. Таким образом, от оператора БЛА требуется сознательная регуляция сбора информации и соответствующее переключение внимания от одного показания прибора к другому. Устранение любого отклонения требует активного внимания оператора.

Чтение карт и цифровых данных на дисплеях, получаемых операторами БЛА, а также формирование образа полета в наибольшей степени обеспечивается зрением – около 80 % необходимой информации поставляется именно этим анализатором [4, 8]. Эффективная деятельность оператора БЛА во многом зависит от оперативного и правильного приема и оценки поступающей зрительной информации. А именно информации, которая обеспечивает решение задач выделения и распознавания целевых объектов, позиционирования и слежения при помощи БЛА, для чего, по мнению В.П. Фраленко [7] остро необходимо иметь четкие изображения, поступающие без значительной временной задержки.

Образ полета является универсальным психофизиологическим механизмом, с помощью которого организуются психические процессы восприятия и переработки информации, принятия решения в процессе управления летательным аппаратом [3]. В образе полета, формируемого у летчика ПА, выделяются три компонента: «образ пространственного положения», «образ приборов» и «чувство летательного аппарата».

В настоящее время доказана прямая зависимость эффективности и надежности действий человека-оператора от содержания образа полета: для надежной регуляции действий летчика ПА «образ полета должен содержать все три компонента» [8, с. 55]. Стоит отметить, что для операторов небоевых БЛА такой компонент, как чувство летательного аппарата, «вероятно, не имеет такого принципиального значения» [9, с. 110].

В случае аварийной ситуации для оперативного начала опознания смысла случившегося и выбора адекватных действий важен достаточный привлекающий эффект систем аварийной сигнализации. Для летчика ПА высоким привлекающим эффектом в данном случае обладают «физически сильные неинструментальные сигналы (угловое вращение летательного аппарата, тряска, резкий звук), а также звуковые инструментальные сигналы (сирена, звонок, голос человека)» [10, с. 116]. Так как в образе полета оператора БЛА отсутствует такой компонент как чувство летательного аппарата и фактически

единственной информацией о состоянии БЛА, поступающей к оператору, является визуальная информация, это повышает психическое напряжение оператора БЛА при решении задач распознавания характера отказа и оперативного контроля технического состояния БЛА. По мнению В. М. Звоникова [10], эта проблемная задача может быть решена путем увеличения количества часов обучения на специальных тренажерах, с обязательным выходом на реальный полет, внедрением в обучающий процесс операторов БЛА методов саморегуляции, а также разработкой специальной системы сигналов для получения операторами БЛА адекватной обратной связи от летательного аппарата, особенно в случае аварийных ситуаций в полете.

Как видим, у летчика ПА доминирующими психическими процессами в формировании образа полета вступают ощущения и восприятие, у оператора БЛА такими процессами являются представление и воображение.

Таким образом, в связи с отсутствием в образе полета оператора БЛА такого компонента, как чувство летательного аппарата, а также в связи с тем, что преимущественным значением для профессиональной деятельности оператора БЛА является визуальная информация:

- профессиональной деятельности оператора БЛА характерно высокое психическое напряжение при решении задач распознавания характера отказа и оперативного контроля технического состояния БЛА;

- при выполнении полетного задания оператору БЛА остро необходимо иметь четкие изображения, поступающие без значительной временной задержки.

Это может быть решено путем:

- увеличением количества часов обучения на специальных тренажерах, с обязательным выходом на реальный полет;

- внедрением в обучающий процесс операторов БЛА методов саморегуляции;

- разработкой специальной системы сигналов для получения операторами БЛА адекватной обратной связи от летательного аппарата, особенно в случае аварийных ситуаций в полете;

- совершенствованием систем видеонаблюдения БЛА.

Согласно особенностям психической регуляции деятельности оператора БЛА доминирующими психическими процессами в формировании им образа полета выступают представление и воображение. Для того, чтобы профессиональная деятельность оператора БЛА была эффективной и надежной, он должен иметь хорошо развитые пространственное и образное мышление. А в связи с тем, что оператор БЛА вынужден выполнять значительное количество расчетов в уме, интерпретировать большое количество поступающей закодированной информации и сохранять в памяти большое число исходных данных – высоко развитые логическое и аналитическое мышление, оперативную память.

Полученные выводы могут быть использованы в системе профессионально-психологического отбора, профессионального обучения и подготовки операторов БЛА, а также для оптимизации условий их профессиональной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Караяни, А. Г. Психологические и психофизиологические особенности деятельности операторов боевых беспилотных летательных аппаратов / А. Г. Караяни, А. Ф. Караваяев // Психопедагогика в правоохранительных органах. – 2021. – Т. 26, № 1 (84). – С. 6–15.

2. Величковский, Б. Б. Инженерно-психологические проблемы проектирования интерфейсов управления беспилотными летательными аппаратами / Б. Б. Величковский // Национальный психологический журнал. – 2020. – № 1 (37). – С. 31–39.

3. Пантюхов, А. П. Авиационная медицина : учебное пособие / А. П. Пантюхов, Ю. А. Соколов. – Минск : БГМУ, 2013. – 355 с.

4. Завалова, Н. Д. Образ в системе психической регуляции деятельности / Н. Д. Завалова, Б. Ф. Ломов, В. А. Пономаренко. – М. : Наука, 1986. – 172 с.

5. Сапожников, В. О. Объектное слежение как основа деятельности оператора беспилотного авиационного комплекса / В. О. Сапожников // Журнал Белорусского государственного университета. Философия. Психология. – 2021. – № 2. – С. 97–102.
6. Обознов, А. А. Психический образ и надежность оператора в условиях монотонной обстановки / А. А. Обознов, С. В. Егоров, В. Г. Кострица // Психологический журнал. – 1991. – № 2. – С. 45–50.
7. Фраленко, В. П. Повышение качества видеопотока от системы технического зрения беспилотного летательного аппарата / В. П. Фраленко // Программные системы: теория и приложения. – 2023. – Т. 14, № 2 (57). – С. 3–26.
8. Коваленко, П. А. Учение об иллюзиях полета: основы авиационной делиологии / П. А. Коваленко, В. А. Пономаренко, А. В. Чунтул. – М. : Институт психологии РАН, 2007. – 461 с.
9. Сапожников, В. О. Эффективность деятельности оператора в системе дистанционного управления беспилотными летательными аппаратами / В. О. Сапожников // Журнал Белорусского государственного университета. Философия. Психология. – 2020. – № 3. – С. 109–113.
10. Звоников, В. М. Особенности «образа полета» операторов беспилотных летательных аппаратов / В. М. Звоников, К. Ю. Егоров, В. Е. Степанова // Межрегиональная эргономическая ассоциация – человеческий фактор в сложных технических системах и средах : труды Второй Международной научно-практической конференции. – М., 2016. – С. 114–117.

УДК 355.01

В.А. Ксенофонтов

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ВОЕННАЯ СФЕРА НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ

Мир становится все более опасным в военном отношении для социального бытия. Реалии международных отношений (далее – МО) таковы, что для разрешения комплекса мировых противоречий активно используется не диалог за столом переговоров, а «дипломатия военной силы», при этом политические отношения стали милитаризованными.

С учетом активизации военно-силового противоборства в МО необходимо рациональное обеспечение защиты отдельной личности, общества и государства от военных опасностей (угроз). Следовательно, проблемы обеспечения военной безопасности (далее – ВБ) для страны становятся приоритетными, что требует наличия и эффективного функционирования военной сферы национальной безопасности (далее – ВС НБ). Если не обеспечена ВБ социальной системы, то проблематично рассуждать о других ее составляющих и перспективах развития личности, общества и государства. Можно говорить о центральном положении ВС НБ среди других компонентов в общей системе НБ.

Под ВС НБ мы понимаем важнейший элемент НБ, обеспечивающий состояние защищенности национальных интересов Республики Беларусь от внутренних и внешних военных угроз, гарантирующий ее устойчивое развитие.

Исходя из сформированной в республике методологии общей системы НБ [1], а также предложений в ходе прошедшей дискуссии по совершенствованию Концепции НБ [2], логично выделить следующие *компоненты военной составляющей НБ*: военно-политический, военно-экономический, военно-научный и военно-технологический, военно-социальный, военно-демографический, военно-информационный, военно-экологический, военно-биологический. Обозначенные элементы формируют единое целое – ВС НБ, которая, в свою очередь,

является частью другого целого – НБ. Этот тезис свидетельствует нам о множестве связей и отношений различного характера, влияющих на ВС НБ. Суть заключается в том, что базисом развития и функционирования ВС НБ является само общество, и она (ВС НБ) выступает как сложноинтегрированная система его возможностей по собственному сбережению и развитию в контексте военно-силового противоборства на основании реализации воли государственно-политического руководства. Следовательно, анализируя элементы ВС НБ и систему в целом, мы обязаны учитывать диалектику самого общества и военной подсистемы НБ.

ВС НБ имеет достаточно сложные связи и закономерности функционирования и развития, которые важно уяснить. Определяющее значение при этом имеют законы современной войны [3]. В силу того, что *сущность войны – это политика*, то и ее законы (политики) имеют определяющее влияние на ВС НБ.

Каждый элемент ВС НБ имеет свои собственные специфические закономерности развития, что также необходимо учитывать. Убеждены, что научной основой познания ВС НБ и ее развития может выступать *социальная диалектика* как всеобщая логика развития, представляющая собой систему принципов, законов и категорий, раскрывающих процесс развития духовного (идеального) и физического (материального) бытия [4].

ВС НБ как сложный социальный феномен развивается и функционирует на основании определенных закономерностей. Отметим основные из них: 1. *Зависимость характера, потенциала ВС НБ, направленности ее функционирования от экономических возможностей общества.* 2. *Зависимость характера, социального назначения и структуры всей ВС НБ от политических целей государства.* 3. *Зависимость характера, социальной направленности и боевого потенциала военной организации государства как основного инструмента ВС НБ от духовного состояния общества* [5]. 4. *Зависимость предназначения ВС НБ от социального субъекта, создающего ее.*

Кроме отмеченных выше социально-политических закономерностей функционирования ВС НБ существуют и другие, которые выражают связи функционирования и развития каждого компонента данной сферы с иными социальными процессами и подсистемами НБ. Закономерности условно можно подразделить на две составляющих: внешние и внутренние.

К *внешним закономерностям* могут относиться связи и зависимости функционирования ВС НБ от геополитических сдвигов в мировой социальной среде, цивилизационных противоречий, МО, военно-политической обстановки (далее – ВПО) и стратегической обстановки (далее – СО). ВС НБ как динамичная социальная система не может абстрагироваться от динамики изменений внешней среды и должна осуществлять своевременную «настройку» всех своих подсистем.

Что касается *внутренних закономерностей*, то это зависимости функционирования ВС НБ от подсистем самого общества (политической, экономической, социальной, духовной). Стоит учесть, что главным действующим лицом в ВС НБ является человек с определенными физическими и духовными возможностями.

Обратим внимание на то, что сегодня сформирована в основном система законов классической войны [3], отражающая военно-политические и военно-технические компоненты ее ведения. Уточним, что неклассическая война и ее законы еще находятся в стадии научного осмысления [6, 7].

ВС НБ как и сама война имеет существенное психологическое измерение, которому необходимо уделить внимание как в научно-теоретическом, так и практическом плане.

ВС НБ функционирует на основании определенных принципов как руководящих правил ее развития. По нашему мнению, важнейшими *принципами функционирования ВС НБ* могут выступать:

- последовательная приверженность миру и социальной стабильности, созиданию, сохранению и сбережению человеческого капитала;
- обеспечение приоритетного развития научных направлений, способствующих стабильному и передовому функционированию системы ВБ государства;
- непрерывный, комплексный анализ и прогнозирование МО, ВПО и СО;

- своевременное вскрытие рисков, вызовов и угроз в военном отношении национальным интересам государства;
- участие в системах международной и региональной коллективной безопасности, не противоречащих стратегическим национальным интересам;
- единство целей и задач субъектов ВБ в рамках правовой компетенции по обеспечению защиты национальных интересов;
- централизованное управление всей подсистемой ВБ в сочетании с гражданским контролем за ее деятельностью;
- наличие и соответствие инновационных невоенных и военных ресурсов, сил и средств (технологий) обеспечения ВБ целям и задачам в интересах военно-политической стабильности;
- соответствие уровня и степени готовности структурных элементов задачам военной политики государства;
- функционирование всех уровней подсистемы в соответствии с нормативной правовой базой республики в сфере обороны и безопасности;
- безусловное подчинение деятельности всех компонентов системы национальным интересам государства;
- системный подход к деятельности по обеспечению ВБ;
- приоритетность политико-дипломатических и информационных мер над военно-силовыми в интересах обеспечения ВБ;
- повышение социального статуса специалистов аналитической и военно-научной деятельности, а также личности военнослужащего;
- соблюдение сбалансированных интересов и конституционных положений прав и обязанностей личности, общества и государства в контексте ВБ;
- регулируемая законом транспарентность при условии отсутствия рисков системе ВБ.

Реалии МО, ВПО и СО, а также тенденции их развития требуют сегодня готовности к обеспечению ВБ республики не только одной военной организации государства как основного инструмента военной политики, но и всего белорусского общества. Это обусловлено изменением технологий ведения военного насилия, которые стали многоаспектными, многоаспектными, тотальными и воздействующими на всю нацию.

Результат функционирования ВС НБ, заключающийся в обеспечении защиты национальных интересов от существующих и перспективных угроз, является важнейшим фактором жизнеспособности и стабильности социальной системы (государства).

По сути дела, ВС НБ разрешает фундаментальное противоречие современной эпохи между миром и войной как состояниями социума. В силу того, что системообразующим элементом НБ является *национальный интерес*, выделим основные из них в ВС НБ: постоянный анализ МО, ВПО и СО в интересах выявления формирующихся опасностей (угроз) системе НБ; непрерывное наращивание научного потенциала в контексте обеспечения ВБ; развитие военной организации государства и всех ее компонентов в соответствии с потребностями военно-политической практики; пресечение на ранних стадиях любых актов формирующейся агрессии в отношении страны, откуда бы она не исходила; человекоберегающая реализация положений военной политики государства; формирование оборонного сознания и психологической устойчивости у граждан республики на основе идеологии обеспечения ВБ как части идеологии белорусского государства; гарантированное обеспечение ВБ и вооруженной защиты страны в любых условиях ВПО; совершенствование системы коллективной безопасности в рамках Союзного государства, а также с другими дружественными для нашей страны государствами; активное участие в формировании нового качества МО, основанных на неделимости безопасности, равной безопасности для всех государств, справедливом мироустройстве, гармоничной и сбалансированной архитектуре международной безопасности в интересах всех участников; реконструкция взаимного доверия в региональном и мировом масштабах, а также транспарентности МО.

Основные философско-мировоззренческие ориентиры обеспечения ВБ (военная идеология) зафиксированы в Конституции, Концепции НБ и Военной доктрине Республики Беларусь, а в контексте союзного строительства в Военной доктрине Союзного государства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Национальная безопасность Республики Беларусь / С. В. Зась [и др.] ; под ред. М. В. Мясниковича, Л. С. Мальцева. – Минск : Беларус. навука, 2011. – 557 с.
2. Проект Концепции национальной безопасности Республики Беларусь [Электронный ресурс] : пост. Совета Безопасности Респ. Беларусь, 6 марта 2023 г., № 1 // Национальный правовой интернет-портал Респ. Беларусь. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P223s0001>.
3. Тюшкевич, С. А. О законах войны (вопросы военной теории и методологии) / С. А. Тюшкевич. – 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Проспект, 2018. – 352 с.
4. Ксенофонтов, В. А. Социальная диалектика как методологическая основа исследования военной сферы национальной безопасности / В. А. Ксенофонтов // Философские исследования : сб. науч. трудов. – Минск : Бел. навука, 2022. – С. 23–39.
5. Ксенофонтов, В. А. Ментальная безопасность государства / В. А. Ксенофонтов // Труды БГТУ. Сер. 6, История, философия. – 2022. – № 2 (263). – С. 108–113.
6. Бартош, А. А. Вопросы теории гибридной войны / А. А. Бартош – М. : Горячая линия – Телеком, 2022. – 324 с.
7. Манойло, А. В. Технологии неклассической войны. Генезис. Эволюция. Практика / А. В. Манойло, К. С. Стригунов. – М. : Горячая линия – Телеком, 2020. – 378 с.

УДК 796.0.22.013

О.Г. Петровская, Н.В. Гаврильчик, С.А. Дулич

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРОБЛЕМНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИИ

В 2023 году глобально изменились приоритеты в социально-экономическом развитии Республики Беларусь: самой проблемной была признана не экономическая, а демографическая составляющая. По данным Белстата в только 2022 году население республики уменьшилось на 55 тысяч человек.

На протяжении последних 5 лет рождаемость в Республике Беларусь каждый год падает на 10 %, по сведениям, представленным заместителем руководителя РНПЦ «Мать и дитя» по акушерству и гинекологии Е. Горшкевич. Она подчеркнула, что в стране 20 % – 25 % детей страдают ожирением, что увеличивает риск развития артериальной гипертензии, сахарного диабета и других заболеваний. Недосыпание и нарушение режима дня, снижение двигательной активности также повышает риск возникновения нарушений в состоянии соматического здоровья.

Компенсировать указанные проблемы возможно только рядом мероприятий, из которых на ведущие позиции выходят приоритетные направления здоровьесбережения, в первую очередь образования.

Здоровьесберегающее образование – это качественная характеристика организованного целостного педагогического процесса, направленного на становление и сохранение жизненного потенциала человека, поддержание его на разных этапах продвижения в образовательном пространстве. Стратегическая цель здоровьесберегающей подготовки в системе непрерывного образования, состоит в формировании всех валеологических компетенций: грамотности; образованности; компетентности менталитета; валеологической

культуры. Валеологическая культура должна формироваться, начиная с бытийного уровня сознания, являющегося базовым [1].

Согласно научным данным бытийный уровень сознания, усвоенный бессознательно в детстве и бессознательно проявляющийся в последующей жизни, на 92 % – 98 % обуславливает поведение человека. На современном этапе поиск путей со стороны учебных учреждений, общественных и государственных структур к привлечению семьи как эффективного инструмента формирования органичной потребности индивида в сохранении здоровья на всем протяжении жизненного пути становится важнейшим условием оздоровления населения в нашей республике.

Научно доказано, что навыки, знания и умения полученные и подкрепляемые с детства имеют наиболее устойчивую форму существования. В этой связи огромное значение приобретают качественные составляющие знаний, умений и навыков, которые человек приобретает на первых годах жизни.

Это приводит нас к пониманию, о глобальной роли семьи в воспитании здоровой, цельно сформированной личности. На первый план выдвигаются проблемы уровня образованности родителей и членов семьи, причастных к воспитательному процессу ребенка.

Большинство поведенческих функций, игровых действий и знаний ребенок получает непосредственно от родителей, или лиц постоянно с ним контактирующих. И здесь кроется первая, но не единственная сложность: научить развивать свои врожденные способности, поддерживать хотя бы минимальный уровень подвижности, поделиться знаниями о безопасных и эффективных играх и действиях может только человек, который сам обладает такими знаниями. Особенно нужно учитывать, что мы имеем дело с маленьким ребенком, у которого слабо развиты физические качества, он от рождения неловок, медлителен и быстро теряет интерес к монотонным занятиям. Все эти ограничения можно преодолеть, но воспитатель должен обладать знаниями, умениями, терпением и желанием всему ребенку обучить [2].

Контингент передающий опыт и навыки здоровьесбережения достаточно ограничен.

В настоящее время детей в семье воспитывают и обучают те, кто родился и был воспитан в конце прошлого, начале этого века. В этот период очень многое менялось во всех сферах жизни. От экономических и социальных преобразований до стремительной информатизации общества.

Многие процессы отразились на сферах образования и здравоохранения. Проявились множество проблем и неоднозначных возможностей. Значительные изменения затронули систему ценностей, в том числе и отношение к семье и здоровью.

Авторы провели изучение ряда значимых показателей, отражающих проблемное поле. Был проведен анализ результатов анкетирования студентов 1 курсов в период с 1998 по 2022 годы. В анкетах присутствовал ряд вопросов, касающихся сферы здоровьесбережения в образовании и социальной жизни молодежи.

Студенты 1 курсов вузов следующим образом расставляли приоритеты:

Таблица 1 – Оценка социально-значимых понятий

Вопрос	1998 г., %	2009 г., %	2022 г., %
Наивысшую ценность имеет:			
здоровье	82,4	77,5	72,5
образование	73,6	70,6	64,2
финансовое благополучие	78,2	82,3	89,7
Занятия физической культурой способствуют укреплению здоровья	86,9	78,2	69,4

Со временем отметилась тенденция снижения мотивации к занятиям, укрепляющим здоровье, хотя необходимость заниматься физкультурной деятельностью всегда признавалась достаточно высоко.

Таблица 2 – Оценка мотивации к занятиям физкультурной деятельностью

Критерии оценки	1998 г., %	2009 г., %	2022 г., %
Желание заниматься физкультурной деятельностью на учебных занятиях	82,4	61,1	56,3
Желание заниматься физкультурной деятельностью вне учебных занятий	63,7	52,9	39,2

Посмотрим в динамике, как менялась ситуация в субъективной оценке уровня владения знаниями, умениями и навыками на занятиях студентов 1 курсов в период с 1998 по 2022 год.

Таблица 3 – Оценка уровня владения знаниями, умениями, навыками

Критерии оценки	1998 г., %	2009 г., %	2022 г., %
Уровень владения знаниями в области физкультурной деятельности, здорового образа жизни	51,3	39,7	37,2
Уровень владения умениями и навыками в области физкультурной деятельности, здорового образа жизни	47,1	42,4	35,2

Необходимо отметить, что наряду со снижением уровня субъективных параметров отмечено снижение уровня объективных показателей и как следствие, ухудшение соматического и физического уровня развития.

Таблица 4 – Оценка уровня развития функциональных показателей и психологической устойчивости

Критерии оценки	1998 г., %	2009 г., %	2022 г., %
Уровень развития функциональных показателей организма	67,1	56,8	51,3
Уровень психологической устойчивости	58,7	55,1	47,3

Следует отметить, что проблемными направлениями в здоровьесбережении были и остаются социальные, экономические и педагогические аспекты. Ведущее положение в этих вопросах занимает семейное воспитание и деятельность учреждений образования. Процесс ориентации на поддержание здоровья требует разработки комплексной программы, включающей деятельность по формированию семейных ценностей, развитию системы дополнительного образования молодежи в целом и особенно молодых родителей с привлечением работников системы здравоохранения и физического образования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Анализ результатов углубленного медицинского осмотра студентов МТФ / О. Г. Петровская [и др.] // Наука – образованию, производству, экономике : материалы 10 международной научно-технической конференции. – Минск : БНТУ, 2012. – С. 152.
2. Смирнов, Н. К. Здоровьесберегающие технологии и психологическое здоровье : методическое пособие / Н. К. Смирнов. – М. : Аркти, 2006. – 121 с.

УДК 846.87

А.В. Найдович

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРОБЛЕМА СОЦИАЛЬНОЙ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ В ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМООТЧЕТНЫХ МЕТОДИК

В современном мире часто поднимается тема морали и нравственных ценностей. Социальные нормы и стандарты предъявляют к человеку требования, которым он должен соответствовать. В этой связи, можно наблюдать, что часто люди стараются «казаться»,

но не «быть». При этом данные рамки социальных норм накладываются в различных аспектах и возрастах, не исключением являются и студенты.

Студенты сталкиваются с навешенными социальными шаблонами, стереотипами и стигмами, которые непосредственно связаны с их специализацией. Так, например, к бухгалтерам предъявляются требования к высокому уровню их математических склонностей, к психологу к его высокому уровню эмоционального интеллекта, от специалиста авиации ожидают высокие показатели по различным навыкам и способностям, а вместе с тем и к высокоразвитым духовно-нравственным ценностям. В этой связи, многие ученые, занимающиеся исследованиями в области психологии и педагогики могут сталкиваться с эффектом социальной желательности.

Эффект социальной желательности отражает тип предвзятости в ответах испытуемых в самоотчетных опросниках. Ведь объективные методики предполагают точную оценку изучаемого навыка. В то время как самоотчетные опросники предполагают отражение представления об изучаемом навыке самого респондента. Таким образом, испытуемый может сознательно завышать отражение в себе положительных качеств и занижать отрицательные качества, тем самым создавая значительные проблемы в исследованиях.

Не отражая необходимый уровень социальных норм, человек может испытывать чувства вины и стыда. В этой связи, интересным представилось изучение данных чувств у курсантов Белорусской государственной академии авиации, с помощью методики «Измерение чувства вины и стыда, TOSCA (И.А. Белик)» [1]. В исследовании принимали участие 38 курсантов БГАА.

Полученные средние значения по шкалам отражены в таблице.

Таблица – Средние значения по шкалам опросника «Измерение чувства вины и стыда, TOSCA (И. А. Белик)»

Шкала	Среднее значение	Максимально возможное значение по шкале	Уровень
Вина	52,94737	75	Высокий уровень
Стыд	35,92105	70	Средний уровень
Экстернальность	35,94737	75	Средний уровень
Отстраненность	27,71053	50	Средний уровень
Бета_гордость	17,71053	25	Высокий уровень
Альфа_гордость	17,94737	25	Высокий уровень

На основании полученных данных можно сделать вывод, что у курсантов высокоразвито чувство вины ($m = 52,95$ при 75 баллов максимально), которое возникает в результате негативной оценки своего поведения. Вместе с тем курсанты демонстрируют высокие показатели по таким шкалам как «бета-гордость» и «альфа-гордость». Данные шкалы позволяют оценить, насколько человек в конкретных ситуациях позитивно рассматривает свое поведение ($m = 17,71$) и насколько человек в конкретных ситуациях позитивно рассматривает свою личность в целом ($m = 17,95$). Так, можно предположить, что курсанты БГАА позитивно оценивают свои поступки и себя как личность в целом. Среднее значение по шкале «стыд» ($m = 35,92$) свидетельствует о проявленности морали у курсантов. При этом стоит также отметить склонность обвинения других людей или внешних обстоятельств за последствия своих действий (шкала «экстернальность» $m = 35,94$), а также средний уровень степени эмоциональной не включенности в ситуацию и последствия (шкала «отстраненность» $m = 27,71$).

Таким образом, можно говорить о том, что курсанты БГАА представляют собой людей, чести и высокоразвитой морали, которые испытывают чувство вины и стыда в результате поведения, не соответствующего их духовно-нравственным нормам и принципам. Это означает, что при изучении личностных психологических характеристик с помощью самоотчетных методик, диагност может столкнуться с эффектом социальной желательности испытуемых. В этой связи необходима определенная степень внимательности и критичности в отношении диагностической информации об испытуемых, получаемой с помощью личностных опросников.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Белик, И. А. Чувство вины в связи с особенностями развития личности : дис. ... канд. псих. наук : 19.00.01 / И. А. Белик. – СПб., 2006. – 209 с.

УДК 878.45

А.В. Найдович

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ БУДУЩИХ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Эмоциональная система рассматривается как одна из основных регуляторных систем жизнедеятельности человека. В любой ситуации, особенно стрессовой, человеку необходимо уметь понимать свои эмоции и эмоции других людей, уметь сдерживать эмоции и управлять ими. В условиях дистресса особенно важно управлять своими эмоциями, выражать их без последствий для окружающих и конфликтов с ними, понимать, что чувствует другой человек, находящийся рядом. Подавление чувств и последующее накапливание их могут привести к стрессу и значительным проблемам, как для самого человека, так и для его ближайшего окружения.

Таким образом, для человека играет важную роль здоровая функциональность, которая может выражаться в наборе гибких и адаптивных стратегий управления эмоциями, которые позволяют человеку восстановить утраченное эмоциональное равновесие и конструктивно работать со своими уязвимыми местами.

Эмоциональный интеллект – когнитивная способность рассуждать об эмоциях и использовать эмоции для улучшения мыслительной деятельности; включает возможности точно различать эмоции, вызывать эмоции для содействия мышлению, понимать эмоции и эмоциональные знания и осознанно регулировать эмоции для того, чтобы способствовать эмоциональному и интеллектуальному росту [1].

Так, человек, с высоким уровнем эмоционального интеллекта способен принимать и отстаивать свои потребности, но при этом обладает эмпатией, чтобы реагировать на чужие потребности. Соответственно, дисфункциональность представляется в виде блоков, которые мешают открываться новому опыту, полностью осознавать эмоции, настраиваться на чувства других людей и взаимодействовать с ними. Следовательно, тесные связи с другими людьми составляют основу эффективного функционирования и психического здоровья.

В этой связи эмоциональный интеллект можно рассматривать как составляющую профессиональной компетенции будущих специалистов вне зависимости от сферы деятельности. Следовательно, актуальным представилось изучение уровня развития эмоционального интеллекта у будущих авиаспециалистов. Базой исследования явилась Белорусская государственная академия авиации. В исследовании принимали участие 56 курсантов разных курсов, из них 21 девушка и 35 юношей. С целью диагностики эмоционального интеллекта применялся опросник «Эмоциональный интеллект» (ЭМИн), разработанный Люсиным Д. В. (2006).

На рисунке 1 представлены результаты эмпирического исследования по выявленному уровню эмоционального интеллекта у будущих авиационных специалистов.

Исходя из полученных данных, можно сделать вывод, что преобладает высокий уровень развития эмоционального интеллекта (50 % респондентов выборки), 44,64 % курсантов выборки имеют средний уровень развития эмоционального интеллекта, а 5,36 % – низкий. Можно говорить о том, что у будущих авиаспециалистов развита способность к пониманию своих и чужих эмоций.



Рисунок 1 – Уровень развития эмоционального интеллекта у курсантов БГАА

Подробнее проанализируем полученные компоненты эмоционального интеллекта в разрезе половых различий (рисунок 2).

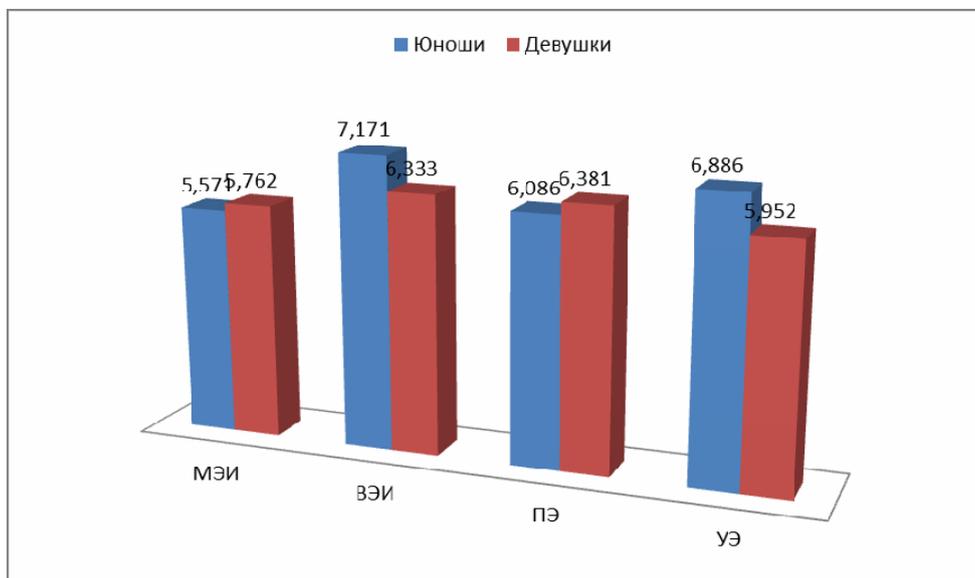


Рисунок 2 – Половые различия в уровне развития эмоционального интеллекта у курсантов БГАА

На основании полученных данных можно сделать предположение о том, что внутриличностный компонент эмоционального интеллекта более развит у юношей, нежели девушек. Для этого был проведен статистический анализ по шкалам опросника с помощью непараметрического *U*-критерия Манна – Уитни. На основании статистического расчета можно сделать вывод о том, что существуют статистически значимые половые различия в уровне развития внутриличностного эмоционального интеллекта ($U = 245,50$ при $p \leq 0,05$). Следовательно, юноши имеют более развитую способность к пониманию собственных эмоций и управлению ими.

Таким образом, на основании проведенного эмпирического исследования можно сделать вывод о том, что будущие авиационные специалисты имеют развитый эмоциональный интеллект. В этой связи, можно говорить о том, что эмоциональный интеллект выступает в роли предиктора профессиональной компетентности авиаспециалистов. Половые различия по компонентам эмоционального интеллекта определены только по шкале «внутриличностный эмоциональный интеллект», что свидетельствует о том, что юноши имеют более развитую способность к пониманию собственных эмоций и управлению ими.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Андреева, И. Н. Эмоциональный интеллект как феномен современной психологии / И. Н. Андреева. – Новополоцк : ПГУ, 2011. – 388 с.

UDC 339.13

V. Paletayeva, A. Zhurausky

Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”

MARKETING POLICY OF “EASYJET” AND “RYANAIR” LOW-COST AIRLINES

Low-cost carriers show high levels of operational capability. The contributing factors are the operation of aircraft on short and medium-haul flights, the high level of average passenger load on flights. The Ryanair low-cost carrier, the leader in terms of the number of passengers carried and the number of aircraft in the fleet, had in 2019 an indicator of 343.8 thousand passengers transported at the rate of 1 aircraft of the airline.

In order to analyze the marketing policy of the largest low-cost airlines in Europe “EasyJet” and “Ryanair”, we present data on the states – the presence and the number of airports, flights from which are operated by air carriers (Tables 1, 2)

Table 1 – EasyJet (UK) route network, 2020

Country	Number of airports in use
Spain	21
France	20
Italy	20
Great Britain	18
Greece	14
Germany	13
Austria	5
Croatia	4
Turkey	4
Portugal	4
Poland	4
Morocco	4
Switzerland	3
Egypt	3
Finland	2
Cyprus	2
Denmark	2
Bulgaria	2
Only 1 airport in use: Estonia, Czech Republic, Montenegro, Slovenia, Serbia, Norway, Netherlands, Malta, Kosovo, Iceland, Jordan, Israel, Hungary, Belgium, Albania.	
Total: the airline operates flights from 159 airports	

Table 2 – route network of Ryanair (Ireland), 2020

Country	Number of airports in use
France	29
Italy	23
Spain	22
Great Britain	12
Germany	12
Poland	9
Ireland	8
Morocco	6
Austria	4
Finland	3
Sweden	3
Croatia	3
Denmark	2
Lithuania	2
Netherlands	2
Portugal	2
Czech Republic	2
Norway	2
Only 1 airport in use: Bulgaria, Hungary, Cyprus, Malta, Romania, Belgium, Latvia, Slovakia, Switzerland.	
Total: the airline operates flights from 155 airports	

The presented data indicate that France, Spain, Italy, Germany, Great Britain, Greece, the leading states of Europe in terms of population, level of well-being and the degree of tourism development demonstrate a high level of presence of low-cost airlines. Low-cost airlines are presented in almost all states of the European continent, and the total number of airports in operation exceeds 150.

The route network of classical airlines implies a high concentration at the airport of the capital of the state, a developed direction between the capital and the regions, a highly developed

network between the capitals of states. Budget airlines consider the development between regional cities to be a priority direction for the development of the route network. The cost of ground handling of an aircraft at a regional airport is significantly lower than the cost of handling at capital airports. The cost of airport taxes at regional airports is also significantly lower than in the capital. A number of regions provide low-cost airlines with significant benefits and preferences, subject to the achievement of certain passenger traffic indicators. So, the region provides an influx of tourists, which, in turn, increases the income of small and medium-sized businesses involved in the tourism industry. This form of support for airlines at the regional level is becoming increasingly widespread due to its economic efficiency and feasibility [1].

Regional airports occupy a special position in the structure of the route network of low-cost airlines. A significant proportion of flights operated from regional airports are short-haul flights (up to 1,000 km). The operation of aircraft on short-range flights takes an average of 40 to 90 minutes, which makes it possible to carry out more than 7–8 flights per day, taking into account the time for ground handling of an aircraft of 30–40 minutes. Performing 1 flight in this direction, the low-cost carrier has the ability to form the structure of the route network of 1 aircraft in such a way as to prevent the execution of a “technical flight”. Low-cost airlines sell air tickets through their own resources, which avoids the cost of services provided by agencies specializing in the sale of air tickets. The passenger has the opportunity to purchase an air ticket on the official website of the airline by bank transfer. Airlines form a tariff policy based on the distance of the route and the time of the flight. Flights operated in the evening and at night, as a rule, are significantly lower in cost for flights to similar destinations operated in the morning and afternoon.

Also, low-cost airlines, as a rule, form a tariff program based on the occupancy of the aircraft. For example, the capacity of an airliner is 180 passengers; the first 30 % – 50 % of tickets are sold at the minimum fare, as the aircraft fills up, the fares increase. The basic fare (without seat selection, without checked baggage and meals on board) at the initial stage of the airliner’s occupancy can reach the cost of 20 % – 30 % of the cost of an average airline ticket, at the time of 90 % – 100 % of the flight’s occupancy, the cost of the base fare increases to 70 % – 80 % of the cost of a classic airline ticket. This strategy, common to all low-cost airlines, encourages advance purchases of air tickets and achieves a high level of average flight occupancy [2].

Let us give an example of the cost of the base fare for 10 selected destinations of the route network of the leading European low-cost airlines “EasyJet” and “Ryanair”, operated from Bordeaux, France (Bordeaux – Maignan). The request for the cost of air tickets was made on 05/29/2020. Estimated flight date is July 1, 2020. Based on the presented data, we can conclude that the marketing strategies of the leading European low-cost airlines Ryanair and EasyJet have a number of fundamental similarities. An important element in the activities of a low-cost airline is an efficiently built route network, which makes it possible to ensure a high indicator of aircraft operational efficiency. The concentration of activities at regional airports can significantly reduce the production costs for servicing airliners and passengers (airport fees). Regions interested in developing tourism can provide additional support to the activities of low-cost airlines, thereby increasing passenger traffic. The support provided, expressed in subsidizing part of the airline’s costs for ground handling of an aircraft, provides an opportunity to develop the airport’s route network, which, in turn, contributes to an increase in passenger traffic and strengthening the role and influence of a low-cost air carrier at the regional level [3].

Since March 2020, the British low-cost airline EasyJet has temporarily suspended all flights due to the spread of a new type of coronavirus. It is reported by TASS with reference to the LBC radio station. As a result of the unprecedented travel restrictions imposed by governments of various countries due to the coronavirus pandemic, EasyJet suspends all flights of its fleet,” the radio station quoted the carrier as saying. It is noted that the company “will continue to work with government agencies” and, upon request, will operate flights necessary for the repatriation of customers. A date for the resumption of flights has not yet been announced. Since March 24, the airline has canceled most of its flights.

EasyJet is one of the largest air carriers in Europe. In 2019, 96 million passengers used the company's services. In addition, according to Flightglobal data the carrier has also reached an agreement to send flight attendants on leave for a two-month period from 1 April under a job retention scheme proposed by the UK government. Recall that at that time, EasyJet had already "grounded" most of its fleet – more than 300 aircraft, in response to all the restrictive measures imposed by governments across Europe due to the coronavirus. Since July 2022 Ryanair had made its first spring profit even before the coronavirus pandemic as passenger numbers surpassed pre-Covid-19 levels, but warned of the risk of possible new variants of the virus in the fall.

The Irish carrier posted a pre-tax profit of €203m (£173m) between April and June, compared to a loss of €325m in the same period a year earlier. It says passenger numbers rose to 45.5 million, up 9 % from 2019. Airlines have suffered big losses for years during the pandemic, but the lifting of the most stringent travel restrictions in most major markets in Europe and North America has resulted in more travel.

The recovery has been so fast that many airlines and airports have struggled to keep up, leading to long lines, delays, flight cancellations and lost luggage. Michael O'Leary, chief executive of Ryanair, described the recovery as "very strong but still fragile" indicative of pent-up demand, but added that people are booking tickets less well in advance than before the pandemic. He warned that the possible emergence of a new variant of the coronavirus, such as Omicron, which disrupted an earlier traffic recovery, meant the airline could not forecast earnings for the year.

Ryanair also said its fuel costs had more than quadrupled in a year. His total bill for the quarter reached €1bn, but Neil Sorahan, Ryanair's chief financial officer, said he was covered by a hedge that allows him to buy fuel at around \$60 a barrel, well below market prices, than competitors [3]. Ryanair added that the delivery of the new Boeing 737 Max 8-200 aircraft would reduce fuel costs as well as emissions for each aircraft. Aviation carbon emissions are expected to rise after two years of declining demand.

REFERENCES

1. Impact of the COVID-19 pandemic on commercial air transport [Electronic resource]. – Mode of access: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Impact_of_the_COVID-19_pandemic_on_aviation/. – Data of access: 19.10.2023.
2. IATA Understanding the pandemic's impact on the aviation value chain [Electronic resource]. – Mode of access: [https://statistica IATA.pdf](https://statistica.IATA.pdf). – Data of access: 19.10.2023.
3. Economic Impacts of COVID-19 on Civil Aviation [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.icao.int/sustainability/Pages/Economic-Impacts-of-COVID-19.aspx>. – Data of access: 17.10.2023.

УДК 37

В.Н. Сивицкий

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ДУХОВНО-ПРАВСТВЕННЫЕ ОСНОВАНИЯ АВИАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В контексте актуализации интереса прикладной культурологии к деятельностному аспекту культуры специалиста, в научных исследованиях последних лет [1, 2, 3, 4, 5] все больше внимания уделяется анализу нравственности личности. Культура специалиста, как совокупность качеств специалиста, созидательно-позитивных по своей природе и обеспечивающих эффективное выполнение индивидом профессиональных функциональных обязанностей на основе реализации в трудовом коллективе общечеловеческих принципов и норм

взаимодействия, непосредственно выражаясь в культуре личности, в первую очередь опирается на духовно-нравственные начала личности, уровень усвоенности индивидом морали общества.

Нравственность авиационного специалиста, в свою очередь, основана на определенных практико-ориентированных этических категориях, осознаваемых индивидом. Эти категории можно разделить на два вида:

1. Категории общепрофессионального долженствования, отражающие преимущественно общую специфику нравственных отношений в авиационном коллективе: понятия соответствия деятельности авиационным правилам и руководствам, понятия законопослушности и добропорядочности, профессионального долга, моральной ответственности, чести и достоинства, дисциплины и самодисциплины, требовательности и исполнительности и некоторые другие [1, с. 127–130].

В категориях общепрофессионального долженствования выражаются моральные обязанности личности, авиационного коллектива перед обществом.

2. Категории морали экстремальных ситуаций, определяющие деятельность авиаторов и авиационных служб во внештатных ситуациях, при возникновении прецедентов авиационных происшествий, в условиях авиационных аварий.

Обратим внимание на некоторые категории общепрофессионального долженствования авиаторов.

Каждый авиационный специалист в первую очередь должен осознавать необходимость следования профессиональному долгу.

Профессиональный долг – это заинтересованное, добровольное, осознанное исполнение индивидом профессиональных обязанностей.

В профессиональном долге выражаются объективная и субъективная стороны деятельности человека.

Объективная является отражением общественных требований к человеку: необходимость трудиться, соблюдать правила общежития и т. п. Содержание этих требований не зависит от человека, они формируются самой жизненной необходимостью.

Субъективная – это осознание человеком требований общества, коллектива и его готовность сознательно выполнять их в жизни. Эта сторона профессионального долга выражает степень сознательного отношения к делу.

К основным свойствам профессионального долга авиаторов относятся:

- осознание ответственности за осуществление мероприятий по обеспечению безопасности полетов;
- профессиональная точность и обязательность;
- добросовестность в исполнении должностных обязанностей.

Немаловажную роль в продуктивной реализации авиатором производственно-функциональных обязанностей играет осознание профессионального достоинства.

Профессиональное достоинство – это осознание индивидом общественной важности выполняемой профессионально-производственной деятельности; внутренняя уверенность индивида в собственной ценности в профессии; чувство самоуважения на основе добросовестного и принципиального выполнения своих функциональных обязанностей.

Человек с чувством профессионального достоинства должен быть честлюбивым, то есть любить честь, руководствоваться профессиональной гордостью и стремиться к профессионализму.

Авиационную деятельность должны регулировать также соображения профессиональной чести.

Профессиональная честь – это строгое и неукоснительное следование нормам профессиональной морали и этикета и принципиальное благородство в профессии.

Можно выделить следующие основные компоненты профессиональной чести авиатора:

- глубоко осознанное, ответственное отношение к своему профессиональному долгу и обязанностям;

- наличие у работника постоянной способности, волевой готовности достойно выполнять профессиональный долг в любое время и в самых трудных условиях;
- верность данному слову;
- готовность к профессиональному подвигу.

В авиационной деятельности не обойтись также без осознания моральной ответственности.

Моральная ответственность авиатора – это способность работника глубоко предвидеть результаты своей деятельности и поведения и поступать строго в соответствии с авиационными правилами, интересами общества и общечеловеческими ценностями.

Механизм проявления моральной ответственности авиатора складывается из следующих компонентов:

- 1) осознание результата и последствий действия и / или поступка;
- 2) признание необходимости поступать так, а не иначе;
- 3) морально-волевое усилие по осуществлению решения;
- 4) способность принять верное решение и провести его в жизнь.

Категории морали экстремальных ситуаций определяют деятельность авиаторов и авиационных служб во внештатных ситуациях, при возникновении прецедентов авиационных происшествий, в условиях авиационных аварий.

К категориям морали экстремальных ситуаций можно отнести следующие:

- экипажное товарищество;
- взаимовыручка;
- способность к самоотверженной профессиональной деятельности;
- отвага и мужество;
- способность к самопожертвованию;
- профессиональный героизм.

Мужество – этическая категория, которая характеризует морально-волевою способность человека к выдержке, самообладанию, решительности.

Будучи нравственным качеством авиатора, она выражает длительность, устойчивость проявления смелости и самообладания. Рассматриваемая категория отражает реальную способность человека подавить чувство страха, отрицательные эмоции, способность трезво видеть и оценивать опасность. В мужестве больше рационального, чем эмоционального (по сравнению с отвагой). Это моральное качество зачастую оказывается решающим, особенно в ситуациях, требующих длительного, устойчивого проявления силы духа и воли, настойчивости и упорства.

Экипажное товарищество как этическая категория выражает коллективный характер нравственных отношений в авиационном коллективе в экстремальных условиях.

Экипажное товарищество основывается на глубоком моральном единстве членов экипажа и закрепляется в узах профессиональной ответственности. Оно предполагает глубокое взаимное доверие, сплоченность экипажа, готовность к взаимопомощи в экстремальной ситуации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сивицкий, В. Н. Культурология : пособие / В. Н. Сивицкий, А. А. Лихотыкин, М. В. Юрченко. – Минск : ВА Респ. Беларусь, 2010. – 160 с.
2. Сивицкий, В. Н. Воинская деятельность: социально-философское содержание феномена / В. Н. Сивицкий, И. Н. Чмыхун // Идеологические аспекты военной безопасности. – 2019. – № 1. – С. 30–35.
3. Сивицкий, В. Н. Культура как фактор социализации военнослужащих / В. Н. Сивицкий // Идеологические аспекты военной безопасности. – 2010. – № 2. – С. 8–12.
4. Сивицкий, В. Н. Национальная культура как источник патриотизма / В. Н. Сивицкий // Идеологические аспекты военной безопасности. – 2011. – № 3. – С. 23–29.

5. Сивицкий, В. Н. Основные проблемы патриотического воспитания граждан в Республике Беларусь / В. Н. Сивицкий // Идеологические аспекты военной безопасности. – 2015. – № 2. – С. 7–11.

УДК 355.23

С.А. Савик, М.И. Капкович

Белорусский национальный технический университет

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ, СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ВОЕННОЙ ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

Созданная в Республике Беларусь система военной довузовской подготовки, является важным элементом национальной системы военного образования по подготовке офицерских кадров для Вооруженных Сил Республики Беларусь (далее – Вооруженные Силы), ее начальным звеном.

История создания и становления системы военной довузовской подготовки в Беларуси неразрывно связана с историей создания, реформирования и дальнейшего строительства Вооруженных Сил и соответствующей им системы подготовки офицерских кадров. В этой связи в истории создания, становления и развития системы военной довузовской подготовки на наш взгляд, можно выделить следующие этапы.

Первый этап (1991–1995 гг.) связан с сохранением Минского суворовского военного училища (далее – МСВУ) и характеризуется созданием Вооруженных Сил, формированием национальной системы подготовки военных кадров (в 1992 г. перепрофилируются высшие военные училища на территории Беларуси, в 1995 г. создается Военная академия Республики Беларусь (далее – Военная академия)).

В рамках второго этапа (1996–2009 гг.) происходит зарождение кадетского движения: возникают военно-патриотические и кадетские классы. В этот период проходит реформирование Вооруженных Сил, завершается создание полного цикла системы подготовки офицерских кадров (в 2003–2007 гг. создаются военные факультеты в ведущих вузах республики, а в 2006 г. открывается факультет Генерального штаба Вооруженных Сил в Военной академии)

Особенностью третьего этапа (2010–2011 гг.) является завершение формирования системы военной довузовской подготовки и ее становление (в течение 2010–2011 гг. в различных регионах республики открываются кадетские училища). Продолжается строительство Вооруженных Сил, развитие и совершенствование национальной системы подготовки офицерских кадров.

В рамках четвертого этапа (2012 г. – по настоящее время) идет процесс совершенствования системы военной довузовской подготовки: проводится работа по улучшению учебно-материальной базы МСВУ и кадетских училищ, повышению качества педагогического состава данных учебных заведений, создаются новые кадетские училища.

В системе военной довузовской подготовки в Беларуси можно выделить, на наш взгляд, три основных звена:

1. Минское суворовское военное училище.
2. Военно-патриотические и кадетские классы в средних школах (с 2008 г. классы с факультативными занятиями военно-патриотической направленности).
3. Кадетские училища.

Минское суворовское военное училище создано в 1953 г. Первым начальником училища стал Герой Советского Союза генерал-майор (в последующем генерал-лейтенант)

Д. К. Мальков. Днем училища считается 6 ноября 1953 г., когда ему было вручено Боевое Знамя [1, л. 1, 2].

Были для училища и трудные времена. В начале 90-х гг. прошлого века даже стоял вопрос о его закрытии. В этих сложных экономических и политических условиях был издан Указ Президента Республики Беларусь от 12 июля 1995 г. № 262 «О дальнейшем развитии Минского суворовского военного училища», ставший для учебного заведения историческим.

Президент Республики Беларусь при посещении в феврале 2006 г. МСВУ отметил: «Тогда, 10 лет назад, было сложно принять правильное решение. Армию пытались унижить и уничтожить материально и морально. Дескать, на ее содержание уходят огромные средства, и не лучше ли попросить покровительства у Европы и США, пустить к себе войска НАТО. Кадровые офицеры не получали достаточное вознаграждение за свою нелегкую службу, военные профессии превратились в непрестижные. Навис дамоклов меч и над Минским суворовским военным училищем. Я прекрасно понимал, что, единожды сократив Минское суворовское военное училище, мы его больше не восстановим. Да, мы сможем построить новое здание, по последнему слову техники оборудовать учебные классы, но традиций уже не восстановим. И время показало, что решение о сохранении Минского суворовского военного училища было принято верное» [2, с. 2].

Военно-патриотические и кадетские классы. По инициативе самих средних школ республики и при активной поддержке командования Военной академии, в первую очередь первого начальника Военной академии (1995–1999 гг.) генерал-майора Г. И. Флерко, в них с середины 1990-х гг. начали создавать военно-патриотические классы (далее – ВПК). Первый такой класс был организован на базе средней школы № 3 в г. Старые Дороги (Минской области). В его состав вошли всего 13 десятиклассников, которые до этого учились в семи разных школах. Произошло это после того, как в стенах Военной академии побывала в начале 1996 г. директор школы А. Н. Агафонова. Вторым шагом был сделан совместно с директором школы № 4 г. Несвижа (Минской обл.) М. М. Мацелем. На конкурсной основе отобрали 19 десятиклассников из шести школ. Уже в 1997 г. в стране возникло больше двадцати ВПК.

Создание ВПК в Республике Беларусь в середине 90-х гг. XX в. преследовало ряд целей:

- способствовать преодолению падения престижа службы в армии и патриотизма в стране;
- реализовать потребность в повышении качества специальных знаний выпускников средних школ (прежде всего, средних и малых городов республики), необходимых для успешного поступления в Военную академию и другие военные учебные заведения;
- увеличение процента иногородних курсантов Военной академии за счет ребят, прибывших из периферийных городов Республики, готовых служить офицерами полный срок и в любой точке страны, в целях сокращения досрочного увольнения молодых офицеров из Вооруженных Сил;
- обеспечение высокого конкурса в военные учебные заведения для тщательного отбора абитуриентов.

В 2008 г в Беларуси насчитывалось уже 148 ВПК, в сравнении с 112 ВПК в 2006 г. [3, с. 82].

Создание ВПК в середине 1990-х гг. XX в. – достойный ответ передовой части белорусского общества, прежде всего молодежи, на попытки переоценки нравственных ценностей, связанных с патриотизмом, любовью к Родине.

Первые кадетские классы также были созданы в 2004 г. в СШ № 28 г. Бреста (директор А. А. Лазарук) и в СШ № 13 г. Витебска (директор И. В. Бельницкая).

В начале 2008 г. в средних школах республики насчитывалось около 25-ти кадетских классов, в которых обучалось около 450 учеников.

С целью упорядочения их деятельности в 2008 г., согласно Декрету Президента от 17 июля 2008 г. № 15 «Об отдельных вопросах общего среднего образования», военно-патриотические и кадетские классы были преобразованы в классы, где в часы, свободные от

основных учебных занятий, должны были проводиться факультативные занятия военно-патриотической направленности (далее – классы с ФВПН).

К 2010 г. несмотря на общие успехи, сложившиеся в развитии военно-патриотического движения в Беларуси, имели место проблемы:

- классы с ФВПН функционировали в значительной степени за счет труда энтузиастов;
- отсутствовала нормативно-правовая база единого образовательного стандарта и контроля за процессом обучения;
- в каждой школе был создан свой подход к деятельности классов с ФВПН: в одних классах он состоял в изучении истории, углубленном освоении математики и физики, для других – в тесном сотрудничестве с Военной академией, МВД, МЧС и др., для третьих – в активной идеологической работе;
- существовали разные мнения относительно принятия девочек в классы с ФВПН, ношения формы, режима пребывания и многих других вопросов.

Потребность в устранении вышеперечисленных проблем, а также в более серьезной работе в сфере военно-патриотического воспитания, обусловили необходимость создания отдельных учреждений образования, максимально приближенных к кадетским корпусам. В результате 28 января 2010 г. был принят Указ Президента № 54 «О кадетских училищах» [6, с. 8–11].

С принятием данного Указа в Беларуси завершилось создание стройной и целенаправленной системы довузовской военной подготовки (включающей в себя МСВУ, классы патриотической направленности в средних школах (классы с ФВПН) и кадетские училища).

В 2010 г. было открыто три кадетских училища:

- государственное учреждение образования (далее – ГУО) «Минское областное кадетское училище» (постановление Минского облисполкома № 926 от 3.08.2010). Первый директор училища С. В. Метельский. Местом базирования кадетского училища выбрана Слуцкая школа-интернат;
- ГУО «Полоцкое кадетское училище» (постановление Витебского облисполкома № 572 от 16.07.2010). Первый директор училища – Ж. Е. Жевнерович. Училище создано на базе СШ № 4 г. Полоцка в год 175-летия Полоцкого кадетского корпуса;
- ГУО «Минское городское кадетское училище № 1» имени М. В. Фрунзе (образовано решением Мингорисполкома № 1386 от 10.06.2010) открылось в здании школы-интерната № 3. г. Миска. Первый директор училища – Ю. Г. Батуро.

В августе 2016 г. преобразовано в УО «Специализированный лицей министерства внутренних дел Республики Беларусь».

В 2011 г. двери перед юношами и девушками открыли еще 5 кадетских училищ:

- ГУО «Минское городское кадетское училище № 2» (образовано решением Мингорисполкома № 1 720 от 16.06.2011) разместилось в здании бывшего ГУО «Санаторная общеобразовательная школа-интернат № 2 г. Минска». Директором училища назначен И. С. Реут;
- ГУО «Брестское областное кадетское училище» (приказ управления образования Брестского облисполкома № 311 от 16.05.2011) создано на базе Ястрембельской Барановичского района школы-интерната для детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей. Первый директор – А. С. Калько;
- ГУО «Гродненское областное кадетское училище» (образовано решением Гродненского горисполкома № 520 от 25.07.2011) функционирует на базе средней школы № 22 г. Гродно. Первый директор училища – В. А. Матук;
- ГУО «Витебское кадетское училище» (создано на основании решения Витебского облисполкома от 12.04.2011 № 223) сформировано путем реорганизации Лужеснянской школы-интерната-гимназии для способных и талантливых детей Витебской области. Директором Лужеснянской школы-интерната-гимназии в течение всего времени ее существования (17 лет) и первым директором Витебского кадетского училища был заслуженный учитель Беларуси В. В. Шитько;

– ГУО «Могилевское областное кадетское училище» (создано решением Могилёвского облисполкома от 16.05.2011 № 8-25) расположилось в бывшем учебно-лабораторном корпусе № 2 Могилевского педагогического колледжа. Первый директор училища – А. А. Балабанов.

В мае 2013 г. было образовано ГУО «Гомельское городское кадетское училище» (решение Гомельского горисполкома № 469 от 27.05.2013) работает на базе реорганизуемой средней школы № 20 г. Гомеля. Первым директором училища была назначена Г. К. Чуешкова. Открытием кадетского училища в Гомеле был завершён процесс создания кадетских училищ во всех шести областях Беларуси.

В июле 2023 г. в Беларуси открылось новое кадетское училище: ГУО «Борисовское кадетское училище Минской области» (постановление Минского облисполкома № 641 от 13.07.2023) «Борисовское кадетское училище создано на базе Староборисовской санаторной школы-интерната. Первый директор училища Д. С. Болбас.

1 сентября 2023 г. в церемонии открытия Борисовского кадетского училища Минской области принял участие Государственный секретарь Совета Безопасности Республики Беларусь генерал-лейтенант Александр Вольфович, Министр обороны Республики Беларусь генерал-лейтенант Виктор Хренин и председатель Минского областного исполнительного комитета Александр Турчин.

На начало 2023 г. в девяти кадетских училищах (функционирующих во всех регионах республики) насчитывалось более двух тысяч воспитанников, из них – около 20 % девушек.

Таким образом, создание, становление и развитие военной довузовской подготовки стало особой, интересной страницей в истории суверенной Беларуси.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Центральный архив Министерства обороны Респ. Беларусь. – Фонд 2036. – Оп. 72078. – Д. 1. Выписка из исторического формуляра Минского суворовского военного училища за период с августа 1953 г. по март 1986 г. – Л. 1–2.
2. Соболевский, А. Погоны мальчишкам к лицу / А. Соболевский // Бел. воен. газ. – 2006. – 28 февр. – С. 2.
3. Гаврильченко, Ю. П. Кадетское образование / Ю. П. Гаврильченко, М. В. Мисько. – Минск : Аверсэв, 2015. – 159 с., [16] цв. ил. – (Патриотическое воспитание).
4. О кадетских училищах: Указ Президента. Респ. Беларусь от 28 янв. 2010 г., № 54 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2010. – № 28. – 1/11356.

УДК 878.64

Г.А. Сенокосов, А.В. Найдович

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИЗУЧЕНИЕ КОММУНИКАТИВНЫХ И ОРГАНИЗАТОРСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ У КУРСАНТОВ БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ АВИАЦИИ

Коммуникативные и организаторские способности являются ведущими в образовании межличностных отношений, в сплочении членов коллектива, в организации учебных, спортивных, игровых и других групп, в привлечении к себе людей, в умении организовать и направить их деятельность.

Исследованием данной проблемы занимались такие ученые, как И. С. Кон, В. Т. Лисовский, Л. С. Выготский, В. Н. Шубкин и многие другие. Проблемам общения, развития коммуникативного потенциала и организаторских склонностей уделено достаточное количество исследований. А. А. Леонтьев и Е. А. Климов анализировали различные виды организаторских способностей и коммуникативных умений, М. И. Лисина,

А. Д. Андреев, Е. В. Каган занимались изучением мотивационно-потребностной стороны общения. Таким образом, можно подтвердить актуальность данной темы и для современных исследований.

Коммуникативные и организаторские способности склонны оказывать влияние на повседневную жизнь человека в целом. В любой сфере деятельности человека начиная от личной жизни и заканчивая профессиональной деятельностью необходимо достаточное развитие способностей, умения слушать.

К. К. Платонов рассматривает коммуникативные способности как способности к образованию межличностных отношений, обеспечивающие успешную коллективную деятельность и нахождение в ней каждой личностью своего места, а также сплочение коллектива, способность привлекать к себе людей [2, с. 128].

С психологической точки зрения организаторские способности определяют как способности к организаторской деятельности. Они включают в себя коммуникативные способности, практический ум, способность заражать и активизировать других, критичность, тактичность, инициативность, требовательность к себе и другим, самообладание, настойчивость, рациональность [1, с. 12, 13].

В любой профессии важно, чтобы специалист с организаторскими склонностями имел следующее: навык передачи информации, ее объяснения понятным для коллег, членов группы способами, а также убедиться в том, что собеседник верно ее понял и усвоил; умение давать обратную связь, то есть оценивать, анализировать и формулировать результат деятельности для организации следующего этапа работы; навык контроля над собой, своими эмоциями и действиями, а так же способность принимать взвешенные решения в сложных профессиональных ситуациях для продуктивности делового общения и взаимодействия; умение планировать и прогнозировать процесс выполнения профессиональной функции или задачи, а также результаты труда, что снова важно для продуктивности деятельности и самореализации в ней специалистов. Иметь сформированные организаторские способности и умения у специалистов диктует современная конкурентно-профессиональная среда и требования работодателей.

В этой связи было проведено эмпирическое исследование, направленное на изучение коммуникативных и организаторских способностей у курсантов БГАА. В исследовании принимали участие 53 курсанта. Изучение коммуникативных и организаторских способностей проводилось с помощью методики «Коммуникативные и организаторские склонности (КОС-1)».

Проанализируем полученные данные по шкале коммуникативные навыки. Уровень развития коммуникативных навыков отражен на рисунке 1.

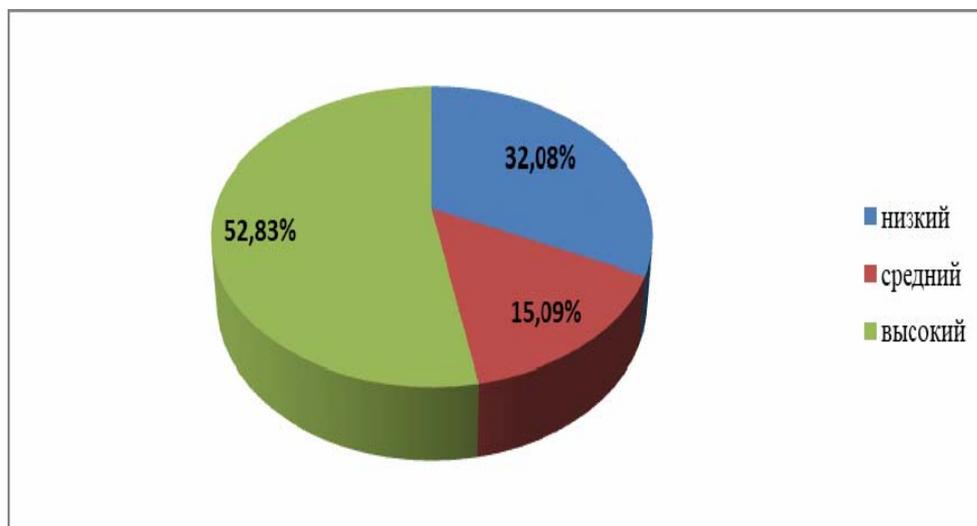


Рисунок 1 – Уровень развития коммуникативных навыков у курсантов БГАА

Полученные данные распределились следующим образом: 52,83 % выборки имеют высокий уровень развития коммуникативных навыков, 15,09 % – средний уровень, а 32,08 % имеют низкий уровень развития коммуникативных навыков. Это свидетельствует о том, что часть курсантов имеют сложности в коммуникации.

Аналогичным образом проведем анализ организаторских способностей. Уровень развития организаторских способностей отражен на рисунке 2.

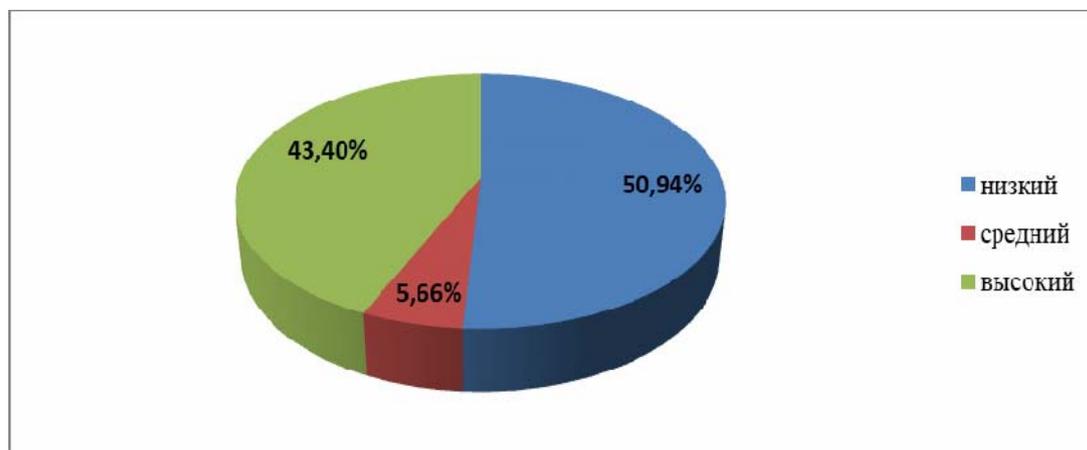


Рисунок 2 – Уровень развития организаторских способностей у курсантов БГАА

Полученные данные распределились следующим образом: 50,94 % курсантов выборки имеют низкий уровень развития организаторских способностей, 5,66 % – средний уровень, 43,40 % имеют высокий уровень развития организаторских способностей. На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что курсанты БГАА имеют сложности в проявлении организаторских способностей.

С помощью непараметрического коэффициента корреляции Спирмена была изучена взаимосвязь коммуникативных и организаторских способностей. Полученный коэффициент Спирмена ($r = 0,3468$, при $p \leq 0,05$) свидетельствует о том, что существует статистически значимая прямая взаимосвязь между уровнем развития коммуникации и организаторских способностей. Следовательно, чем выше уровень коммуникативных навыков, тем выше уровень организаторских способностей.

На сегодняшний день особый интерес вызывает проблема создания условий для эффективного формирования коммуникативных и организаторских способностей личности и поиска новых технологий для их развития. Актуальными методами для развития коммуникативных и организаторских способностей являются: психологические тренинги, беседы, экскурсии, наблюдения, творческие конкурсы, акции, а также разработка проектов.

Таким образом, на основании проведенного эмпирического исследования можно сделать вывод о том, что некоторая часть курсантов имеет сложности в коммуникации, а также имеет низкий уровень развития организаторских способностей, что может в дальнейшем неблагоприятно сказаться на профессиональной деятельности. В этой связи, данной категории курсантов рекомендовано психолого-педагогическое сопровождение на развитие коммуникативных и организаторских способностей через групповые формы работы (тренинг).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Платонов, К. К. Об изучении психологии учащегося / К. К. Платонов. – М. : Всесоюзн. учебно-педагог. изд-во «Профтехиздат», 1961. – 143 с.
2. Антонова, Н. В. Самоопределение и профориентация учащихся / Н. В. Антонова. – М. : Академия естествознания, 2014. – 89 с.

УДК 629.78

С.В. Синявская, А.Д. Липень, Д.С. Белявская

*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»***ПЕРВЫЕ ЖЕНЩИНЫ КОСМОНАВТКИ**

Человек всегда мечтал полететь в космос, 12 апреля 1961 многовековая мечта людей о полете в космос сбылась и первым космонавтом Земли стал Юрий Алексеевич Гагарин. Это событие перевернуло мышление людей с ног на голову. Человек смог полететь в космос! А могли ли женщины о таком мечтать? Да! Первой женщиной-космонавтом, которая смогла покорить космическое пространство, стала Валентина Владимировна Терешкова.

Биография этой женщины начинается в деревне Большое Масленниково. Родителями Валентины стали выходцы из белорусских крестьян. В детстве Терешкова посещала Ярославскую школу, получала высокие отметки. От сверстников она отличалась упрямым характером и смелостью – садилась без страха на лошадь, прыгала вниз головой в речку. Завершив базовое семилетнее школьное образование, она решила помогать матери в содержании семьи и устроилась на должность браслетчицы на Ярославский шинный завод. Однако бросать образование целеустремленная девушка не собиралась: трудовые будни заканчивались занятиями в вечерней школе. Она заочно отучилась в техникуме легкой промышленности. В молодости 7 лет проработала ткачихой на расположенном неподалеку комбинате под названием «Красный перекоп». В это время Терешкова начала увлекаться парашютным спортом.

Хобби Валентины предрешило ее судьбу. По счастливому стечению обстоятельств, как раз в то время советский ученый Сергей Королев загорелся идеей отправить в космос женщину. Советских женщин, желающих отправиться в космос, оказалось на удивление много. В результате жесткого отбора определились пять «финалисток»: Ирина Соловьева, Татьяна Кузнецова, Жанна Ёркина, Валентина Пономарева и Валентина Терешкова.

Девушки учились перемещаться в невесомости, испытывали ресурсы организма в термокамере и сурдокамере, выполняли парашютную подготовку, осваивали использование скафандра.

В итоге Терешкову выбрали главным кандидатом на полет в космос. Женщина отправилась в космос 16 июня 1963 года на корабле «Восток-6», взлетевшем с Байконура. То, как первая женщина-космонавт провела старт, какие доклады озвучивала, получило высокую оценку специалистов. Они уверяли, что Терешкова провела старт лучше опытных космонавтов-мужчин.

Вскоре после старта самочувствие Терешковой ухудшилось, она мало двигалась, не ела и вяло вела переговоры с наземными станциями. Тем не менее, она продержалась трое суток, 48 оборотов вокруг Земли, и на протяжении полета исправно вела бортовой журнал, а также делала фотографии горизонта, которые позже были использованы для обнаружения аэрозольных слоев в атмосфере.

С тех пор Валентина Терешкова больше не летала в космос. Она стала инструктором-космонавтом, работала в Центре подготовки космонавтов как старший научный сотрудник, даже окончила Военно-воздушную инженерную академию имени Н. Жуковского, став профессором и написав свыше пяти десятков научных трудов.

Светлана Савицкая – имя, которое возвышается над множеством достижений и вызывает гордость в сердцах людей по всему миру. Эта женщина смогла выйти в открытый космос дважды. Она стала чуть ближе к космосу, преодолев барьер страха.

Родившаяся 8 августа 1948 года в городе Москве, Светлана с самого юного возраста проявляла непреодолимую страсть к небу и звездам. Изохренным умом и талантом, она прекрасно справлялась с учебой и стремилась к интеллектуальному росту. Проходя путь

студента, она продолжала касаться небес в своих мечтах, мечтая о том, чтобы стать космонавтом.

Ее мгновение истины наступило в 1982 году, когда ей была предоставлена редкая возможность воплотить свою давнюю мечту в реальность, став членом экипажа космического корабля «Союз Т-7». Светлана Савицкая тем самым стала второй женщиной- космонавтом из СССР и третьей женщиной в истории космонавтики.

Ее путь в космос стал подлинным подвигом. За шестидневный полет на орбите в составе экипажа под командованием Леонида Поповича она совершила два выхода в открытый космос, участвуя в комплексе научно-исследовательских работ. Но не только выдающиеся деяния делают ее заслуженным образцом для всех – это еще и стойкость духа, и непревзойденное профессиональное мастерство.

Светлана Савицкая является первой женщиной, заслужившей звание «Герой Советского Союза». За свои невероятные показатели и достижения она получила большое количество наград и отличий в стране и во всем мире.

После своего выдающегося полета Светлана Савицкая не прекратила работу в космической индустрии. Она посвятила себя роли научного работника, активно участвуя в проведении экспериментов и исследованиях в области космической физики и биологии. Ее научные труды стали ценным вкладом в развитие космической науки и открытие новых горизонтов для исследований.

Светлана Савицкая – воплощение смелости, упорства и стремления к невозможному. Ее история вдохновляет миллионы людей по всему миру, доказывая, что граничны только наши мечты и наша вера в себя.

Следующий полет женщины в космос не заставил себя ждать. Уже через год этой смелой девушкой стала Салли Кристен Райд.

Салли Кристен Райд была выдающейся астронавтом из Соединенных Штатов Америки. Ее достижения и вклад в исследование космоса принесли ей заслуженное признание не только в Америке, но и по всему миру. Более того, она стала первой женщиной-астронавтом в истории Соединенных Штатов Америки.

Уже с раннего детства она проявляла интерес к науке и исследованиям. В 1973 году она получила степень бакалавра по физике в университете Стенфорда, а затем продолжила свое образование в старшей школе государственного исследовательского центра высоких энергий СЭРН, получив степень доктора философии в физике в 1978 году.

Карьера Салли Кристен Райд в астронавической отрасли началась в 1978 году, когда она была выбрана в качестве кандидата астронавтов НАСА. После успешного прохождения обучения она стала членом экипажа Шаттла Челленджер в 1983 году. В том же году Салли Кристен Райд вошла в историю, став первой женщиной-астронавтом США.

В своей карьере Салли Кристен Райд приняла участие в нескольких космических миссиях. В числе ее значимых достижений можно выделить ее работу по развертыванию спутников, выполнению экспериментов в невесомости, а также обслуживанию космического телескопа «Хаббл». Благодаря ее усилиям и мастерству Салли Кристен Райд стала иконой для женщин в космической индустрии и вдохновением для многих молодых девушек, мечтающих о карьере астронавта.

Несмотря на свою занятую карьеру, Салли Кристен Райд нашла время для образовательных и научно-популярных деятельности. Она была активным сторонником и пропагандистом науки и космических исследований. Своим примером и достижениями она подтвердила, что ни пол, ни статус не могут быть преградой на пути к достижению высот в научных исследованиях.

Салли Кристен Райд посвятила свою жизнь исследованию космоса и расширению наших знаний о нем. Ее деятельность и достижения останутся наследием и вдохновением для многих поколений будущих астронавтов и исследователей. Вклад Салли Кристен Райд в исследование космоса и ее пионерская роль в качестве первой женщины-астронавта Америки оставят незабываемый след в истории науки и космической индустрии.

Космоса всем хватит, он безграничен во всех смыслах. Даже девушка из маленькой страны может покорить космическое пространство.

Марина Василевская – имя, которое останется в истории Белоруссии навсегда. Она не только стала первой женщиной из этой страны, которая полетит в космос.

Родилась Марина Василевская в маленьком городке Гродно на западе Белоруссии. С юных лет она питала любовь к науке и мечтала о полете в космос. Несмотря на то, что в то время женщины практически не имели возможности пробиться в такие высоты, Марина не сдавалась.

До работы бортпроводником она 15 лет профессионально занималась балльными танцами. Сейчас в свободное время Марина увлекается дизайном интерьеров, любит ходить в бассейн, заниматься аэробикой, играть в бадминтон и теннис. А еще с неба на землю Марина спускается напрямик в свой огород, где с удовольствием выращивает овощи и зелень.

Именно ее смелость и настойчивость привлекли внимание космической программы Белоруссии. Она была выбрана из множества кандидатов и приступила к тяжелой и интенсивной подготовке, чтобы стать частью экипажа. Было более трех тысяч претендентов, среди которых отобрали шестеро женщин, прошедших подготовку в Звездном городке.

Таким образом, Марина Василевская оставит глубокий след в истории Белоруссии и станет символом смелости и доблести для всех женщин этой страны. Ее подвиг станет непреходящим источником вдохновения и мотивации для всех, кто мечтает достичь невиданных высот.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жуков, С. Л. Гуманитарные цели полетов в космос и требования к космонавтам / С. Л. Жуков, С. В. Кричевский // «К. Э. Циолковский и профессиональная деятельность космонавтов : труды XXIX чтений К. Э. Циолковского. – М., 1995. – С. 83–89.

2. Ребров, М. Ф. Советские космонавты / М. В. Ребров. – 2-е изд., доп. – М. : Воениздат, 1983. – 312 с. : ил.

УДК 629.7

С.В. Синявская, Р. Гюнтер, Е.И. Матусевич

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

МЕСТО ПОДВИГУ ЕСТЬ ВСЕГДА

В истории авиации сияют имена выдающихся летчиков, чьи подвиги останутся навеки запечатленными в памяти и сердцах людей. Их бесстрашие, мастерство и патриотизм служат примером непревзойденной силы духа и преданности идеалам. Погружаясь в биографии легендарных летчиков, таких как Сергей Грицевец, Николай Гастелло, Валерий Чкалов и Александр Молодчий, мы видим, как их подвиги отразились на современных героях неба, кем являются Андрей Ничипорчик, Никита Куколенко, Владимир Карват.

Сергей Грицевец – дважды Герой Советского Союза. Его имя является одним из самых ярких в истории летчиков-героев. Он родился в небольшом сибирском городке, в котором его сердце начало стремиться к небу. С детства Сергей проявлял интерес к авиации, мечтая стать летчиком. В юности он поступил в авиационное училище, где его способности и талант были обнаружены и признаны. Во времена Великой Отечественной Войны, Сергей Грицевец совершил 88 боевых вылетов, провел 42 воздушных боя, сбил 7 вражеских самолетов лично. Это очень высокие боевые результаты, за которые ему совершенно

справедливо присвоено звание Героя Советского Союза. Его имя стало символом смелости и высокого профессионализма в советской авиации.

Николай Гастелло – Герой Советского Союза (посмертно). Родившись в семье рыбаков, он впервые испытал влечение к небу, наблюдая за пролетающими над ним самолетами. Молодым парнем он ушел в авиационное училище, где его пилотажные навыки были отмечены высокой оценкой. В то время Николай летал на советских самолетах, которые требовали не только смелости, но и особого мастерства. В самом начале войны, а именно 26 июня 1941 года, Николай совершил подвиг, являющийся одним из самых известных примеров героизма в истории Великой Отечественной. «Огненный таран» – так назвали подвиг Гастелло, когда летчик, сидя за штурвалом подбитого немцами самолета, направил его прямо на колонну фашистской техники. Он стал частью лётной элиты своего времени, покоряя воздушные просторы и демонстрируя незаурядные пилотажные умения.

Вспоминая летчиков-героев, невозможно обойти стороной имя Валерия Чкалова. В душе Валерия горела страсть к полетам и бесстрашие, которые позволили ему создать 15 фигур высшего пилотажа, а также стать первым летчиком, перелетевшим через Северный полюс. Его славные подвиги подтолкнули летную науку вперед, позволив советским флагам развеяться над новыми территориями. В. Чкалов стал синонимом отваги и решительности, воплощением непоколебимого духа человека, познающего неведомое. За свои подвиги был удостоен звания Героя Советского союза.

Александр Молодчий – дважды Герой Советского Союза. Один из наиболее результативных летчиков авиации дальнего действия. Уже с детства Александра тянуло к небу. С ранних лет обучался в Луганском аэроклубе, а так же занимался авиамodelьным спортом. В общей сложности за время своего участия в войне Александр совершил 311 боевых вылетов, 287 из которых – в темное время суток. Дважды его самолет сбивали в воздушных боях. Вместе со своим экипажем он сбил 5 вражеских боевых машин. После окончания войны продолжал службу в Советской Армии.

В память о Николае Гастелло во множестве городов, например, в Минске и Могилёве были названы улицы. В память о Сергее Грицевце так же были названы улицы в белорусских городах, был создан Минский аэроклуб ДОСААФ, базирующийся на аэродроме Липки. А имена Валерия Чкалова и Александра Молодчего были даны двум самолетам дальней авиации Ту-160 Воздушно-космических сил Российской Федерации (рисунок).



Рисунок – Именные борта «Валерий Чкалов» и «Александр Молодчий»

На сегодняшний день мы можем наблюдать, как наследие героев прошлого перетекает в современную эпоху в лицах Андрея Ничипорчика, Никиты Куконенко и Владимира Карвата – белорусских летчиков-героев, достойных имен всех великих подвижников неба.

Майор А. Ничипорчик и лейтенант Н. Куконенко – экипаж учебно-боевого самолета Як-130. В 2021 году потерпели крушение в Барановичах из-за отказа системы управления. До последнего они пытались отвести неуправляемый самолет от жилых строений. Подобный подвиг совершил и подполковник В. Карват в 1996 году. Во время учебно-тренировочного полета недалеко от Барановичей на самолете Су-27, из-за пожара в отсеке левого хвостового обтекателя, отказала система управления. Владимир также до последнего отводил неуправляемую машину от населенных пунктов. Майор Ничипорчик, лейтенант Куконенко и подполковник Карват были удостоены звания Героя Республики Беларусь (посмертно).

Мост между прошлым и настоящим является очевидным, когда мы сравниваем героев прошлого и современность. Качества, которые делали летчиков-героев непобедимыми – отвага, преданность, мастерство и патриотизм. Испытания, которым они подвергались, стимулируют нас подвигнуться дальше и достичь новых высот.

Наши герои прошлого и настоящего – связующее звено между временами, которое свидетельствует о том, что подвиг бессмертен. Они воплощают идеалы человеческого духа и доказывают, что через трудности и препятствия можно достичь величия.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мачекин, Н. Герои Беларуси / Николай Мачекин. – Минск : Беларусь, 2022. – 96 с. : ил.
2. Валерий Чкалов. – Изд. 2-е, доп. – М. : ДОСААФ, 1977. – 223 с. : ил.
3. История воздухоплавания, авиации и космонавтики : учеб.-метод. комплекс / сост. А. А. Гурецкий. – Минск : БГАА, 2020. – 295 с.
4. Бондаренко, В. За други своя. Герои и подвиги Беларуси / В. Бондаренко. – Минск : Беларусь, 2022. – 176 с. : ил.
5. Сквозь облака и годы / сост. В. А. Теляков. – Минск : Минская фабрика цветной печати, 2003. – 270 с.

УДК 316 + 629,7

В.А. Станкевич, Н.С. Максимов, Н.В. Кудрявцева

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

АВИАПАССАЖИРЫ: ПРОБЛЕМЫ КУЛЬТУРЫ ОБЩЕНИЯ И ПОВЕДЕНИЯ

Культура занимает одно из лидирующих мест в обществе. Благодаря ей у человечества формируется связь друг другом, формируются культурные ценности и личности человека. Также, она взаимодействует с разными сферами услуг, которые в свою очередь занимают большую часть нашей жизни. Культурный человек всегда учитывает ситуацию и понимает, как вести себя в ней. Нужно учитывать такие факторы как: возраст, пол, социальное положение. Стоит знать меру, понимать, где и как разговаривать, а где стоит промолчать. У любого поступка есть мотив, он действует как толчок, побуждение к действию, но перед совершением действия стоит обработать свое желание, а потом только выполнять. Иначе любой необдуманный поступок может очень плохо сыграть для общества вокруг него.

Следствием культуры является этикет, фундаментом которого является вежливость, критерии которой базируются на конкретных нормах общения и правилах поведения. Истинная вежливость непременно доброжелательна, так как она – одно из проявлений искренней, бескорыстной благожелательности по отношению к людям, с которыми приходится общаться [1].

В основном культура формируется инстинктами, то есть она изначально заложена в наше сознание, путем передачи генетической информации наследственным путем из поколения в поколение. Археологи изучают культуру первобытных (древних) людей, путем нахождения остатков их культур. Интересным фактом является то, что культура способна существовать долгие столетия. Например, до сих пор можно встретить разные племена, у которых остались древние традиции и орудия труда.

Уже сформировавшаяся культура состоит из разных запретов, таких как: запрет на кровосмешение, использование, как ненормативной лексики, так и непристойных жестов и других табу, которые координируют характер отношений в современном обществе. Эти запреты блокируют возникающее желание нарушить этикет. В каждой стране сформированы свои национальные традиции, правила и нормы общения и поведения, которые во многом отличаются от единой культуры, из-за того, что люди жили в разных обществах. Межнациональная культура имеет значительную силу и исполняет важную роль во взаимоотношениях, потому что благодаря ей общество живет в мире и согласии. В первую очередь – это уважение одного общества с одной культурой, к другому обществу с другой культурой, а также соблюдение сложившихся традиций. Например, в мусульманских странах, согласно исламским традициям, считается непристойным во время трапезы брать или предлагать пищу левой рукой, в азиатских странах, где строго соблюдаются буддийские традиции строго запрещено копировать позу статуи Будды при фотографировании на ее фоне. Однако во всех странах мира есть общие правила и нормы взаимоотношений, которые основаны на взаимоуважении достоинства представителей разных национальностей и культур, таких как: не грубить, не оскорблять и не унижать достоинство человека. К сожалению, иногда такого взаимного уважения между двумя разными обществами нет, поэтому между ними возникает конфликт. Они происходят вследствие противоречий, разного взгляда на ситуацию, несовпадения оценок норм поведения. Корыстное, безнравственное мышление подталкивают человека на несовместимые с общественными нормами поступки, которые приводят его к чувствам ненависти, зависти, агрессии, делая его поведения порочным.

Не маловажную роль в обществе занимает культура безопасности. Она формируется из взаимного доверия и почитания. Культура данного подвида обязательно должна существовать на объектах повышенной опасности, в том числе и в авиации. Ответственность за безопасность лежит на администрации организации.

Безопасность в авиации тесно связана с культурой, потому что при несоблюдении этикета, а также установленных требований и правил могут возникать внештатные ситуации. За безопасность полета с момента посадки, отрыва самолета от земли, посадки и высадки пассажиров отвечают бортпроводники (стюардессы и стюарды). От них зависит большое количество факторов, которые происходят во время полета. Важнейшим из них является безопасность. Например, задержка рейса, как правило, возникает из-за неадекватного или вызывающего и недоброжелательного поведения некоторых пассажиров на борту самолета и это также может стать причиной преждевременной посадки. Основанием для этого могут являться как курение в салоне пассажиров, так и оскорбления, вследствие чего нарушитель может начать вести себя агрессивно, высказывать угрозы и тем самым повышается риск возникновения ссор и драк. Инциденты также возникают при наличии пассажиров, находящихся в алкогольном опьянении, которые не только проявляют в своем поведении ярость по отношению к персоналу и другим пассажирам, но и нарушение правил безопасности, например, пытаться открыть дверь самолета во время полета – это достаточно часто возникающие ситуации. Нарушение правил поведения также возникают из-за социального неравенства между пассажирами. При условии наличия бизнес-класса на борту частота увеличивается еще сильнее, если в самолете имеются свободные посадочные места, и пассажиры требуют пересадку, не соответствующую посадочному месту предоставленного билета.

Что входит в обязанности бортпроводника, с какими внештатными ситуациями им приходится сталкиваться, и как декультура человека влияет на безопасность полетов?

Основной задачей стюардесс и стюардов является обеспечения на борту самолета Правил безопасности полета. В обязанности бортпроводника входит: проведение инструктажа о технике безопасности на борту, например, обязательное использование ремней безопасности во время взлета и посадки, обязательное отключение всех электронных устройств (мобильных телефонов); информирование людей о соблюдении правил во время полета, например, если человек не будет шуметь, но при этом неподобающе себя вести и ходить по салону, когда этого делать нельзя, не реагировать на замечания, то этот пассажир будет рассматриваться как лицо, которое угрожает безопасности полета. Может дойти до того, что человека просто высадят с рейса, еще перед тем, как была совершена полная посадка всех пассажиров. И это не единственная причина, когда могут высадить с рейса, например, сильное алкогольное опьянение также может послужить поводом для этого.

Неотъемлемой частью выполняемых обязанностей бортпроводника является коммуникация с людьми, специфика профессии состоит в сочетании труда официанта и спасателя. За счет данного персонала на борту царит безмятежная, приветливая атмосфера. Стюардессы (стюарды) должны обладать высоким уровнем стойкости и самоуверенности, должны уметь решать конфликты, создавать благоприятную обстановку, вызывать доверие, устанавливать контакт с любыми людьми, обладать хорошей стрессоустойчивостью, уметь доминировать и подчинять, иметь хорошо развитые лидерские качества.

В случае возникновения внештатных ситуаций на борту, стюардессе (стюарду) полагается тут же разрешить проблему. Для этого им следует обладать чувством такта, уступчивостью, внимательностью и находчивостью. Бортпроводник обязан безупречно владеть национальным и английским языком. Грамотно и красиво разговаривать, соблюдать культуру речи. Важны не только слова, но и то, как они преподносятся. Интонация, тембр голоса и манера самой речи, от всего этого должно исходить только приятное впечатление. В случае необходимости бортпроводник обязан оказать медицинскую помощь, поэтому во времена зарождения авиации на борт брали только девушек с медицинским образованием.

Как стюардессы (стюарды) понимают, что в ходе рейса будут возникать проблемы еще до взлета самолета? На самом деле, при взятии данного персонала на работу они проходят подготовку, где их этому учат. При посадке пассажиров они должны обращать внимание на поведение, манеру общения людей, чтобы выявить различные нарушения и потенциальных дебоширов. Также, это можно понять по первоначальным действиям пассажиров во время инструктажа. Если человек с кем-то что-то не поделил, то высока вероятность того, что конфликт между ними продолжится в ходе полета. Это происходит чаще, если кто-то тайно на борт пронес спиртной напиток.

Иногда причиной конфликта становятся люди, имеющие чувство страха, связанного с полетами. До полета их нервная система постепенно накаляется и состояние стресса, вызывая аэрофобию, которая может привести к разрядке на борту, детонирует от малейшей, по их мнению, ситуации. Однако такие пассажиры, как правило, не ведут себя агрессивно, а наоборот они более пассивные, в отличие от тех людей, которые по своей натуре являются проблемными. У таких проблемных пассажиров проблемы личностного характера выражаются и проявляются в их агрессивном поведении, которое намеренно не соблюдается и при этом переходит границы культурного общения и поведения. Их личные негативные эмоции и напряжение выплескиваются, создавая конфликтные ситуации своими порой даже неадекватными действиями. Почему они так себя ведут, даже прекрасно понимая, что могут быть привлечены к административной ответственности? Ответ – это их манера, их принципы и правила деструктивного поведения, которые для них принято считать нормой.

К сожалению, ценность культуры во многих странах в настоящее время терпит крушение и приводит к деградации сформированных норм и правил как в общении, так и в поведении людей.

Таким образом, культура общения и поведения остается основополагающей в профессии стюарда, так как является одной из самых ответственной в области авиации. В то же время она остается одной из самых сложных, потому что правильное контактирование с людьми

и предугадывание их поведения – это целая наука, к которой готовят с самого начала процесса обучения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О значимости вежливости в современном обществе [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://nijno.rk.gov.ru/file/prilojenie__o_znachimosti_vejlivosti__v_sovremennom_obschestve.pdf. – Дата доступа: 09.10.2023.

УДК 629.7 + 93/94

С.Е. Станкевич, К.А. Шостак, А.А. Батюшко

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ГОРОД ПОД НАМИ: ГЕРОИ НАШЕГО ВРЕМЕНИ, КТО ОНИ?

Кого можно назвать настоящим героем, и какой подвиг должен быть совершен, чтобы стать известным человеком? Какой поступок, совершенный человеком, может вызвать ассоциацию и сложить в общественном мнении, что это «настоящий человек» или «храбрый человек»? Попробуем разобраться в этих достаточно непростых вопросах.

Настоящий человек – обладает умением брать ответственность за свои поступки, оказывать помощь, не прося ничего взамен, ставить себя в сложившуюся ситуацию, чтобы понять действия другого человека, при этом уважая точку зрения, и не навязывает свою, найдет способ не унижая, донести свой взгляд на сложившуюся ситуацию. Такой человек свою жизнь не тратит зря и не проживает ее впустую. Он обязательно свой добрый след оставит в сердцах многих людей на этой земле. Чтобы вырасти настоящим человеком, с детства закладываются главные жизненные ценности, благодаря которым вложенные усилия как результат воспитывают и развивают таланты будущего гениального ученого или знаменитость, кто-то прославится, совершив героический подвиг. Наследие такого человека будет помнить не одно поколение и возможно о нем обязательно скажут, что он храбрый человек, который обладая исключительным мужеством, отчаянной смелостью и непоколебимой решительностью и поэтому он является настоящим героем.

Так кто же он настоящий герой? Это человек, который на своем пути столкнувшись с опасностью, не проявит сомнений, несмотря на внутренний свой собственный страх, рискуя собственной жизнью, спасает других от неминуемой гибели, не задумываясь при этом о собственной жизни.

В какое время, где и когда место подвигу? В какой момент человек, не задумываясь, совершает героический поступок? И отдает ли он себе отчет своим действиям? И как наше поколение чтит историческую память? И это тоже не простые вопросы. Героями нашего времени могут оказаться простые люди, но при этом выполняющие служебные обязанности, связанные с риском для жизни, с целью обеспечения безопасности населения, оказания помощи пострадавшим людям, предотвращения поступков правонарушителей, защиты мирного населения от внешнего агрессора. И это может быть пожарный, врач, милиционер, военнослужащий в рядах вооруженных сил или простой прохожий, который оказал нуждающемуся человеку экстренную помощь.

В авиации тоже есть свои герои: Владимир Карват, Андрей Ничипорчик и Никита Куконенко, которые в мирное время совершили настоящий подвиг и ценой собственной жизни спасли жителей жилых домов.

Владимир Карват родился в Беларуси в городе Бресте 28 ноября 1958 года. Родители Володи работали на железной дороге. Учился в Брестской средней школе № 8. Мальчик очень любил заниматься спортом, больше всего ему нравилось играть в футбол, и поэтому

многие учителя пророчили ему карьеру в его любимом виде спорта. Однако мечта у Володи была совсем другая, его к себе манило голубое небо.

В 1977 году Владимир Карват успешно прошел вступительные испытания, и в августе был зачислен в Армавирское высшее военно-авиационное училище Краснодарского края. После его окончания в 1981 году он отправился в гарнизон Хабаровского края Дальневосточного военного округа в поселок Калинка, где 13 лет проходил службу, во время которой от простого летчика прошел путь до заместителя командира полка по летной подготовке [1]. По завершении службы в 1994 году решил вернуться в родную Беларусь. Вернувшись на Родину, он продолжил военную службу в городе Барановичи, был отправлен в 61 авиабазу в должности начальника воздушно-огневой и тактической подготовки.

Как специалист высшего класса и ас пилотирования Владимир Карват всегда служил личным примером и помогал своим подчиненным оттачивать мастерство управления боевой техникой. Несмотря на то, что он очень хорошо разбирался в рабочих процессах, перед каждым вылетом всегда тщательно отработывал моменты полета, проводил все расчеты полученного задания. Так было и накануне его последнего тренировочного полета, который включал отработку тактических приемов воздушного боя на малых высотах в сложных метеоусловиях ночью [1]. Тренировочный полет включал в себя отработку совместного реального воздушного боя (без пуска ракет) в паре двух истребителей Су-27 под управлением Владимира Карвата и Су-29 под управлением Петра Трухана. Между собой друзья сослуживцы договорено заключили своего рода пари, и выигранный бой будет считаться только в случае введения несинхронной стрельбы. Однако выиграть не удалось никому из них.

23 мая 1996 г. Владимир поздно вечером направился из дома на работу с целью выполнения учебного полета, он должен был вернуться к своей семье всего через пару часов, но судьба распорядилась иначе.

Истребитель с бортовым номером двадцать девять под управлением Карвата совершил взлет в 22 часа 44 минуты с военного аэродрома, а на восьмой минуте полета включилась система встроенного контроля, которая оповестила летчика о неисправности первой гидросистемы, давление в которой начало падать. Связавшись с землей и получив приказ о возвращении на базу, он не успел его выполнить, так как технические неполадки привели к отказу управления и к возгоранию самолета. С земли был передан очередной приказ – катапультироваться, однако самолет в этот момент пролетал над населенными пунктами (Арабовщина и Малое Гатище), поэтому летчик, игнорируя приказ, из всех сил старался как можно дальше отвести горящий самолет от жилых домов [1]. Владимир прекрасно понимал, что жизнь его прервется, он не сможет обнять своих детей, вырастить их, его планы никогда не реализуются, однако твердо принял решение пожертвовать своей жизнью ради спасения других людей и не допустить падение на мирно спящих жителей двадцати пяти тонной машины, горючего и боеприпасов.

Летчику удалось почти на километр отвести от построек падающий истребитель, который рухнул на клеверном поле между двумя населенными пунктами. Он до последнего боролся, пытаясь подчинить себе машину и отвести ее как можно дальше в безлюдное место, сжимая в своих руках рычаги управления – штурвал. То, что у него получилось справиться с неуправляемой машиной – это просто чудо.

В 22 часа 54 минуты самолет упал, плашмя врезавшись в землю, Владимир Карват погиб при его падении, на тот момент ему было всего 37 лет. Руководитель полетов Александр Мурычин отметил, что во всем виновата техника – это она подвела.

Указом Президента А. Г. Лукашенко от 21.11.1996 № 484 летчику в звании подполковника Владимиру Карвату посмертно было присвоено звание «Герой Беларуси».

В истории Беларуси 28 ноября является особенным днем, именно в этот день родился настоящий и храбрый человек, отважный летчик Владимир Карват, который стал национальным символом самоотверженности. В честь его имени в Минске, Бресте и деревне Арабовщина названы улицы, в Барановичах его именем назван сквер и бульвар, а совершенный им подвиг

в памяти людей запечатлен на века установкой памятника в честь Героя, который обменял свою жизнь на жизни простых белорусов. Жители, спасенных населенных пунктов, военнослужащие авиабазы, в которой проходил службу Карват, сослуживцы и представители местной власти собираются у монумента каждый год в знаковую дату, чтобы почтить память отважного летчика.

В Брестской средней школе № 8, в которой учился Владимир, в его честь был создан музей «Карвата», в котором хранятся личные вещи – парадная шинель, документы, фотографии, медицинские карточки, летные книги, костюм и шлем для высотных полетов, и другие вещи. Все они были переданы близкими и сослуживцами.

Андрей Ничипорчик и Никита Куконенко, точно также как и Владимир Карват четверть века назад, приняли решение спасти людей ценой собственных жизней. Трагедия произошла 19 мая в 2021 году в г. Барановичи, когда в жилую часть города упал учебно-боевой самолет Як-130 Лидской штурмовой авиабазы.

В этот день четыре самолета Як-130 выполняли учебно-тренировочные полеты, управление одного из них осуществлял экипаж погибших. Взлет был произведен с аэродрома «Лида», полет проходил в составе звена в направлении аэродрома «Барановичи. По прибытии в зону аэродрома командир воздушного судна Андрей Ничипорчик приступил к отработке одиночного задания – высшего пилотажа, который должен был выполняться на малых высотах. При исполнении одного из виражей от бортовой системы объективного контроля стали поступать сигналы отказов и в какой-то момент произошло нарушение исправного управления самолетом и его стало уводить в сторону Барановичей. При этом происходила потеря высоты и Як-130 начал падать. По радиосвязи им многократно отдавали приказ катапультироваться. Майор Андрей Ничипорчик и лейтенант Никита Куконенко до самого последнего пытались отвести машину от жилых домов, но, когда стало понятно, что этого не получится сделать, стали выводить самолет на небольшой, но свободный участок. Убедившись, что траектория падения не затронет строения, в последнюю секунду было принято решение аварийного спасения, но уже было поздно.

Место падения самолета действительно было выбрано настолько точно и точно между двух домов на площадку для парковки машин, что никто из местных жителей не пострадал, но сами погибли. Как выбирали место, где упасть, и как успели это сделать, ведь на все у них было всего около 40 секунд.

Андрею Ничипорчику и Никите Куконенко посмертно было присвоено звание «Герой Беларуси». В их честь в новых районах города Лиды и города Барановичи названы улицы и школы. На месте трагедии открыли мемориал.

Телекомпания «ВоенТВ» о подвиге летчиков сняла документальный фильм «Город под нами», в котором рассказывается о жизни героев и их семье. Премьера состоялась 19 мая 2021 г. в столичном кинотеатре «Беларусь». В числе первых этот фильм посмотрели курсанты Белорусской государственной академии авиации, которые четко понимают ответственность выбранной ими профессии и насколько имеют ценное значение жизни других людей.

В современном мире во многих западных странах пытаются переписать историю и навязать новую, более удобную для себя, стереть с памяти людей героические поступки воинов освободителей Великой Отечественной войны, разрушить жизненные ценности людей и стереть историческую память молодого поколения. В нашей родной Беларуси мы свято чтим поступки каждого героя, и неважно в военное или в мирное время происходят значимые события, которые в настоящей истории должны навечно из поколения в поколение оставаться незабываемыми.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Владимир Карват : подвиг первого Героя Беларуси [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://eurasia.expert/vladimir-karvat-podvig-pervogo-geroya-belarusi/>. – Дата доступа: 10.10.2023.

2. Авиакатастрофа в Барановичах: как и почему погиб экипаж Як-130 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://sputnik.by/20210520/Aviakatastrofa-v-Baranovichakh-kak-i-pochemu-pogib-ekipazh-Yak-130---video-1047677044.html>. – Дата доступа: 11.10.2023.

УДК 358.43

В.С. Тарасов, А.Г. Мазур

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

**АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА СИСТЕМУ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ
ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА В ХОДЕ ОСВОЕНИЯ НОВЫХ
(МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ) ОБРАЗЦОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

На процесс освоения новой авиационной техники (АТ) оказывает большое количество факторов, которые можно разделить на следующие группы: управляемые и неуправляемые; внешние и внутренние; определенные и неопределенные [1].

Управляемые факторы – это условия, на которые субъект процесса (руководитель процесса, принимающее решение лицо) может повлиять по своему усмотрению. При подготовке или проведении процесса обучения. В некоторых ситуациях можно оказывать влияние на условия воздействия какого-либо фактора, создавая (насколько возможно) более благоприятные внешние и внутренние условия, содействующие достижению цели. Например, при рассмотрении учебных вопросов можно уделить меньше времени на более легкие и тем самым перераспределить учебное время для отработки более сложных вопросов.

Неуправляемые факторы – условия, на которые субъект процесса обучения (руководитель процесса, принимающее решение лицо) не может повлиять, не в силах изменить значение параметров этих условий. Данные факторы только учитываются. К ним относятся условия применения активных средств (требования руководящих документов, решения (задачи) вышестоящих органов, условия договоров поставки новой АТ, условия договора обучения на предприятиях промышленности и другие).

Определенные факторы – условия, значения которых известны с требуемой точностью. Влияние определенных факторов можно предсказать достаточно точно. К определенным факторам можно отнести время занятия, наличие технических описаний на новую технику, лимит времени для отработки практических вопросов на АТ.

Неопределенные факторы – условия, значение влияния которых неизвестно или известно, но не в полной мере. К этим факторам можно отнести уровень подготовки инженерно-технического состава (ИТС).

Внешние факторы отражают влияние внешней среды, способствуя успешному решению задач организации (полезные факторы) или противодействуя ее целям (вредные факторы). К ним относятся: условия обстановки; оперативно-тактические факторы; экономические факторы; социально-политические факторы; технические факторы (уровень развития АТ).

К оперативно-тактическим факторам, влияющим на процесс освоения новой АТ, относятся:

- структура авиационной базы (авиационной части) (АВЧ) – количество летных подразделений, количество ИТС;
- тактика применения (ее различия по родам) – для оперативно-тактической авиации – изучение особенностей подготовки и снаряжения авиационных средств поражения (АСП), особенности одновременной подготовки нескольких воздушных судов (ВС), подготовка ВС на оперативных аэродромах);
- условия стратегического района (климат, время года, наличие дорожных сетей, рельеф местности, длина светового дня), характеризует климатические показатели и условия

размещения АТ, которые могут накладывать определенные ограничения на процесс переучивания на новую АТ [2].

К экономическим факторам следует отнести требования по эффективности организации процесса переучивания и экономичности. Организационно процесс переучивания должен быть: с одной стороны, обеспечивать высокую эффективность, с другой стороны – обеспечить минимальные затраты как финансовые, так и временные. К данным факторам отнесем следующие:

- размеры выделения денежных средств на инженерно-техническую подготовку (ИТП), совершенствование учебно-материальную базу (УМБ);

- наличие и возможности местной промышленности, в районе расположения АВЧ. К социально-политическим факторам относятся:

- характер информационно-психологического воздействия деструктивных сил на население и личный состав (л/с) АВЧ в районах выполнения задач, привлекаемые им силы и средства, степень л/с воинских частей (подразделений) и населения информационно-психологическому воздействию;

- распределение населения по религиозному признаку, отношение приверженцев различных религиозных конфессий к политике государства, внутренним войскам, органам государственного и местного самоуправления;

- политические партии и общественные объединения, характер деятельности, отношение к политике государства и АВЧ, а также степень их влияния на местное население и л/с подразделений;

- наличие и характер связей с аналогичными зарубежными структурами;

- экономический и культурный потенциал;

- криминогенная обстановка.

Технические факторы (уровень развития АТ), оказывающие влияние на структуру инженерно-авиационной службы (ИАС), требующие определенной системы выполнения работ: целевое предназначение ВС определяющее круг решаемых задач АВЧ и ИАС; принцип построения бортового оборудования, определяющий состав групп, уровень квалификации ИТС, номенклатуру средств эксплуатации и ремонта; индивидуальные особенности конструкции ВС; маркировка деталей, узлов и оборудования ВС; номенклатура АСП; стратегия эксплуатации АТ; уровень развития боевой АТ, определяет уровень боевых и эксплуатационных свойств АТ [2].

Основная часть внешних факторов являются неуправляемыми факторами.

Внутренние факторы отражают взаимовлияние внутренних переменных движущих сил внутри АВЧ на процесс освоения ИТС новой АТ. К ним относятся:

- структура и состояние системы управления инженерно-авиационного обеспечения;

- наличие и состояние средств обслуживания и оборудования;

- возможности сил и средств ИАС;

- наличие и состояние УМБ, которая создается до начала переучивания ИТС, но многие руководства по эксплуатации, макеты АТ прибывают в процессе поставки и эксплуатации новой АТ;

- наличие и качество документации для освоения новой АТ;

- укомплектованность подразделений ИАС л/с;

- уровень знаний специалистов ИАС;

- морально-деловые качества ИТС;

- место и условия проведения процесса переучивания;

- руководство и контроль вовремя освоения новой АТ л/с ИАС;

- состояние нормативной правовой базы.

Из всех перечисленных факторов к объективным, на которые возможно оказать влияние с целью повышения качества процесса освоения новой АТ, следует отнести: квалификацию л/с; степень освоения АТ; распределение сил и средств ИАС; методы подготовки АТ; уровень подготовки руководящего состава ИАС; вариант боевого применения [3].

Основные требования к процессу перевооружения на новую АТ – минимальный срок освоения новой АТ ИТС, а также сохранение максимальной боевой готовности АВЧ. Исходя из этого личному составу ИТС придется решать следующие задачи: освоение новой АТ; ввод в строй авиационных тренажеров, совершенствование УМБ; подготовка складов, стоянок авиационных эскадрилий; обеспечение полетов и несения боевого дежурства на старой АТ; сдача или постанровка на хранение старой АТ.

Обязательное условие для практического освоения – наличие образца новой АТ, на котором будет выполняться практическая отработка учебных вопросов. Не исключены случаи повреждения, выхода из строя новой АТ из-за ошибочных действий переучивающегося ИТС.

Наличие и использование во время переучивания на новую АТ учебных компьютерных классов и авиационных тренажеров позволяет исключить повреждение АТ из-за ошибочных действий неподготовленного ИТС, сохранить ресурс АТ, сделать процесс переучивания более наглядным. На практике их создание, ввод в эксплуатацию значительно превышают заявленные сроки.

Не стоит забывать про летный состав, которому необходимо осваивать новую технику. Поэтому максимальное количество новой АТ будет задействовано в полетах.

Для начала полетов на новой АТ необходимо ввести в штаты эту АТ. Для этого необходимо вывести за штат, подготовить к сдаче или выполнить работы по постанровке на хранение старой АТ. Указанные работы будет выполнять ИТС, непрошедший переучивание на новую АТ.

Кроме этого, с АВЧ задачи боевого дежурства, а, следовательно, с ИТС задачи обеспечения боевого дежурства и полетов не снимут. Л/с не задействованный в процессе освоения новой АТ будет выполнять задачи на старой АТ. Освоение новой АТ данным ИТС будет проходить во втором потоке.

Таким образом, для процесса освоения новой АТ в АВЧ необходимо создавать две и более группы ИТС. Освоение новой АТ ИТС этих групп будет происходить последовательно, а значит увеличивается время необходимое для выполнения переучивания всего ИТС.

В настоящей статье учтены не все факторы, влияющие процесс освоения новой АТ. Не учтены отпуска, наряды, проведение парковых дней на АТ, периодические работы на АТ, получение запасного имущества и принадлежностей к новой АТ, получение стендов, оборудование рабочих мест для выполнения работ на новой АТ; получение и проверка технической аптечки к новой АТ и другие мероприятия в проведение которых задействован ИТС.

Как правило, время освоения новой АТ определено руководящими документами. Существующая система ИТП при освоении новой АТ позволяет в установленный срок выполнять подготовку специалистов ИАС, но этот процесс оказывает большое количество факторов. Руководящий состав ИАС АВЧ заинтересован в своевременном выявлении и устранении факторов, которые негативно влияют на процесс освоения новой АТ. Своевременное и качественное устранение, либо сведение к минимуму влияния негативных факторов позволит не только не допустить увеличения временного интервала, но и добиться оптимизации и повышения качества процесса освоения новой АТ, а, следовательно, сохранения боевой готовности АВЧ входе освоения новой АТ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Воронцов, В. А. Организация инженерно-авиационного обеспечения : учебное пособие / В. А. Воронцов [и др.]. – Воронеж : ВУНЦ ВВС «ВВА», 2014. – 298 с.
2. Яблонский, С. Н. Инженерно-авиационное обеспечение боевой подготовки и боевых действий частей и соединений авиации вооруженных сил : учебное пособие / С. Н. Яблонский, О. В. Яковыченко, Ю. С. Горбатюк. – М. : Издание ВВИА имени профессора Н. Е. Жуковского, 2008. – Ч. 1. – 160 с.
3. Решетников, П. Б. Боевая готовность и техническое состояние авиационной техники : учебное пособие / под ред. П. Б. Решетникова. – М. : Монино, 2010. – 280 с.

УДК 37.015.31

М.И. Токарева, В.М. Гостилович, И.В. Мельников

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТОРОВ ТВОРЧЕСКОГО ВОЕННО-ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЛИЧНОСТИ КУРСАНТОВ

Актуальность темы обусловлена традиционно высокой ролью офицерского корпуса Вооруженных Сил Республики Беларусь в выполнении задач по обеспечению военной безопасности государства, защиты его суверенитета и государственной целостности. Вполне закономерно, что требования, предъявляемые ко всем категориям военнослужащих, прежде всего к офицерам, в современных условиях особенно высоки.

В формировании личности курсантов – будущих офицеров, их готовности к службе после окончания военного учебного заведения большую роль играет самовоспитание. Оно выступает как ускоритель развития в решающий момент и на главном направлении движения личности. Профессиональное самовоспитание курсанта – это его сознательная, целенаправленная, систематическая деятельность по развитию и совершенствованию своих качеств как будущего офицера, соответствующих способностей, знаний, умений и навыков, требуемых военной профессией [1].

Потребность в профессиональном самовоспитании является показателем определенной социальной зрелости личности курсанта, ее источником выступают несоответствия, возникающие между требованиями общества, Вооруженных Сил к профессии офицера и реальным уровнем профессиональной подготовки курсанта. Установка на самовоспитание в связи с подготовкой к будущей профессии создает благоприятную психологическую позицию курсантов, при которой получаемая из разных источников информация воспринимается, оценивается и используется ими в соответствии с задачами формирования у себя профессиональных качеств [2].

Ведущим видом деятельности курсантов, способствующим их профессиональному самовоспитанию, является учебно-познавательная деятельность, подготавливающая курсантов к их будущей профессии.

Профессиональное самообразование тесно связано с профессиональным самовоспитанием будущего офицера, так как они вместе влияют на сознательную, планомерную, систематическую деятельность личности по расширению своего кругозора, пополнению знаний в избранной профессиональной сфере [2].

Внутренними предпосылками самовоспитания являются самопознание, самоотношение, самооценка и саморегуляция.

В общепсихологическом понимании самопознание – изучение своей внутренней сущности в процессе деятельности, познание самого себя. Способность к самопознанию присуща только человеку. Реализуется она с помощью восприятия и осмысления своего поведения, действий, переживаний, результатов деятельности. Сложность самопознания – в его ориентированности на внутренний мир, богатый индивидуально-субъективными, самобытными моментами.

В самопознании соотносятся одни мотивы, поступки, желания, влечения, стремления человека с другими. В результате личность самоопределяется, выделяет для себя наиболее значимые потребности, открывает свое «Я», принимает либо отвергает его.

Самопознание выполняет регулирующую функцию, связанную с самоусовершенствованием и поиском смысла жизни. Личности нет как без сознания, так и без самопознания. Самопознание необходимо для успешного развития личности, адаптации к социальной и природной среде, для установления хороших отношений с людьми.

Самоотношение включает в себя: самоуважение, симпатии, самопринятие, любовь к себе, самооценку, самоуверенность, самоунижение, самообвинение, недовольство собой и т. д.

Самооценка – это суждение человека о наличии, отсутствии или слабости тех или иных качеств, о соответствии их с определенному образцу, эталону.

Самооценка – основной структурный компонент самосознания личности. Она играет важную роль в саморегуляции и самовоспитании. Самооценка курсанта – оценка курсантом себя, своих возможностей стать офицером, своих качеств и места среди других курсантов. Занимая центральное место в личности будущего офицера, самооценка курсанта отражается на его поведении и учебной деятельности, так как через оценку своих интересов и способностей формируется отношение к обучению и своим успехам в учебной деятельности. Вследствие чего самооценка может стать либо стимулом, либо тормозом развития личности [3].

Саморегуляция – целесообразное, относительно соответствующее изменяющимся условиям установление равновесия между средой и организмом личностью. И подразумевает умение курсанта контролировать свое эмоциональное состояние. В настоящее время существует множество простых приемов саморегуляции, которым легко обучиться. Например, можно использовать короткий промежуток времени, в течение которого негативная эмоция не имеет значительной силы и поддается управлению. Надо замечать зарождение отрицательной эмоции и принимать меры, адекватные сложившейся ситуации.

Профессиональное самопознание у курсантов формируется на основе расширения знаний о необходимых им как будущим специалистам качествах, адекватной самооценки уровня их развития. Этому способствует ознакомление курсантов с закономерностями формирования личности, развитие у них умения анализировать свою деятельность, характеризовать себя (свои положительные стороны и недостатки) как представителя избранной профессии. Наиболее типичные ошибки в самопознании – субъективизм, предвзятость, снисходительность, недостаточная самокритичность [3].

Практика и стажировка позволяют курсантам уяснить положительные стороны и недостатки в своей профессиональной подготовке, глубже осознать сложность и ответственность обязанностей по своей специальности, значение самостоятельности, умственных, коммуникативных, организаторских, управленческих и педагогических способностей и качеств.

Таким образом, активизация самопознания помогает каждому курсанту оценить свои профессиональные качества и заниматься самосовершенствованием. Пробуждение и усиление интереса к своей личности – условие целенаправленности самообразования и самовоспитания.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаров, А. Офицерские кадры играют главную роль в развитии Вооруженных Сил Республики Беларусь / А. Макаров // Белорусская военная газета. – 2010. – 9 декабря. – С. 2.
2. Каменев, А. Офицер – профессия идейная / А. Каменев // Офицерский корпус русской армии / Русский военный сборник. Выпуск № 17 ; под науч. ред. И. И. Еврилова. – М. : Военный университет. Русский путь. – 2000. – 640 с.
3. Караяни, А. Г. Введение в профессию военного психолога : учеб. пособие / А. Г. Караяни, И. В. Сыромятников ; под ред. Ю. П. Зинченко. – М. : Академия, 2007. – 208 с.

УДК 378.172

И.А. Фолынский, А.В. Белько, Я.Д. Пасиницкая

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПИЛОТА

В настоящее время профессиональная подготовка пилота требует развития специальных знаний и навыков, позволяющих уверенно чувствовать себя в полете, уметь быстро принимать решения в любой кардинально меняющейся обстановке, демонстрируя при этом физическую силу, выносливость, психологическую уравновешенность и выдержку.

Пилот во время выполнения полета, постоянно должен осуществлять контроль за своим перемещением в пространстве, и соотносить его с положением относительно земной поверхности, так как полеты могут происходить в разное время суток и при различных метеорологических условиях. К тому же современная авиационная техника обладает высокой маневренностью, способна быстро развивать высокие скорости в широком диапазоне, что способствует резкому изменению высоты полета, что усложняет возможности пространственной ориентации.

Поэтому профессиональная подготовка пилота должна быть направлена на поддержание и улучшение состояния здоровья, повышение уровня работоспособности, развитие координации движений, овладение пространственной ориентацией, способность к быстрой концентрации и переключению внимания, постоянное совершенствование функций зрительного и слухового анализаторов, умение работать в эмоционально-напряженном состоянии, связанном с быстро меняющейся обстановкой и ограниченностью времени для принятия решений.

Система физической подготовки пилота направлена на развитие специфической устойчивости к различным факторам, связанным с профессиональной деятельностью. К таким факторам относятся: постоянное нервное напряжение, недостаток кислорода, замкнутое пространство, нарушение естественного суточного режима.

Изучение различных подходов к физической подготовленности пилота позволило определить наиболее важные личностные профессиональные качества:

- общее физическое развитие: сила, быстрота, выносливость, координация движений;
- долговременная мотивация на профессию пилота;
- способность к правильной самооценке;
- способность к психической адаптации к различным условиям;
- устойчивость к неблагоприятным воздействиям;
- черты характера: целеустремленность, настойчивость, сильная воля,
- решительность, смелость;
- нравственные качества: честность, порядочность, чувство долга, товарищество;
- социальные качества: склонность к лидерству, коммуникабельность, стремление к профессиональному совершенству.

Период подготовки пилота характеризуется недостаточностью двигательной активности в сочетании с нервно-эмоциональными нагрузками. Поэтому необходимо рассматривать общую физическую и специальную физическую подготовку, как составляющие общей психофизиологической подготовки.

При этом в процессе развития и совершенствования профессионально важных качеств пилота необходимо следовать наиболее оптимальному соотношению средств физической подготовки: 35 % времени должно приходиться на развитие общих и 65 % – на развитие специальных физических качеств.

В процессе поэтапного планирования физического воспитания происходит подбор физических упражнений пилота, которые и определяют направленность подготовки:

- общая физическая подготовка (ОФП);
- специальная физическая подготовка (СФП);
- корригирующая физическая подготовка (КФП);
- профилактическая физическая подготовка (ПФП).

Общая физическая подготовка пилота формирует физическую и психологическую подготовку к овладению сложной техникой, максимально эффективному ее использованию и обеспечению высокой психофизиологической надежности организма в условиях профессиональной деятельности.

Специальная физическая подготовка формирует эмоциональную устойчивость, развитие внимания, двигательной координации, пространственной ориентировки, быстроты реакции и точности движений. Она направлена на формирование устойчивости организма к неблагоприятным факторам полета – пилотажным перегрузкам, укачиванию, гипоксии, дыханию под избыточным давлением, гиподинамическим режимам летной деятельности.

В качестве элементов системы специальной физической подготовки выступают средства физической подготовки: плавание, лыжная подготовка, легкая атлетика, специальные тренировочные снаряды, атлетическая гимнастика. Выбирать оптимальный порядок действий в условиях ограниченного времени, изменять привычные двигательные позиции, предвидеть развитие ситуаций помогают спортивные игры, которые по психофизиологическим характеристикам сравнимы с профессией пилота, так как игроки вынуждены быстро давать оценку изменившейся ситуации, принимать решение и реализовывать его в кратчайшие сроки.

Для развития и поддержания профессиональной работоспособности пилота физическую подготовку необходимо планировать, учитывая изменения в его функциональном состоянии, летных навыков и напряженности. В период получения первичных самостоятельных навыков при подготовке пилота вводят физические нагрузки для компенсации двигательного дефицита, корректировки профессионально важных физических качеств. В период совершенствования навыков используют приближенные к максимальным нагрузки для повышения двигательного потенциала, общей и статической выносливости, уровня функционирования дыхательной системы, вестибулярной устойчивости.

Оптимальное соотношение разнонаправленных нагрузок и методов тренировки: аэробная – 25 %, (ЧСС до 145 ± 5 уд./мин.); аэробно-анаэробная – 30 %, (ЧСС до 185 ± 5 уд./мин.); гликолитическая – 10 %, алактатная – 35 %. Количество тренировочных занятий – до 12, переменный метод – 60 %, равномерный – 15 %, повторный – 25 %. В период совершенствования навыков в пилотировании используются поддерживающие нагрузки для снятия эмоциональной нагрузки (аэробная – 45 %, аэробно-анаэробная – 25 %, гликолитическая – 10 %, алактатная – 20 %). С целью совершенствования процесса физической подготовки будущих пилотов в учебный процесс была включена аэробика, которая позволяет формировать ряд необходимых характеристик, таких как: выносливость, сила, гибкость, координация движений, пространственная ориентация, внимание, память и другие.

Исходя из этого, благодаря систематическим занятиям физической подготовкой, у пилота улучшается общая работоспособность, так как в организме происходит ряд физиологических, психических, биохимических и других процессов, которые способны вызвать изменения в функциональной сфере, которые увеличивают объем двигательных умений и навыков, повышают умственную активность, регулируют психоэмоциональное состояние, сохраняют физическое здоровье.

Таким образом, становится понятной необходимость в качественной физической подготовке пилота для успешного выполнения ими профессиональных обязанностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Волкова, Л. М. Самоконтроль физического состояния будущих специалистов гражданской авиации / Л. М. Волкова, А. А. Голубев // Здоровье – основа человеческого потенциала: проблемы и пути их решения: труды X Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. – СПб., 2015. – Т. 10, № 1. – С. 278–281.
2. Использование игрового подхода при формировании навыка плавания у студенческой молодежи / О. Н. Логинов [и др.] // Ученые записки университета имени П. Ф. Лесгафта. – 2018. – № 2 (156). – С. 156.
3. Попов, Ф. И. Физическая подготовка летного состава – компонент безопасности полетов / Ф. И. Попов, А. И. Маракушин, Н. Н. Бреславец // Физическое воспитание студентов. – 2011. – № 3. – С. 76–79.
4. Коледа, В. А. Основы физической культуры : учеб. пособие / В. А. Коледа, В. Н. Дворак. – Минск : БГУ, 2016. – 191 с.
5. Джамгаров, Т. Т. Специальная тренировка летного состава средствами физической подготовки и спорта : учеб. пособие / Т. Т. Джамгаров, В. Т. Вощенко. – М. : МО СССР, 1963. – 240 с.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ НА УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЯХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

В настоящее время человечество не стоит на месте и постоянно развивается: появляются новые профессии, происходит не только открытие новых технологий, но и доработка предыдущих. Все это приводит к тому, что работодателю необходимы специалисты высокого уровня. Для того, чтобы соответствовать данному запросу, процесс образования и наука педагогика постоянно идут в ногу со временем. Педагоги создают новые образовательные технологии, методы, приемы, а также находят способы использовать достижения современной науки с целью повышения эффективности процесса передачи знания обучающимся в учреждениях образования.

Одним из эффективных приемов является визуализация информации. Термин «визуализация» происходит от латинского *visualis* – воспринимаемый зрительно, наглядный [3]. Средства наглядности используются в ходе самостоятельной деятельности курсантов по приобретению знаний, умений и навыков. Однако не стоит забывать, что чрезмерное использование различных моделей может привести к негативным последствиям. Поэтому не стоит забыть условия для использования приема визуализации (наглядность должна соответствовать возрасту и психофизическим способностям курсантов; использовать в меру; демонстрируемая наглядность должна соответствовать содержанию материала).

На анализе научной литературы мы можем сделать вывод, что самыми эффективными и популярными средствами визуализации учебного материала являются:

Друдлы. Под этим термином понимают незаконченную картинку, которую необходимо додумать и дорисовать. Чаще всего используют минималистическую картинку, где изображены абстрактные геометрические фигуры, волнистые, изогнутые, ломаные линии [1]. Такой вид визуализации способствует развитию интеллектуального и критического мышления.

Кроссенс – этот метод визуализации учебной информации появился в 2002 году. Суть данного метода заключается в том, что педагог заранее готовит поле на 9 клеток, где размещает картинки, каждая из которых несет информацию дополняя предыдущую и необходимо рассказать текст опираясь на эти 9 картинок. Данный метод помогает развивать критическое и логическое мышление курсантов.

Интеллект-карты (ментальные карты, карты мыслей). Под термином интеллект-карт понимают – графический способ представить идеи, концепции, информацию в виде карты, состоящей из ключевых и вторичных тем [2]. Иными словами, можно сказать, что это способ структурирования информации для лучшего запоминания информации и проведения мозговых штурмов. А также этот способ помогает упростить учебный материал и сделать его более легким и доступным, так как курсантам намного проще запомнить учебный материал, разбитый по блокам, чем один сплошной текст.

Интерактивный плакат – это средство предоставления информации, способное активно и разнообразно реагировать на действия пользователя. При помощи интерактивных плакатов курсанты смогут быстро усваивать учебный материал и закреплять пройденный, а преподаватель получает возможность структурировать большой объем информации в более доступную форму. Мы можем сделать вывод, что способ визуализации учебной информации через интерактивный плакат выполняет сразу две функции: вовлекает курсантов в сам процесс обучения и обеспечивает максимальную наглядность учебной информации.

Инфографика. Этот термин в системе образования не новый, а мы с ним встречались на протяжении всего обучения, так как иллюстрации в учебных пособиях мы можем назвать образцами инфографики. Под термином инфографика мы понимаем «графический способ

подачи информации, данных и знаний. Основными принципами инфографики являются «содержательность, смысл, легкость восприятия и аллегоричность» [2]. Данный вид визуализации способствует развитию наглядно-критического мышления курсантов в ходе изучения нового материала. Инфографика бывает разных видов: интерактивная, статистическая, аналитическая, динамическая, новостная, инфографика реконструкции и т. д.

Иллюстрации – это представление реально существующего зрительного ряда. Иными словами, мы можем сказать, что это создание образных опор, которые способствуют для лучшего понимания текста.

Скетчинг – это понятие произошло английского слова «sketch», что означает «набросок», «эскиз», «зарисовка» [2]. Под этим термином понимают быстрое создание какого-либо объекта или предмета. Главное его отличие от рисунка, то, что он не требует детального прорисовывания. А его главная задача – передача информации.

Схемы – это графическое изображение исторической действительности, где отдельные части, признаки явления изображаются условными знаками – геометрическими фигурами, символами, надписями, а отношения и связи обозначаются их взаимным расположением, связываются линиями и стрелками.

Скрайбинг – это способ визуализации информации при помощи графических символов, просто и понятно отображающих ее содержание и внутренние связи. Данная техника была открыта британским художником Э. Парком [2].

Таблицы – это самое простое графическое изображение материала, в котором основными элементами графики являются линии и колонки, где курсантам необходимо изучить, проанализировать и выделить самое главное из всего материала и выделить главное для заполнения колонок таблиц.

Таймлайны – линейки (полосы), на которые наносятся события и даты. Чаще всего лента времени представляет собой горизонтальную линию с разметкой по годам (или периодам) с указанием, что происходило в то или иное время [2]. В результате у курсантов развивается навык работы с информацией, таймлайны позволяют давать широкие обобщения учебного материала и помогают воспринимать материал наглядно.

Таким образом мы можем сделать вывод, что использование средств визуализации в процессе обучения способствует развитию критического мышления, но также можно отметить, что происходит развитие визуального и коммуникативного мышления; созданию образовательной среды, которая способствует демонстрировать наглядные образы в разных учебных ситуациях; для упрощения и запоминания большого объема учебной информации; для повышения мотивации к обучению.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Друдлы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Друдлы>. – Дата доступа: 14.10.2023.
2. Техника визуализации учебной информации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://drachkovo.schools.by/pages/tehniki-vizualizatsii-uchebnoj-informatsii-uchitel-emeljanchik-om>. – Дата доступа: 16.10.2023.
3. Визуализация [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://iso.minsk.edu.by/ru/main.aspx?guid=67861>. – Дата доступа: 12.10.2023.



**СЕКЦИЯ 6. РАДИОЛОКАЦИЯ,
РАДИОНАВИГАЦИЯ И СВЯЗЬ
В АВИАЦИИ**



УДК 551.508.855

Э.А. Болелов, К.И. Галаева

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) (г. Москва, Российская Федерация)

КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТЕОЯВЛЕНИЙ В НАЗЕМНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РАДИОЛОКАТОРАХ ДЛЯ ЗАДАЧ АЭРОНАВИГАЦИИ

Уникальным источником высококодискретных метеорологических данных в пространстве и времени являются наземные метеорологические радиолокаторы. В настоящее время на территории России работают различные метеорологические радиолокаторы, отличающиеся между собой тактико-техническими характеристиками. Указанные метеорологические средства оперативно предоставляют необходимый перечень метеорологических данных различным пользователям, в том числе и для авиационных служб.

Выпускаемая метеорологическая информация по данным метеолокаторов включает в себя широкий перечень метеоявлений, параметров и характеристик, как например: карта метеоявлений, карта верхней и нижней границы облачности, карта интенсивности осадков, карта векторного поля скорости ветра, вектор смещения облачных образований и др. Для обеспечения безопасности полётов авиационными службами в первую очередь рассматривается карта метеорологических явлений, классификация которых на карте выглядит следующим образом: облачность верхнего и среднего яруса; слоистообразная облачность; осадки слабые, умеренные и сильные; кучевая облачность; ливень слабый, умеренный и сильный; гроза вероятности 30 % – 70 %, 71 % – 90 %, более 90 %; град слабый, умеренный и сильный; шквал слабый, умеренный и сильный; торнадо (смерч).

Указанные градации метеорологических явлений были предложены в приказе Росгидромета [1] и основаны на выставлении пороговых значений радиолокационной отражаемости для критериев метеорологических явлений, что указано в источнике [2], который был опубликован в 1993 году. Однако с 2006 года на территории Российской Федерации началось внедрение доплеровских метеолокаторов другого поколения (ДМРЛ-С), которые помимо измерения радиолокационной отражаемости (что осуществлялось в некогерентных радиолокаторах МРЛ-5 [2]), определяли также радиальную скорость. Использование радиальной скорости и радиолокационной отражаемости вместе в качестве начальных данных для построения карты метеоявлений будет способствовать увеличению оправдываемости таких опасных ветровых метеорологических явлений как шквал и торнадо (смерч). Таким образом, для определения шквала и смерча на карте метеоявлений необходимо вводить в критерии не только данные о радиолокационной отражаемости согласно [2], но и данные о ветровых характеристиках. Примером недостатка существующей классификации метеорологических явлений по данным ДМРЛ-С, критерии которых базируются на документе от 1993 года [2], является случай шквала 29 мая 2017 года над г. Москва, в результате которого погибло 18 человек. Шквал 2017 года не зафиксировали ныне действующие радиолокаторы ДМРЛ-С на сети Росгидромета [3], что говорит о недостатке действующих критериев, которые в части определения шквала и смерча уже устарели.

Авторы предлагают на базе существующего метеорологического радиолокатора МРЛК БЗ «Монокль», производства АО «Бортовые аэронавигационные системы», который к настоящему времени успешно прошёл предварительные, приёмочные, сертификационные испытания и опытную эксплуатацию, адаптировать существующие критерии классификации метеорологических явлений для задач аэронавигации. МРЛК БЗ «Монокль» является аэродромным метеорологическим радиолокатором, обладающим низкими массогабаритными характеристиками, который может быть установлен на аэродромах, вертодромах, временных

(сезонных) аэродромных площадках и др. Все это указывает на преимущество МРЛК БЗ «Монокль» перед неаэродромными локаторами ДМРЛ-С для задач аэронавигации.

Таким образом, предлагается пересмотреть источник для классификации критериев метеоявлений [2], добавив к нему более корректное определение шквала и смерча по данным радиолокационной отражаемости и радиальной скорости в МРЛК БЗ «Монокль».

Кроме того, перспективным направлением является ввод в критерии не только данных об отражаемости и ветровых характеристиках, но и данных о влажности. Указанные параметры влажности вкупе с температурным профилем позволят определять, насколько облако развилось до стадии содержания в нем гидрометеоров с различным фазовым состоянием. При этом содержание различных фаз гидрометеоров в облаке как раз обеспечивает выпадение осадков. На рисунке 1 показана структура кучево-дождевой облачности с изотермами 0°C и -20°C (изотермы показаны черными сплошными линиями), изотерма 0°C показывает фазу гидрометеора, изотерма -20°C характеризует развитие облака до грозового.

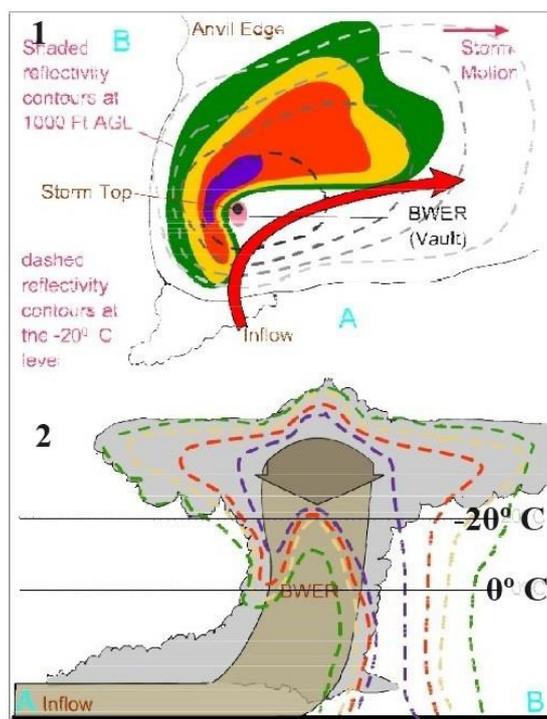


Рисунок – Вид сверху (1) и вертикальный разрез (2) кучево-дождевой облачности

Следовательно, данные о нулевой изотерме являются практически важными, поскольку позволяют определить высоту таяния в облачности; данные об изотерме -20°C важны при диагностике грозы, града. Источниками данных высот изотерм здесь выступают аэрологические радиозонды и высотные температурные профилемеры, данные которых могут автоматически поступать в МРЛК БЗ «Монокль».

Следующим перспективным направлением усовершенствования критериев классификации метеорологических явлений для задач аэронавигации по данным МРЛК БЗ «Монокль» является определение на карте метеоявлений только тех метеорологических явлений, которые опасны для авиации. Согласно ФАП-60 [4] выпускаются предупреждения по маршруту и по аэродрому при наблюдении следующих метеорологических явлений: мощные кучевые облака и кучево-дождевые облака, тропический циклон, гроза, град, шквал, сильная турбулентность, сдвиги ветра, обледенение, сильная горная волна, сильная пыльная буря, вулканический пепел, радиоактивное облако, значительная или сплошная облачность; и при изменении следующих метеорологических параметров и характеристик: превышение пороговых значений скорости приземного ветра, видимости у поверхности земли. Указанная

информация предоставляется диспетчерам и экипажам воздушных судов в виде сводок SIGMET, AIRMET. Таким образом, предлагается создать более адаптированную для авиации классификацию метеоявлений. Например, вместо классификации гроз, принятой в Росгидромете в процентном соотношении (гроза 30 % – 70 %, 70 % – 90 %, более 90 %) предлагается определять грозу без града, с градом, как приведено в источнике [4].

Итак, можно выделить следующие направления оптимизации критериев явлений погоды по данным МРЛК БЗ «Монокль» для задач аэронавигации:

1. Определять только опасные для авиации явления погоды, предусмотренные документом ФАП-60 [4].

2. Выводить только те градации опасных явлений погоды, предусмотренные ФАП-60 [4]. Минуя при этом неадаптированные для задач аэронавигации вероятности гроз 30–70 %, 70–90 %, более 90 %, которые сегодня приняты в Росгидромете. При этом предлагается определять грозу без града, с градом, шквалом.

3. Вводить в алгоритмы классификации грозы, града данные о водности, что будет способствовать более корректной оценке гроз и града.

Статья подготовлена в рамках поддержанного грантом Российского научного фонда проекта № 23-29-00450 «Исследование отражательных и турбулентных характеристик атмосферы с использованием нового отечественного метеорологического радиолокационного комплекса ближней зоны «Монокль» в различных климатических зонах в интересах повышения достоверности автоматической классификации опасных метеоявлений».

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. О внедрении на радиолокационной сети Росгидромета «Основных технических требований к системе обнаружения опасных атмосферных явлений и штормового оповещения на базе метеорологических радиолокаторов»: приказ Федеральной службы по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды от 21 июня 2004 г., № 95. – М., 2004. – 14 с.

2. Руководство по производству наблюдений и применению информации с неавтоматизированных радиолокаторов МРЛ-1, МРЛ-2, МРЛ-5. РД 52.04.320-91. – СПб., 1993. – 350 с.

3. Центральная аэрологическая обсерватория [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://meteorad.ru/>.

4. Федеральные авиационные правила «Предоставления метеорологической информации для обеспечения полетов воздушных судов» [Электронный ресурс] : утв. приказом Министерства транспорта РФ, 3.03.2014 г., № 60. – Режим доступа: <https://base.garant.ru/70747808>. – Дата доступа: 10.09.2023.

УДК 656.072

Н.А. Абдужабаров, Ж.Ш. Нариманов

Ташкентский государственный транспортный университет (г. Ташкент, Узбекистан)

ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЕ ЛИНЕЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ КВАДРОКОПТЕРНОГО ТИПА

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) способны выполнять ряд функций. Квадрокоптерный беспилотный летательный аппарат может использоваться как в военных, так и в гражданских целях. Они способны получить доступ к областям, которые слишком опасны для людей и слишком малы для человека [2]. Из-за присущей квадрокоптеру нестабильности необходима система для регулирования его четырех исполнительных механизмов для достижения надлежащего положения и ориентации.

В настоящее время одним из методов, который позволяет даже неопытному оператору управлять квадрокоптером, является создание беспроводной связи для создания системы управления ориентации и положения квадрокоптера с использованием сенсоры обратной связи в PID контроллера и метод беспроводной петля [1, 2]. По умолчанию квадрокоптер может двигаться на всех шести степенях свободы. На рисунке 1 в качестве примера изображен движущийся квадрокоптер. Квадрокоптер на рисунке 1, а парит. Как показано на рисунке 1, б, квадрокоптер должен поворачиваться по часовой стрелке, чтобы направить часть направления вперед, чтобы двигаться в направлении x . Квадрокоптер должен наклониться назад, чтобы остановиться, как показано на рисунке 1, в, чтобы уменьшить его скорость до нуля [1, 2].

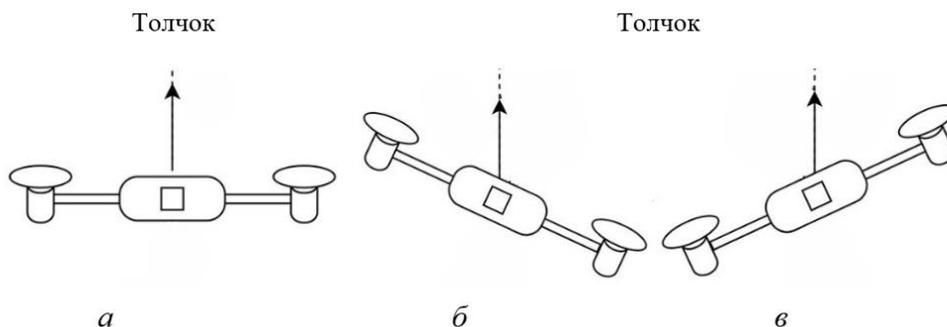


Рисунок 1 – Квадрокоптер выполняет ряд движений во время движения

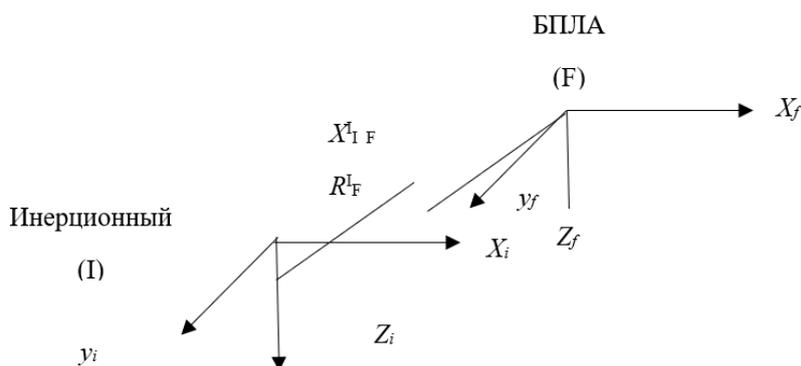


Рисунок 2 – Координатные рамки квадрокоптера вертолета

В этом методе на основании вышеуказанных система управляет углами тангажа и крена за счет непосредственного управления положением x и y .

Регулируя эти углы, можно будет дать команду квадрокоптеру двигаться вперед, а также указать ему наклон вперед, как показано на рисунке 1 [1, 2].

Будет проще разработать контроллер, который позволит пользователю давать команду квадрокоптеру вращать рыскание с определенной скоростью, а не на определенный угол, поскольку угол рыскания не связан с направлением. Это означает, что он может вращаться, не влияя на положение и скорость рыскания. Угол легче контролировать, потому что квадрокоптер напрямую управляет своими крутящими моментами. Нелинейности из $R_{IF}^I = R_{IF}^I S(\omega_{IF}^F)$, $M\omega_{IF}^F = S(\omega_{IF}^F)$, $M\omega_{IF}^F + N_2(\cdot) + F_t^F$, особенно $S(\omega_{IF}^F)$ и не смоделированные нелинейности $N_2(\cdot)$ будут игнорироваться при использовании PID контроллера.

Используя крутящий момент $F_t^F(t)$ в качестве управляющего сигнала, можно разработать систему обратной связи на основе

$$u = -k_p e - k_d \frac{de}{dt} - k_i \int e,$$

где $u(t)$ контрольный сигнал, $e(t)$ сигнал ошибки, k_p пропорциональное усиление, k_d дифференциальное усиление, k_i интегральное усиление.

На основе этих сигналов используются сигналы обратной связи

$$u_1 = \tilde{y}_1;$$

$$u_2 = -k_{p_крен} e_{крен} - k_{d_крен} \frac{de_{крен}}{dt} - k_{i_крен} \int e_{крен};$$

$$u_3 = -k_{p_тангаж} e_{тангаж} - k_{d_тангаж} \frac{de_{тангаж}}{dt} - k_{i_тангаж} \int e_{тангаж};$$

$$u_4 = -k_{p_рыскание} e_{рыскание} - k_{d_рыскание} \frac{de_{рыскание}}{dt} - k_{i_рыскание} \int e_{рыскание}.$$

Желаемые траектории, которые будут сгенерированы, создадут значения для $\tilde{y}_1(t)$, $\theta_{крен}(t)$, $\theta_{тангаж}(t)$, и $\theta_{рыскание}(t)$. Этот подход использует линейный подход PID и применяет его к нелинейной системе. Неизвестно, вызывают ли нелинейности какие-либо значительные нестабильности, однако целью этого было проверить, будет ли работать беспроводная замкнутая система [1, 2].

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Kimon, P. V. Vachtsevanos – Handbook of Unmanned Aerial Vehicles / Kimon P. Valavanis, George J. – P. 525–577.
2. Neff, A. Linear and Non-Linear Control of a Quadrotor UAV / Neff A. – 2007. – P. 21–31.

УДК 369.07

А.В. Белоусов, О.Н. Скрыпник

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЛАЧНОСТИ НА ТОЧНОСТЬ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ GPS-ПРИЕМНИКА

GPS (англ. Global Positioning System) – высокоточная спутниковая система глобального позиционирования, обеспечивающая определение координат, составляющих скорости и времени потребителей [1]. Благодаря высоким эксплуатационно-техническим характеристикам приемники и приемные модули GPS широко используются не только для решения профессиональных задач (навигация транспортных средств, картографирование и т. д.), но и в повседневной жизни (предоставление различных сервисов через мобильные приложения).

Одна из основных проблем, влияющих на точность и надежность позиционирования при использовании GPS, обусловлена низким уровнем сигнала, принимаемого от спутников. При этом различные препятствия на пути распространения сигнала (облака, кроны деревьев, стены зданий и т. п.) еще более ослабляют его уровень и могут привести к существенным погрешностям или даже невозможности позиционирования. Поэтому исследование влияния на точность позиционирования приемником GPS затенений сигналов от спутников метеообразованиями в виде облачности различной интенсивности является актуальной задачей.

Для анализа проблемы была проведена серия натуральных экспериментов с использованием GPS-модуля ATGM336H. Программное обеспечение модуля реализует функцию контроля уровня сигналов, принимаемых от находящихся в зоне видимости спутников.

Эксперименты проводились в период с 04.09.2023 по 04.10.2023 в промежутках времени 21:30–22:30 и 9:30–10:30 (UTC +3) в точке с координатами 53.8413519° с. ш., 27.6609651° в. д. Продолжительность одного сеанса измерений составляла около двадцати минут, в течение которых выполнялось около 1200 единичных измерений координат (позиционирований).

Для характеристики интенсивности облачности в авиационной метеорологии применяется 8-октантная шкала: небо делится на 8 частей-октантов – пополам, потом еще пополам и еще раз, – облачность указывают в октантах (восьмых долях неба) [2].

На рисунке 1 показаны значения отношения сигнал/шум (дБ) на входе приемника при различных видах облачности. Видно, что при сплошной облачности отношение сигнал/шум на 9–10 дБ ниже (сигналы 2-го и 21-го спутников), чем при разбросанной.



а – сплошная облачность (8 октантов), *б* – разбросанная (4 октанта)

Рисунок 1 – Уровни принимаемых сигналов при наличии облачности:

В процессе сеанса измерений фиксировались измеренные значения широты и долготы на выходе приемного модуля, по которым производилась постобработка с целью определения статистических характеристик погрешности позиционирования – медианного значения погрешности и среднеквадратического отклонения (СКО).

Для получения конечного по ряду измерений результата позиционирования используем следующий алгоритм:

- 1) находится разность измеренных координат и истинных;
- 2) разность (т. е. погрешность измерений) пересчитывается из градусов в метры;
- 3) находится медианное значение и СКО погрешностей измерений.

На рисунке 2 показан фрагмент таблицы MS Excel, в которую записывались результаты сеанса измерений и их постобработки.

Дата	ист широта	ист долгота	СКО	медиа	ср отклонение	ср мп Ш	ср мп Д			
23.09.2023	53,841351956	27,660965127	34,760497925	37,196574334	54,08929394	53,841556054	27,660338947			
широта	долгота	шир	долг	угол в рад	косинус Ш	разница Ш	разница Д	отклонение Ш	отклонение Д	отклонение, м
средняя координата	53,841556054	27,660338947	0,939712428	0,590020232	0,000204098	0,000626180	22,654910410	41,009927292	46,8514578	
5350,48784	2739,63666	53,841464000	27,660611000	0,939710821	0,590021529	0,000112044	0,000354127	12,436922395	23,192608907	26,3168035
5350,48784	2739,63672	53,841464000	27,660612000	0,939710821	0,590021529	0,000112044	0,000353127	12,436922395	23,127116518	26,2591043
5350,48784	2739,63685	53,841464000	27,660614167	0,939710821	0,590021529	0,000112044	0,000350960	12,436922395	22,985216340	26,1342153
5350,48785	2739,63692	53,841464167	27,660615333	0,939710824	0,590021527	0,000112211	0,000349793	12,455422396	22,908808461	26,0758711
5350,48771	2739,63766	53,841461833	27,660627667	0,939710783	0,590021560	0,000109878	0,000337460	12,196422395	22,101070222	25,2430193
5350,48759	2739,63824	53,841459833	27,660637333	0,939710748	0,590021588	0,000107878	0,000327793	11,974422394	21,467978113	24,5817183
5350,48744	2739,63852	53,841457333	27,660642000	0,939710705	0,590021623	0,000105378	0,000323127	11,696922395	21,162348194	24,1798051
5350,48727	2739,63853	53,841454500	27,660642167	0,939710655	0,590021663	0,000102544	0,000322960	11,382422394	21,151434226	24,0196317

Рисунок 2 – Вид таблицы MS Excel с результатами измерений

Полученные результаты показали достаточно сильное влияние облачности на точность позиционирования GPS (таблица).

Таблица – Результаты постобработки

обозначение	облачность	октанты	СКО	Медиана
skc	ясно	0	1,07	2,46
few	незначит. облачн.	1–2	3,35	4,72
sct	разбросанная	3–4	5,32	5,41
bkn	значительная	5–7	8,09	28,13
ovc	сплошная	8	34,76	37,20

Для повышения точности позиционирования в различных метеоусловиях можно применить метод статистической фильтрации накопленных значений измерений, полученных при нахождении приемника в стационарной точке. Метод основывается на фильтрации накопленных значений измерений, выделении области максимальной концентрации полученных результатов и нахождения геометрического центра этой области. В этом случае итоговая точность позиционирования будет зависеть от продолжительности сеанса измерений и их числа.

Применение данного метода в условиях малого объема измерений позволило улучшить точность позиционирования в наихудших условиях на 13 % и на 69 % в наилучших.

На основе проведенного исследования можно сделать вывод о существенном влиянии метеоявлений на точность позиционирования.

REFERENCES

1. Wikipedia, available at <https://ru.wikipedia.org/wiki/GPS> (accessed 12 October 2023).
2. Wikipedia, available at <https://ru.wikipedia.org/wiki/Облачность>. (accessed 12 October 2023).

УДК 621.396

Е.Я. Валушко, С.Б. Калитин

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

АНАЛИЗ ОШИБОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКОВ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ФРОНТАЛЬНОМ СПОСОБЕ ВЕДЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ РТР

Наглядно и лаконично обобщенная задача пространственной триангуляции формулируется в векторно-алгебраической форме [2] (рисунок): в трехмерном декартовом пространстве из $n = \overline{1, N}$, $N > 2$, известных пунктов M_n , произвольно задаваемых линейно

независимыми векторами $\mathbf{r}_n = [x_n \ y_n \ z_n]^T$, измеряются пеленги определяемого объекта C , задаваемые единичными направляющими векторами $\mathbf{p}_n = [p_{nx} \ p_{ny} \ p_{nz}]^T$, $\|\mathbf{p}_n\|^2 = 1$ (здесь и далее символ $\|\cdot\|$ обозначает евклидову норму). Точность измерений на разных пунктах M_n не одинакова и характеризуется известным вектором среднеквадратических ошибок $\boldsymbol{\sigma} = [\sigma_1 \dots \sigma_N]^T$.

Требуется: найти вектор координат определяемого объекта $\mathbf{c} = [c_x \ c_y \ c_z]^T$ в виде прямого функционального преобразования

$$\mathbf{c} = F(\mathbf{r}_n, \mathbf{p}_n, \boldsymbol{\sigma}), \quad n = \overline{1, N}. \quad (1)$$

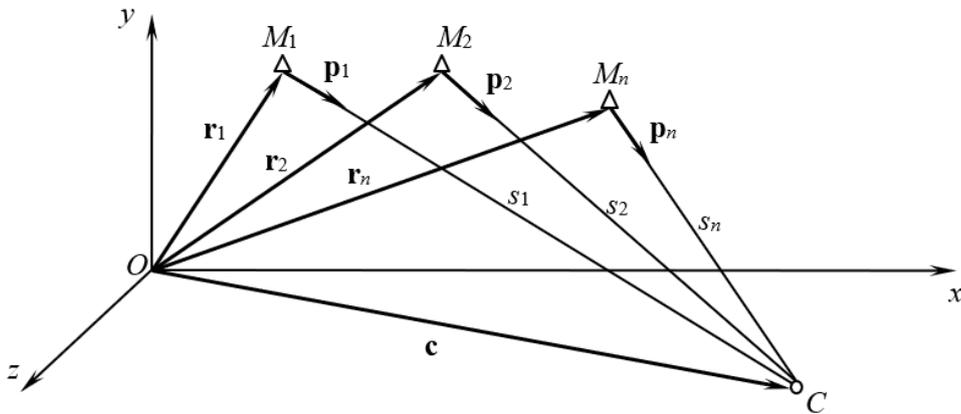


Рисунок 1 – Обобщенная задача пространственной триангуляции в векторно-алгебраической форме

При такой постановке задачи связь вектора координат \mathbf{c} определяемого объекта с векторами координат \mathbf{r}_n измерительных пунктов и направляющими векторами \mathbf{p}_n описывается системой из N векторных уравнений:

$$\mathbf{r}_n + s_n \mathbf{p}_n = \mathbf{c}, \quad n = \overline{1, N}. \quad (2)$$

Сведем расстояния s_n , $n = \overline{1, N}$ в вектор $\mathbf{s} = [s_1 \dots s_N]^T$, а векторы \mathbf{r}_n , \mathbf{p}_n , соответственно, в матрицы \mathbf{R} , \mathbf{P} размерностью $N \times 3$:

$$\mathbf{R} = \begin{bmatrix} \mathbf{r}_{1x} & \mathbf{r}_{1y} & \mathbf{r}_{1z} \\ \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{r}_{Nx} & \mathbf{r}_{Ny} & \mathbf{r}_{Nz} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{p}_{1x} & \mathbf{p}_{1y} & \mathbf{p}_{1z} \\ \dots & \dots & \dots \\ \mathbf{p}_{Nx} & \mathbf{p}_{Ny} & \mathbf{p}_{Nz} \end{bmatrix}.$$

Тогда система уравнений (2) может быть записана в более лаконичной и удобной с точки зрения проведения преобразований форме – в виде одного векторно-матричного уравнения:

$$\mathbf{R} + \mathcal{D}(\mathbf{s})\mathbf{P} = \mathbf{e}\mathbf{c}^T, \quad (3)$$

где \mathbf{e} – вектор размерности N , у которого все элементы равны единице; \mathcal{D} – оператор построения диагональной матрицы из вектора.

При отсутствии ошибок измерений равенство (3) является математически строгим и разность между его левой и правой частью всегда обращается в ноль:

$$\mathbf{R} + \mathcal{D}(\mathbf{s})\mathbf{P} - \mathbf{e}\mathbf{c}^T = \mathcal{O}_{N \times 3}, \quad (4)$$

где $\mathcal{O}_{N \times 3}$ – нулевая матрица размерности $N \times 3$.

Если в измерениях пленгов присутствуют ошибки, то в правой части уравнения (4) появится матрица невязок:

$$\mathbf{R} + \mathcal{D}(\mathbf{s})\mathbf{P} - \mathbf{e}\mathbf{c}^T = \mathbf{\Xi}, \quad (5)$$

где $\mathbf{\Xi} = \begin{bmatrix} \xi_{1x} & \xi_{1y} & \xi_{1z} \\ \dots & \dots & \dots \\ \xi_{Nx} & \xi_{Ny} & \xi_{Nz} \end{bmatrix}$.

Величина значений невязок в n -й строке матрицы $\mathbf{\Xi}$ зависит от точности измерения пленга с n -го измерительного пункта, которая характеризуется величиной СКО σ_n . Поскольку измерения по условию задачи являются неравноточными, то, очевидно, необходимо, чтобы получаемое конечное решение было взвешенным относительно ошибок первичных измерений σ_n .

Для этого сформируем из вектора среднеквадратических ошибок $\boldsymbol{\sigma} = [\sigma_1 \dots \sigma_N]^T$ положительно определенные нормированные весовые коэффициенты $h_n = f_n(\boldsymbol{\sigma})$, $n = \overline{1, N}$, $\sum_{n=1}^N h_n = 1$, которые сведем в вектор \mathbf{h} и диагональную матрицу \mathbf{H} :

$$\mathbf{h} = \begin{bmatrix} h_1 \\ \dots \\ h_N \end{bmatrix}, \quad \mathbf{H} = \mathcal{D} \mathbf{h} = \begin{bmatrix} h_1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & h_N \end{bmatrix}. \quad (6)$$

Тогда из уравнения (5) неизвестные векторы \mathbf{c} и \mathbf{s} могут быть найдены в виде оценок $\hat{\mathbf{c}}, \hat{\mathbf{s}}$, минимизирующих сумму квадратов взвешенных невязок:

$$\rho = \sum_{n=1}^N \sum_{x,y,z} \xi_{nx,y,z}^2 h_n. \quad (7)$$

В развернутой форме записи функционал (7) выглядит следующим образом:

$$\rho = \sum_{n=1}^N h_n (r_{nx} + \hat{s}_n p_{nx} - \hat{c}_x)^2 + h_n (r_{ny} + \hat{s}_n p_{ny} - \hat{c}_y)^2 + h_n (r_{nz} + \hat{s}_n p_{nz} - \hat{c}_z)^2. \quad (8)$$

Продифференцировав выражение (8) по неизвестным переменным $\hat{\mathbf{c}}, \hat{\mathbf{s}}$, получим:

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \rho}{\partial \hat{\mathbf{c}}} &= \begin{bmatrix} \frac{\partial \rho}{\partial \hat{c}_x} \\ \frac{\partial \rho}{\partial \hat{c}_y} \\ \frac{\partial \rho}{\partial \hat{c}_z} \end{bmatrix} = -2 \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N h_n (r_{nx} + \hat{s}_n p_{nx} - \hat{c}_x) \\ \sum_{n=1}^N h_n (r_{ny} + \hat{s}_n p_{ny} - \hat{c}_y) \\ \sum_{n=1}^N h_n (r_{nz} + \hat{s}_n p_{nz} - \hat{c}_z) \end{bmatrix} = -2 \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N r_{nx} h_n \\ \sum_{n=1}^N r_{ny} h_n \\ \sum_{n=1}^N r_{nz} h_n \end{bmatrix} - 2 \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N p_{nx} h_n \hat{s}_n \\ \sum_{n=1}^N p_{ny} h_n \hat{s}_n \\ \sum_{n=1}^N p_{nz} h_n \hat{s}_n \end{bmatrix} + 2 \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N h_n \hat{c}_x \\ \sum_{n=1}^N h_n \hat{c}_y \\ \sum_{n=1}^N h_n \hat{c}_z \end{bmatrix} = \\
 &= -2(\mathbf{R}^T \mathbf{h} + \mathbf{P}^T \mathbf{H} \hat{\mathbf{s}} - \hat{\mathbf{c}}); \\
 \frac{\partial \rho}{\partial \hat{\mathbf{s}}} &= 2 \begin{bmatrix} h_1 (r_{1x} p_{1x} + r_{1y} p_{1y} + r_{1z} p_{1z}) \\ \dots \\ h_N (r_{Nx} p_{Nx} + r_{Ny} p_{Ny} + r_{Nz} p_{Nz}) \end{bmatrix} + 2 \begin{bmatrix} \hat{s}_1 h_1 \\ \dots \\ \hat{s}_N h_N \end{bmatrix} - 2 \begin{bmatrix} h_1 (p_{1x} \hat{c}_x + p_{1y} \hat{c}_y + p_{1z} \hat{c}_z) \\ \dots \\ h_N (p_{Nx} \hat{c}_x + p_{Ny} \hat{c}_y + p_{Nz} \hat{c}_z) \end{bmatrix} = \\
 &= 2\mathbf{H}(\text{diag}(\mathbf{R}\mathbf{P}^T) + \hat{\mathbf{s}} - (\mathbf{P}\hat{\mathbf{c}})), \tag{9}
 \end{aligned}$$

где $\text{diag}(\mathbf{R}\mathbf{P}^T)$ – оператор формирования вектора-столбца из главной диагонали полностью определенной квадратной матрицы $(\mathbf{R}\mathbf{P}^T)$.

Введем вектор $\mathbf{g} = \text{diag}(\mathbf{R}\mathbf{P}^T)$ и приравняем производные (9) нулю:

$$\mathbf{R}^T \mathbf{h} + \mathbf{P}^T \mathbf{H} \hat{\mathbf{s}} - \hat{\mathbf{c}} = \mathbf{0}_3, \tag{10}$$

$$\mathbf{g} + \hat{\mathbf{s}} - \mathbf{P}\hat{\mathbf{c}} = \mathbf{0}_N. \tag{11}$$

где $\mathbf{0}$ – нулевой вектор указанной размерности.

Из уравнения (11) следует, что $\hat{\mathbf{s}} = \mathbf{P}\hat{\mathbf{c}} - \mathbf{g}$. Подставив это выражение в (10), получим:

$$\mathbf{P}^T \mathbf{H} \mathbf{P} \hat{\mathbf{c}} - \hat{\mathbf{c}} = \mathbf{P}^T \mathbf{H} \mathbf{g} - \mathbf{R}^T \mathbf{h}. \tag{14}$$

В уравнении (14) матрицы \mathbf{P} , \mathbf{R} имеют размер $N \times 3$, матрица \mathbf{H} – размер $N \times N$, а размер вектора \mathbf{h} равен N . Соответственно, размер матрицы $\mathbf{P}^T \mathbf{H}$ будет равен $N \times 3$, размер вектора \mathbf{g} будет равен N , а размер вектора $\mathbf{R}^T \mathbf{h}$ будет равен 3:

$$\mathbf{P}^T \mathbf{H} = \begin{bmatrix} h_1 p_{1x} & \dots & h_N p_{Nx} \\ h_1 p_{1y} & \dots & h_N p_{Ny} \\ h_1 p_{1z} & \dots & h_N p_{Nz} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{g} = \text{diag}(\mathbf{R}\mathbf{P}^T) = \begin{bmatrix} p_{1x} r_{1x} + p_{1y} r_{1y} + p_{1z} r_{1z} \\ \dots \\ p_{Nx} r_{Nx} + p_{Ny} r_{Ny} + p_{Nz} r_{Nz} \end{bmatrix}, \quad \mathbf{R}^T \mathbf{h} = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N h_n r_{nx} \\ \sum_{n=1}^N h_n r_{ny} \\ \sum_{n=1}^N h_n r_{nz} \end{bmatrix}.$$

Следовательно, от уравнения (14) можем перейти к уравнению вида

$$\mathbf{A} \hat{\mathbf{c}} = \mathbf{b}, \tag{15}$$

в котором для любого $N > 2$ измерительных пунктов матрица \mathbf{A} имеет постоянный размер 3×3 , а размер вектора \mathbf{b} всегда равен трем:

$$\mathbf{A} = \mathbf{P}^T \mathbf{H} \mathbf{P} - \mathbf{I}_3 = \begin{bmatrix} \left(\sum_{n=1}^N h_n p_{nx}^2 \right) - 1 & \sum_{n=1}^N h_n p_{nx} p_{ny} & \sum_{n=1}^N h_n p_{nx} p_{nz} \\ \sum_{n=1}^N h_n p_{nx} p_{ny} & \left(\sum_{n=1}^N h_n p_{ny}^2 \right) - 1 & \sum_{n=1}^N h_n p_{ny} p_{nz} \\ \sum_{n=1}^N h_n p_{nx} p_{nz} & \sum_{n=1}^N h_n p_{ny} p_{nz} & \left(\sum_{n=1}^N h_n p_{nz}^2 \right) - 1 \end{bmatrix},$$

$$\mathbf{b} = \mathbf{P}^T \mathbf{H} \mathbf{diag}(\mathbf{R} \mathbf{P}^T) - \mathbf{R}^T \mathbf{h} = \begin{bmatrix} \sum_{n=1}^N h_n (p_{nx}^2 r_{nx} + p_{nx} p_{ny} r_{ny} + p_{nx} p_{nz} r_{nz} - r_{nx}) \\ \sum_{n=1}^N h_n (p_{nx} p_{ny} r_{nx} + p_{ny}^2 r_{ny} + p_{ny} p_{nz} r_{nz} - r_{ny}) \\ \sum_{n=1}^N h_n (p_{nx} p_{nz} r_{nx} + p_{ny} p_{nz} r_{ny} + p_{nz}^2 r_{nz} - r_{nz}) \end{bmatrix},$$

где \mathbf{I}_3 – единичная матрица размером 3×3 .

Таким образом, система (15) является определенной системой неоднородных линейных уравнений, и искомая оценка $\hat{\mathbf{c}}$ может быть найдена из выражения

$$\hat{\mathbf{c}} = \mathbf{A}^{-1} \mathbf{b}. \quad (16)$$

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Калитин, С. Б. Конструктивные методы определения координат объектов в многопозиционных измерительных системах / С. Б. Калитин, К. К. Пащенко. – Минск : ВА РБ, 2018. – 197 с.
2. Уоткинс, Д. Основы матричных вычислений / Д. Уоткинс. – М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2006. – 664 с.

УДК 351.814

В.В. Медведев, С.Л. Соколов, Я.Е. Солтан

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ФОРМИРОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ ЗОНЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПОДАВЛЕНИЯ СПУТНИКОВОГО ПРИЕМНИКА БЕСПИЛОТНОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА СТАНЦИЕЙ ПОМЕХ

Применение инерциально-спутниковых систем наведения в локальных конфликтах показало их низкую эффективность в условиях радиоэлектронного подавления [2]. На приемник спутниковых радионавигационных систем (СРНС) могут воздействовать как маскирующие, так и имитирующие радиоэлектронные помехи. В данном докладе рассматривается воздействие на спутниковый приемник беспилотного авиационного комплекса (БАК) маскирующих помех, которые приводят к появлению перерывов спутниковой информации, в течении которого БАК наводится по информации беспилотной инерциальной навигационной системы (БИНС). Увеличение длительности перерывов информации приводит к увеличению ошибок наведения. Воздействие активной шумовой помехи позволяет снизить точность наведения ниже приемлемого уровня. Радиоэлектронное

подавление возможно только при условии обеспечения прямой видимости между средством радиопомех и спутниковым приемником, а также при создании необходимого соотношения помеха-сигнал на входе подавляемого приемника. Главной задачей при этом будет являться формирование сплошного поля радиопомех на всей траектории полета. Особенностью решаемой задачи является изменение углов ориентации в широком диапазоне, что приводит к появлению разрывной зоны подавления.

Движение БАК осуществляется по управляемой траектории в соответствии со штатными алгоритмами управления. Вид траектории представлен на рисунке 1, а.

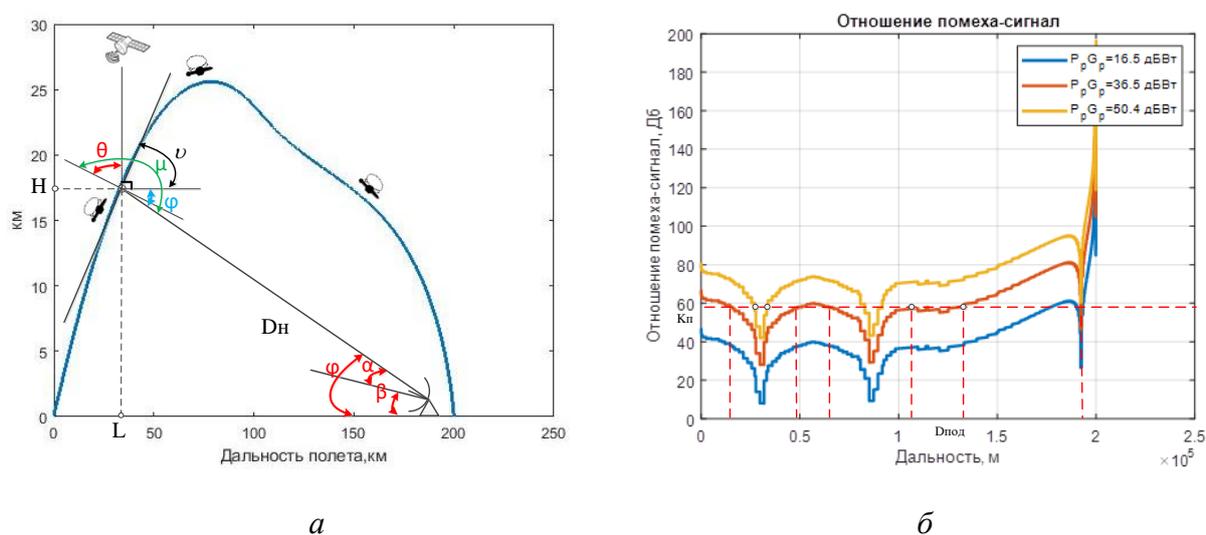


Рисунок 1 – а – движение БАК по штатной траектории, б – Зависимость отношения помеха-сигнал от дальности до прикрываемого объекта при разных мощностях станции помех

С момента пуска БАК действие помехового сигнала будет оказывать влияние на спутниковый приемник с разных направлений. При движении БАК с положительными углами тангажа воздействие помехи будет оказывать влияние на боковые лепестки диаграммы направленности (ДНА), а с отрицательными по основному лепестку ДНА. Когда БАК перейдет на конечный этап наведения, действие помехи с большой вероятностью обеспечит срыв наведения корректирующей СРНС. В таком случае точностные характеристики БИНС должны обеспечить наведение БАК на цель.

Условие РЭП приемника спутниковых сигналов [1]:

$$K \geq K_{\text{п}}$$

K определяет величину отношения мощности помехи к мощности сигнала получающуюся для заданного расстояния между передатчиком помех и подавляемым приемником. $K_{\text{п}}$ определяет минимально необходимую величину этого соотношения, обеспечивающую определенный информационный ущерб. Эффективность помех зависит от этого соотношения, т. е. помеха может наносить заданный информационный ущерб, но только при условии соблюдения данного неравенства.

На рисунке 1, б представлены полученные результаты зависимости отношения помеха-сигнал от дальности до прикрываемого объекта при разных мощностях станции активных помех (САП).

На некотором определенном удалении от САП отношение K уменьшится на столько, что помеха перестанет эффективно действовать. В таком случае, граница, при приближении к которой помеха становится неэффективной, определяется равенством $K = K_{\text{п}}$. Область, в пределах которой $K = K_{\text{п}}$ (помеха является эффективной), будет зоной подавления спутникового приемника [1].

В ходе исследования разработана методика расчета зоны подавления спутникового приемника при подавлении станцией активных маскирующих помех. В дальнейшем полученные результаты исследования будут учитываться при разработке комплексного алгоритма навигации с учетом сложившейся помеховой обстановки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Дятлов, А. П. Радиоэлектронная борьба со спутниковыми радионавигационными системами / А. П. Дятлов, П. А. Дятлов, Б. Х. Кульбикаян. – М. : Радио и связь, 2004. – 250 с.
2. Гордей, В. В. Основы информационного обеспечения и радиоэлектронной борьбы. Основы радиоподавления радиосвязи : учебное пособие / В. В. Гордей. – Минск, 2007. – 120 с.

УДК 621.396.96

А.Г. Боровой¹, Д.В. Морозов²

¹Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

²Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Республики Беларусь»

СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ЛИНЕЙНО-ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ

Современные наземные, воздушные и морские объекты характеризуются постоянным расширением сфер применения радиоэлектронных систем. В таких условиях приобретает актуальность развитие систем радиоэлектронной разведки. В данном контексте особое место занимает задача обнаружения широкополосных линейно-частотно-модулированных (ЛЧМ) сигналов, ввиду их активного использования различными радиолокационными, радионавигационными и радиосвязными системами. Вместе с тем их применение обусловлено проблемами тактического (ограничения по применению, автономности, стоимости и т. д.) и технического характера (ограничения на использования современных радиоэлектронных и цифровых элементов), что ведет к необходимости формирования новых предложений к техническому облику систем радиоэлектронной разведки [1, 2].

Технически реализовать согласованный прием широкополосных ЛЧМ сигналов крайне затруднительно, что связано с динамичным изменением их параметров [3]. По этой причине предлагается реализовать согласованный прием сигнала не во всей его полосе, а лишь в полосе «согласованной фильтрации», значение которой определяется следующим: минимальным значением полосы ЛЧМ сигнала; требуемым отношением сигнал/шум; техническими характеристиками приемного тракта (частота дискретизации аналого-цифровых преобразователей) [4]. Предлагаемый вариант построения устройства согласованного приема ЛЧМ сигнала представлен на рисунке 1.

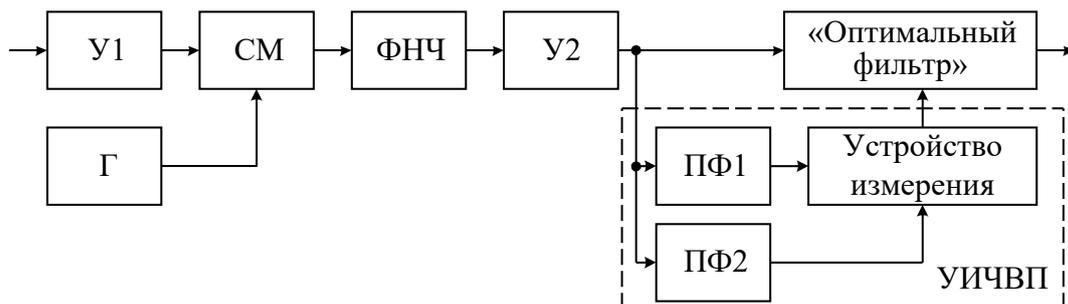


Рисунок 1 – Схема аналоговой части приемного канала устройства радиоэлектронной разведки

По сравнению с классической схемой полосовой фильтрации [2, 5] в состав аналоговой части приемного канала вводится устройство измерения частотно-временных параметров (УИЧВП). Основной задачей этого устройства является вычисление импульсной характеристики согласованного фильтра. Результаты моделирования работы приемного канала радиоэлектронной разведки (рисунок 2) осуществлялось при следующих значениях параметров ЛЧМ сигнала: средняя частота – 4300 МГц; девиация частоты – 50...200 МГц; период модуляции – 2...10 мс. УИЧВП состоит из двух полосовых фильтров (ПФ), расстроенных по частоте на величину, равную полосе согласованной фильтрации (рисунок 2, а). Это позволяет получать отклики на выходе фильтров (рисунок 2, б) с временным интервалом между ними, пропорциональным крутизне ЛЧМ сигнал. На основании измеренного значения временного интервала рассчитывается импульсная характеристика «оптимального фильтра».

Схема приемного канала устройства радиоэлектронной разведки, представленная на рисунке 1, позволяет получить значительный выигрыш в отношении сигнал/шум по сравнению с полосовой фильтрацией (рисунок 2, б). Например, при девиации частоты ЛЧМ сигнала, равной 200 МГц, периоде модуляции – 2 мс и полосе согласованной фильтрации – 5 МГц выигрыш составляет приблизительно 12 дБ.

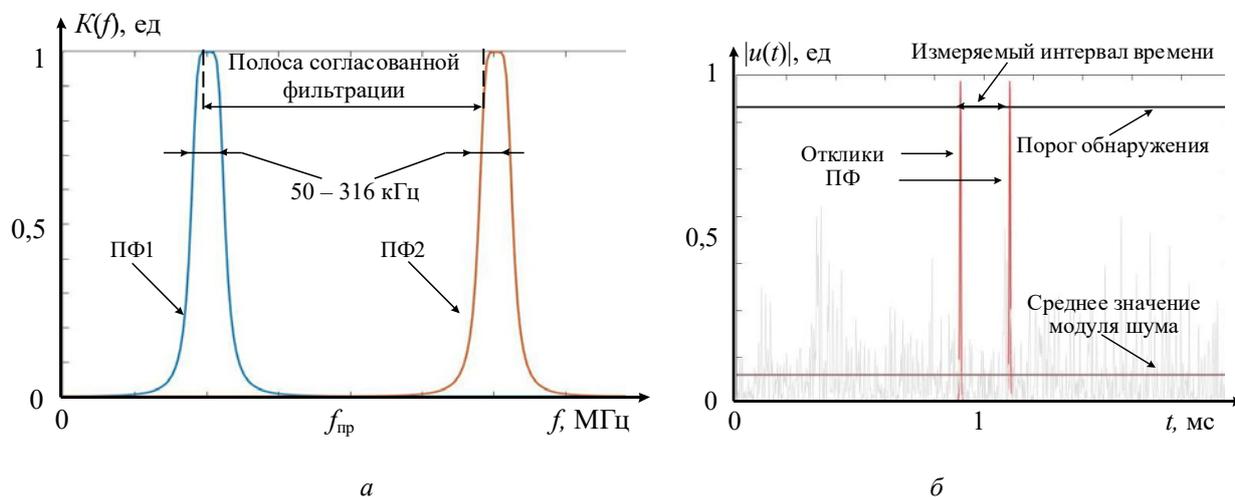


Рисунок 2 – Амплитудно-частотная характеристика ПФ (а) и временная структура сигнала на их выходе (б)

Таким образом в условиях отсутствия априорной информации о параметрах ЛЧМ сигналов «рациональным» способом его обнаружения является использование полосовой фильтрации, которая характеризуется относительной простотой технической реализации. Однако зачастую возникает двойственная задача повышения технических характеристик устройства обнаружения без значительного его усложнения. Представленное предложение характеризуется попыткой поиска обоснованных технических решений данной задачи. Вместе с тем хочется подчеркнуть, что обоснование полосы пропускания узкополосных фильтров является отдельной важной задачей и может быть решено для конкретных классов радиоэлектронных систем.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Мельников, Ю. П. Воздушная радиоэлектронная разведка (методы оценки эффективности) / Ю. П. Мельников. – М. : Радиотехника, 2005. – 304 с.
2. Куприянов, А. И. Теоретические основы радиоэлектронной борьбы : учеб. пособие / А. И. Куприянов, А. В. Сахаров. – М. : Вузовская книга, 2007. – 356 с.

3. Боровой, А. Г. Обнаружение маловысотных целей по излучению их бортовых радиовысотомеров / С. Б. Калитин, А. Г. Боровой // Актуальные вопросы науки и техники в сфере развития авиации : сб. тез. докл. III Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 16–17 мая 2013 г. / УО «ВА Респ. Беларусь». – Минск, 2013. – С. 137–138.

4. Боровой, А. Г. Обоснование облика пассивной системы определения местоположения маловысотной цели по излучению ее бортового радиовысотомера / А. Г. Боровой // Обеспечение военной безопасности государства: проблемы и перспективы : сб. тез. докл. Междунар. воен.-науч. конф., Минск, 23–24 марта 2017 г. / УО «ВА Респ. Беларусь». – Минск, 2017. – С. 307.

5. Цветнов, В. В. Радиоэлектронная борьба: радиоразведка и радиопротиводействие / В. В. Цветнов, В. О. Демин, А. И. Купринов. – М. : Изд-во МАИ, 1998. – С. 14–15.

УДК 369.2

Д.В. Желобкович¹, В.А. Красковский², Э.Ж. Павлушкин²

¹РУП «Белаэронавигация»

²Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЯЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ГЛИССАДНОГО РАДИОМАЯКА

В настоящее время, применение реального наземного радиотехнического оборудования при обучении студентов не представляется возможным в виду трех основных факторов:

1. Крупные габариты оборудования.
2. Дороговизна оборудования.
3. Невозможность применения по назначению в аудиторных условиях.

В таком случае, могут применяться виртуальные модели, которые имитируют работу систем при отсутствии прямого контакта с ними. Благодаря гибкости в установке на различные операционные системы и возможности загружать виртуальные модели на различные интернет-платформы, появляется возможность использовать их при дистанционном обучении, что в свою очередь нельзя осуществить с реальным оборудованием.

Целью работы является разработка виртуальной модели управляющего комплекса глиссадного радиомаяка.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

– разработка интерфейса виртуальной модели управляющего комплекса глиссадного радиомаяка;

– симуляция работы виртуальной модели управляющего комплекса глиссадного радиомаяка.

Управляющий комплекс глиссадного радиомаяка – это компонент в системе авиационной радионавигации, который управляет процессом передачи сигнала глиссадного радиомаяка на бортовое оборудование самолета [1]. Этот комплекс включает в себя электронное оборудование и программное обеспечение, которые позволяют контролировать работу маяка, а также дистанционно изменять его параметры. Управляющий комплекс глиссадного радиомаяка имеет важное значение для безопасности полетов, поскольку контроль параметров и своевременное устранение неисправностей играет большую роль.

Виртуальная модель управляющего комплекса состоит из следующих окон [2]:

- панель общего состояния глиссадного радиомаяка;
- окно «Состояния КУ»;
- окно «Контроль и Управление»;
- окно «Аварийные состояния»;
- окно «АБ и ЗО»;
- окно «ЭО ЗУ»;
- окно «Время и наработка».

Для создания интерфейса виртуальной модели управляющего комплекса глиссидного радиомаяка используется среда разработки «Visual Studio» и платформа «WinForms», которая позволяет в точности реализовать интерфейс реальной программы [3].

Панель общего состояния глиссидного радиомаяка предназначена для световой индикации состояния его составных частей (рисунок 1). Второй комплект передатчика находится в режиме «горячего» резервирования. При выходе из строя первого передатчика, второй передатчик будет иметь состояние «Работа». Надпись состояния первого и второго передатчика также является кнопкой, при нажатии на которую всплывает окно «Управление ПРД». Данное включает в себя три кнопки: «Включить», «Отключить», «Включить с обходом». Назначение первых двух – это включение либо выключение передатчика глиссидного радиомаяка вручную.

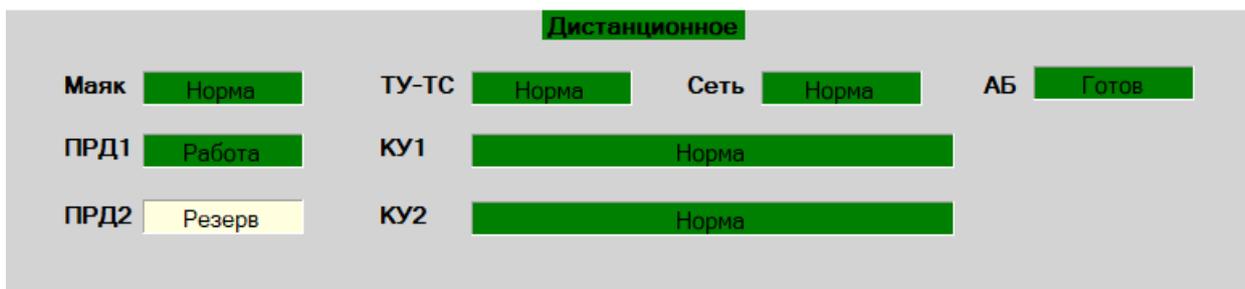


Рисунок 1 – Панель общего состояния глиссидного радиомаяка

Окно «Состояние КУ» – это постоянно обновляемая сводная таблица, которая отображает состояние всех параметров всех каналов обоих комплектов радиомаяка.

При соответствии параметра в таблице в графе для данного канала высвечивается название параметра, текст которого выделен зеленым цветом. В противном случае, текст будет выделен красным цветом (рисунок 2).

Состояние КУ						
Контроль и Управление		Аварийные состояния		ЭО ЗУ	АБ и ЗО	Время и наработка
	Зона аперт УК	Зона выносная	Крутизна аперт УК	Крутизна аперт ШК	Крутизна рез УК	Крутизна рез ШК
КУ1	СГМ	СГМ	СГМ	СГМ	СГМ	СГМ
	РГМ	РГМ	РГМ	РГМ	РГМ	РГМ
	УрВЧ	УрВЧ	УрВЧ	УрВЧ	УрВЧ	УрВЧ
КУ2	СГМ	СГМ	СГМ	СГМ	СГМ	СГМ
	РГМ	РГМ	РГМ	РГМ	РГМ	РГМ
	УрВЧ	УрВЧ	УрВЧ	УрВЧ	УрВЧ	УрВЧ

Рисунок 2 – Окно «Состояние КУ»

Окно «Контроль и Управление» может контролировать параметры радиомаяка и устанавливать пороговые значения.

В данном окне находится кнопка «Установить значение». Она предназначена для вызова окна, в котором необходимо выбрать параметр и его левый и правый пределы (рисунок 3).

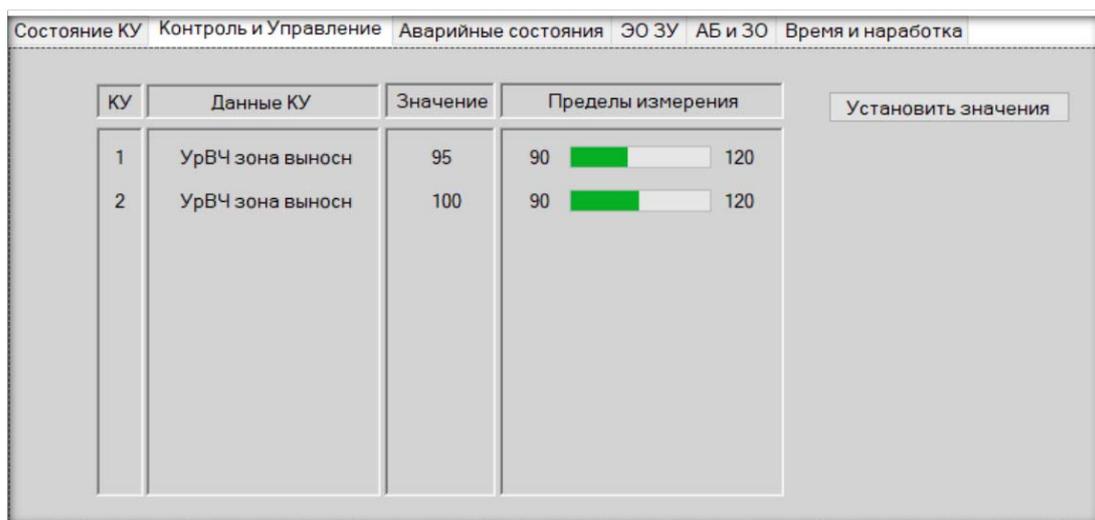


Рисунок 3 – Окно «Контроль и Управление»

Окно «Аварийные состояния» имеет такой же вид, как и вкладка «Состояние КУ». Оно показывает последнее аварийное состояние глиссадного радиомаяка и имеет возможность просмотра всех аварийных состояний параметров и их числового значения (рисунок 4).



Рисунок 4 – Окно «Аварийные состояния»

Окно «ЭО ЗУ» предназначено для импорта и экспорта настроек глиссадного радиомаяка, а также для перезагрузки контрольных устройств (рисунок 5).

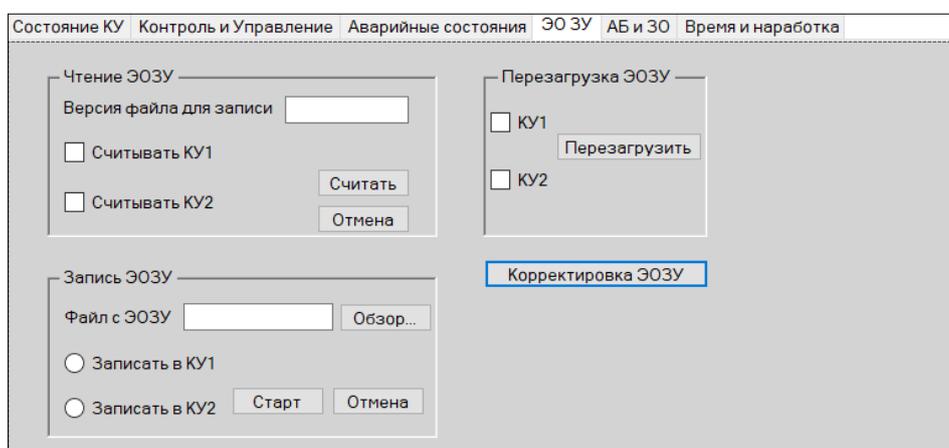


Рисунок 5 – Окно «ЭО ЗУ»

Окно «АБ и ЗО» включает в себя две панели: «Работа с ЗО» и «Обслуживание АБ» (рисунок 6).

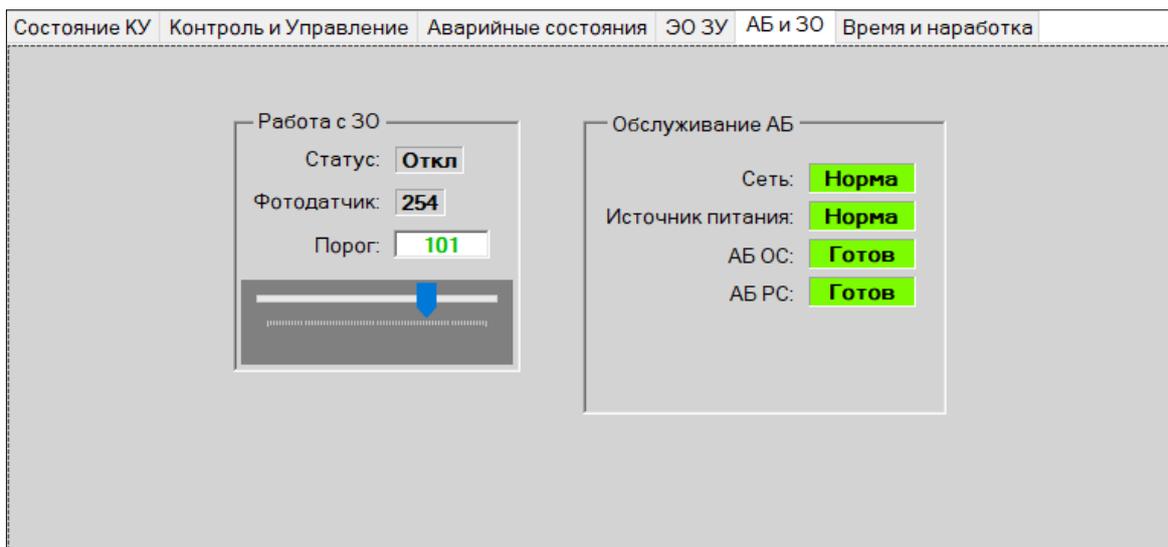


Рисунок 6 – Окно «АБ и ЗО»

Панель «Работа с ЗО» предназначена для управления заградительными огнями, а также для установления порога их включения. Порог включения определяется по уровню освещенности датчика.

Панель «Обслуживание АБ» позволяет просматривать состояние источников питания и при необходимости осуществлять включение или выключение вручную.

Окно «Время и Нарботка» предназначена для отображения текущего времени и даты, а также для контроля и установки времени наработки (рисунок 7).

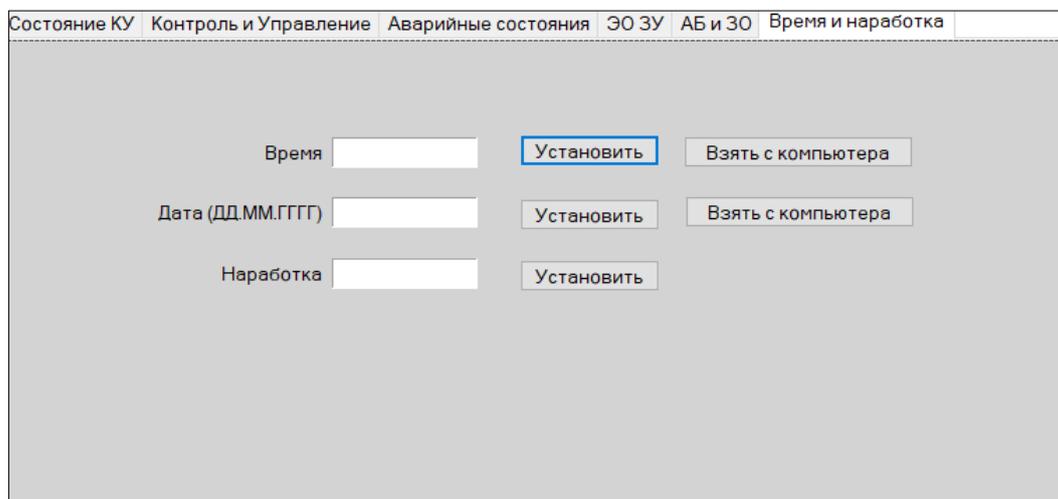


Рисунок 7 – Окно «Время и наработка»

Учет наработки ведется автоматически, однако существует возможность ввода данного значения вручную. Для этого используется кнопка «Установить», при нажатии на которую появляется окно, в котором вводится необходимое значение.

Виртуальная модель программно-управляющего комплекса глиссадного радиомаяка имеет встроенную симуляцию. Она предназначена для визуального отображения состояний составных частей при выходе параметров за допустимые пределы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. СП-200. Система посадки: руководство по эксплуатации. – Челябинск : НИИИТ РТС, 2006. – 42 с.
2. СП-200. Глиссадный радиомаяк: руководство по эксплуатации. – Челябинск : НИИИТ РТС, 2005. – 103 с.
3. Microsoft learn [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/visualstudio>. – Дата доступа: 04.05.2023.

UDC 369.07

A. Kozich, T. Boika

Educational institution "Belarusian State Academy of Aviation"

POSITIONING IN A CELLULAR NETWORK

The ability to determine the location of an object in cellular networks can be used for emergency calls, for navigation in everyday life, as an alternative to satellite navigation or as an addition to satellite navigation to improve the accuracy or speed of location determination. Cellular networks can be used to determine the location of drones, to transmit information about their location to the air traffic control system.

In a cellular network the location of an object is determined relative to base stations (BS) or cell towers, which exact coordinates are known.

Positioning Methods

Cell Identification (Cell ID). The method works on the principle of proximity; the location of an object is determined accurate to the BS service area in which the object is registered. For more accurate positioning, Cell ID can be supplemented with the following methods [2]:

Cell ID + Timing Advance (TA), the distance to the target is calculated using the measurement of time compensation, or Timing Advance, which exists to correctly issue time intervals for data transmission from object to the base station.

Cell ID + Round-trip-time (RTT), the distance to the target is calculated by measuring the signal travel time from the BS to the mobile station (MS) and back (reception-transmission time or round trip time).

Cell ID + Received signal strength (RSS), the distance between the BS and the mobile station is calculated by measuring the power of the received signal.

Cell ID + Angle of arrival (AoA) determines the direction to an object by measuring the angle of arrival of the signal (AoA) [3].

Combination of methods that estimate the distance to an object (RTT, TA, RSS) with a method that determines the direction to the object (AoA) allows to calculate the coordinates of the target.

Method that computes the time of arrival of a signal, Time of Arrival (ToA). The method is based on measuring the time it takes for a signal to travel the distance from the MS to the base stations, which must be time synchronized. At least three base stations are required to determine the target coordinates. A circle is drawn around each base station with a radius equal to the distance from the MS to the BS. The intersection of these circles is the location of the target.

Method that determines received signal strength (RSS) from multiple base stations. The principle of determining coordinates is the same as in the ToA method, but the distance to the BS is calculated by measuring the signal strength.

Method that determines the difference in time of arrival of a signal, Time difference of arrival (TDoA). This method is based on measuring the difference in the time of arrival of a signal from the MS on a pair of BSs. Time synchronization between all BSs is required. The TDoA

method uses a hyperbolic mathematical principle to calculate the position of the device. For correct determination of the target location, at least three base stations are required.

Method that estimate the observed difference in signal arrival time, Enhanced Observed Time Difference (E-OTD). The E-OTD method is based on a mechanism for pseudo-synchronization of time measurements and comparison of the moments of arrival of the signals from different BSs to the MS. To use the method, additional equipment is required – measuring units (LMU) with known coordinates, which provide pseudo-synchronization [4]. To find the target coordinates, a minimum of three base stations are required.

Method that determines the angle of arrival (AoA) from multiple base stations. The basic principle is the same as in the case of positioning relative to one reference point. Having at least two stations, you can obtain the point of intersection of two lines of signal arrival at different BSs and determine the coordinates of the target.

Method complementary to Global Navigational Satellite System, Assisted GNSS (A-GNSS). This method is not a positioning method in cellular networks, but only complements and speeds up location determination in satellite networks. To use this method, the base and mobile stations must be equipped with a GNSS receiver.

Method of scene analysis and pattern matching or signature method, Radio Fingerprinting. For a certain point in space there is a unique radio fingerprint or signature. The method requires the preliminary compilation of signature databases (radio maps). By comparing them with current signal measurements, the location of the mobile station can be estimated.

The greatest influence on positioning accuracy in cellular networks is exerted by multipath signal propagation, the presence of obstacles in the propagation path, the presence of line of sight, the signal propagation environment in general. The accuracy of the received navigation data also depends on the number of base stations involved in the calculations, the network equipment and the method of determining the location. Thus, the development of navigation accuracy in cellular networks depends on the interest of cellular operators as they create and improve the network.

REFERENCES

1. Ayad M. H. Khalel. Position Location Techniques in Wireless Communication Systems / Ayad M. H. Khalel. – Karlskrona : Blekinge Institute of Technology, 2010. – 53 p.
2. Фокин, Г. Эволюция технологий позиционирования в сетях 2G–4G / Г. Фокин // Первая Миля. – 2020. – № 2. – С. 25–35.
3. Balaram Singh. A Survey of Cellular Positioning Techniques in GSM Networks / Balaram Singh, Soumya Pallai, Susil Kumar Rath. – Bhubaneswar : Utkal University, 2014. – 7 p.
4. Mobile Phone Location Determination in Urban and Rural Areas Using Enhanced Observed Time Difference Technique / S. F. Shaukat [et al.] // World Applied Sciences Journal. – 2009. – № 6. – P. 24–36.

УДК 621.397

Е.Н. Буйлов¹, А.С. Солонар²

¹Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

²ОАО «КБ Радар» – управляющая компания холдинга «Системы радиолокации»

АДАПТИВНЫЙ К УСЛОВИЯМ НАБЛЮДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБНАРУЖИТЕЛЬ ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ

Обнаружение источников радиоизлучения на фоне помех является одной из важнейших задач систем радиотехнической разведки. Реальные радиотехнические системы всегда функционируют в условиях априорной неопределенности относительно вероятностей

появления обнаруживаемых сигналов, а также о их количестве, мощности и неизвестном шуме [1, 2].

Для решения задачи обнаружения широкое распространение получил энергетический обнаружитель. В отличие от других устройств он не требует априорного знания существенной информации о принятом сигнале. Данный обнаружитель обеспечивает измерение энергии принятого сигнала за время наблюдения, сравнение уровня полученной энергии с заданной пороговой величиной и на основании этого определяет наличие или отсутствие неизвестного сигнала [3].

Ввиду универсальности энергетический обнаружитель применяется в случае приема как детерминированных, так и стохастических радиосигналов. Однако недостатком данного обнаружителя является зависимость порога обнаружения от неизвестной в общем случае спектральной плотности мощности шума, что не гарантирует постоянного уровня ложных тревог при изменяющейся интенсивности помех.

Таким образом, целью настоящего доклада является разработка алгоритма оценивания порога обнаружения в энергетическом обнаружителе, адаптивного к условиям наблюдения.

На рисунке 1 представлен пример реализации энергетического обнаружителя источника радиоизлучения. Следует отметить, что его главными элементами являются квадратичный детектор (КД) и накопитель.

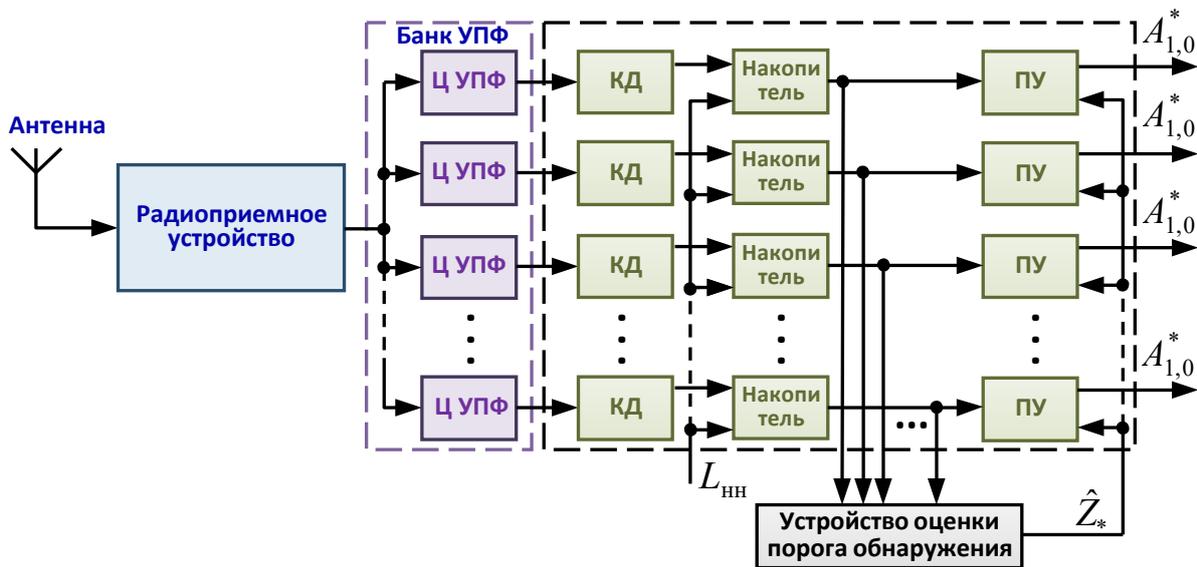


Рисунок 1 – Структура энергетического обнаружителя источника радиоизлучения

В радиоприемном устройстве в аналоговом виде осуществляется предварительная фильтрация сигнала, его усиление, преобразование частоты сигнала на промежуточную частоту. Далее сигнал подвергается аналого-цифровому преобразованию с последующей реализацией цифровой обработки.

После аналого-цифрового преобразования сигнал u_k поступает на банк узкополосных фильтров (УПФ), т. е. спектроанализатор. Оценка мгновенного спектра сигнала может быть реализована с помощью дискретного либо быстрого преобразования размерностью $N_{\text{бпф}}$ [2, 3].

Для уменьшения уровня боковых лепестков используется весовая обработка (w – весовая функция) [4]. Алгоритм оценки мгновенного спектра сигнала имеет вид

$$S_i = \frac{1}{N_{\text{бпф}}} \sum_{k=0}^{N_{\text{бпф}}-1} \left[w_k u_k \exp(-j2\pi ki / N_{\text{бпф}}) \right]_i \quad (1)$$

где i – номер отсчета частоты; k – номер временного отсчета.

Усреднение (накопление) мгновенного спектра за время наблюдения позволяет улучшить характеристики обнаружения при низком отношении сигнал шум:

$$Z_{нi} = \frac{1}{L} \sum_{s=0}^{L-1} |S_{i,s}|^2, \quad (2)$$

где L – число выборок мгновенного спектра размером $N_{\text{бпф}}$.

Дальнейшая обработка предполагает сравнение мощности принятого сигнала с порогом обнаружения Z_* .

Главной отличительной особенностью предложенного энергетического обнаружителя является реализация адаптивного устройства формирования порога обнаружения (рисунок 2).

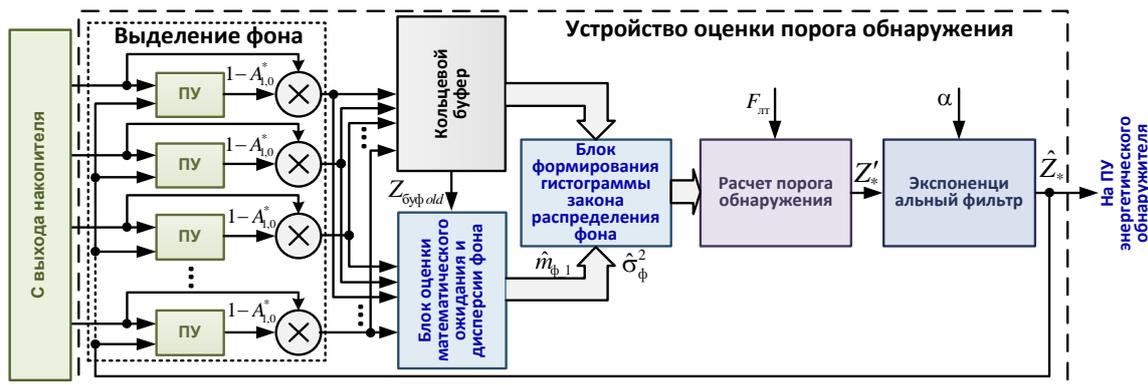


Рисунок 2 – Устройство оценки порога обнаружения

Блок выделения фона обеспечивает отсечку полезного сигнала. Пороговый уровень одинаков для всех частотных каналов. Пороговые устройства (ПУ) подают свои решения $A_{1,0}^*$ на умножители, на вторые входы которых поступают оценки мощности сигнала. Через умножители проходят элементы спектра, не превысившие порог, а остальные обнуляются.

$$Z_{\phi} = \begin{cases} 0, & \text{если } A_1^* \\ Z_{н}, & \text{если } A_0^* \end{cases} \quad (3)$$

В дальнейшем, для оценки уровня фона используется кольцевой буфер (рисунок 3), обеспечивающий хранение оценок мощности фона Z_{ϕ} не превысившие порог Z_* . В последующем его обновление происходит путем перезаписи наиболее старой оценки на новую и запоминанием указателя номера ячейки для последующего обновления.

Ввиду большого размера выборки (кольцевого буфера оценок мощности фона) в соответствии с теоремой Чебышева оценку математического ожидания $\hat{m}_{\phi,1}$ можно определить по выборочному среднему, а дисперсию $\hat{\sigma}_{\phi}^2$ – выражением выборочной оценки дисперсии [4]. Такой подход позволяет сократить количество операций, что, значительно, уменьшает нагрузку на вычислительное средство.

В таком случае, на начальном этапе (этап инициализации) порог обнаружения определяется в соответствии с выражением:

$$Z_* = \hat{m}_{\phi,1} - \ln(F_{лт}) \hat{\sigma}_{\phi}^2, \quad (4)$$

где $F_{лт}$ – вероятность ложных тревог.

В последующем, оценка порога обнаружения осуществляется по гистограмме, полученной с использованием оценок мощности фона, хранящихся в кольцевом буфере. Однако, нестабильность фона (например, изменение характеристик приемного устройства, воздействие внешних помех) не обеспечивает постоянного уровня ложных тревог, что, в свою очередь, ухудшает характеристики обнаружения.

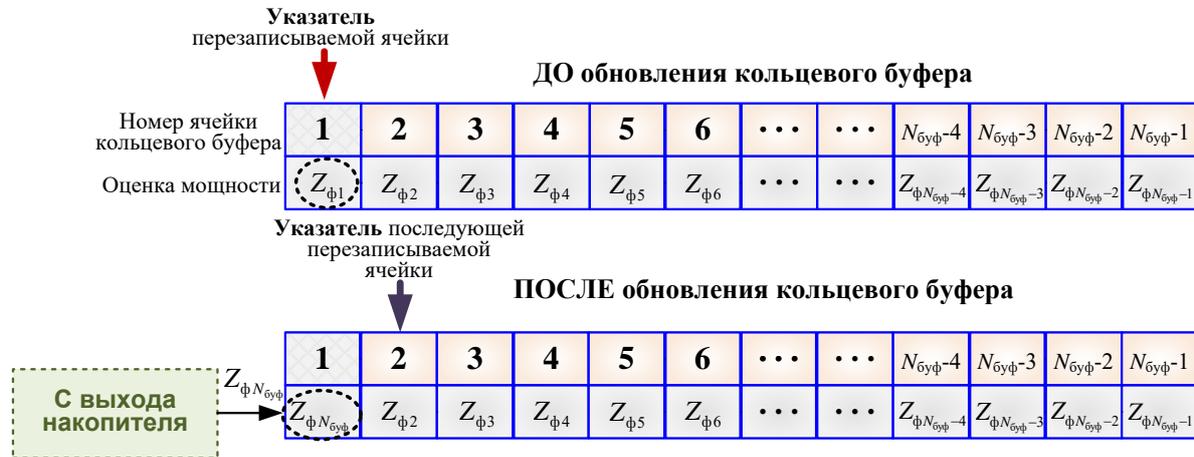


Рисунок 3 – Пояснение принципа обновления кольцевого буфера

Одним из способов устранения данного недостатка является использование треугольной аппроксимации «хвоста» закона распределения и последующее экспоненциальное сглаживание оценок порога обнаружения.

Таким образом, предложенный алгоритм оценки порога обнаружения включает: адаптивное выделение фона, обновление кольцевого буфера, выборочную оценку математического ожидания и дисперсии, формирование гистограммы распределения мощности фона, вычисление порога обнаружения с использованием треугольной аппроксимации «хвоста» закона распределения и экспоненциальное сглаживание оценок порога обнаружения. Совокупность данных этапов позволяет стабилизировать вероятность ложных тревог при изменении условий наблюдения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Рембовский, А. М. Автоматизированные системы радиоконтроля и их компоненты / А. М. Рембовский, А. В. Ашихмин, В. А. Козьмин ; под ред. А. М. Рембовского. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Горячая линия – Телеком, 2022. – 320 с.
2. Рембовский, А. М. Радиомониторинг: задачи, методы, средства / А. М. Рембовский, А. В. Ашихмин, В. А. Козьмин ; под ред. А. М. Рембовского. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Горячая линия – Телеком, 2012. – 280 с.
3. Солонар, А. С. Основы радиопеленгации. Основы теории измерения параметров сигналов : пособие / А. С. Солонар, В. В. Латушкин, С. А. Габец. – Минск : Военная академия, 2023. – 190 с.
4. Марпл, С. Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения / С. Л. Марпл ; под ред. И. С. Рыжака. – М. : Мир, 1990. – 250 с.
5. Вентцель, Е. С. Теория вероятности : учебник для вузов / Е. С. Вентцель. – 7-е изд. – М. : Высш. шк., 2001. – 575 с.

УДК 623.62

В.М. Морозов

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЛС С СИНТЕЗОМ АПЕРТУРЫ АНТЕННЫ ДЛЯ БЛА

Построение имитационной модели функционирования РЛС с синтезом апертуры антенны (РСА) предполагает воспроизведение на сигнальном уровне процессов, протекающих в ходе основных преобразований (обработки) сигналов в РСА:

- Формирование комплексных амплитуд, зондирующих импульсных частотно-модулированных (ЛЧМ) – сигналов требуемой длительности, периода повторения и девиации;
- прием отраженных (полезных) сигналов на фоне внутренних шумов со спектральной плотностью мощности, соответствующей потенциально достижимой чувствительности приемного устройства РСА;
- формирование матрицы принимаемого сигнала синтезирования;
- поимпульсную когерентную обработку (накопление) принимаемого сигнала с учетом закона модуляции зондирующего сигнала (ЛЧМ с заданной крутизной);
- расчет матрицы траекторного сигнала РСА с учетом наклонной дальности расположения соответствующего элемента разрешения, а также параметров относительного движения носителя;
- траекторную когерентную обработку принимаемого сигнала, реализующую процедуру синтезирования апертуры антенны;
- выделение физической огибающей двумерного комплексного сигнала, характеризующей радиолокационное изображение РСА.

Особенностью функционирования РСА на борту БЛА является существенное влияние турбулентности атмосферы на параметры движения БЛА, и соответственно на качество формирования результирующего изображения РСА. Для компенсации влияния турбулентности атмосферы, выраженное в виде флуктуаций БЛА по углам тангажа и крена, применяются высокоточные навигационные устройства.

Таким образом структуру модели функционирования РСА на борту БЛА можно представить в виде следующих элементов (блоков):

- блок ввода исходных данных;
- блок расчета кинематических соотношений;
- блок расчета возмущений траектории БЛА вследствие влияния ветра;
- блок моделирования навигационной системы БЛА;
- блок расчета энергетических соотношений;
- блок моделирования зондирующего сигнала;
- блок моделирования отраженного сигнала;
- блок моделирования этапов когерентной обработки сигнала в РСА;
- блок вывода результатов моделирования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Справочник по радиолокации : в 2-х кн. / под ред. М. И. Сколника ; пер. с англ. под общ. ред. В. С. Вербы. – М. : Техносфера, 2014. – Кн. 2. – 680 с.
2. Микросистемы ориентации беспилотных летательных аппаратов / В. Я. Распопов [и др.] ; под общ. ред. В. Я. Распопов. – М. : Машиностроение, 2011. – 184 с.
3. Доброленский, В. Ю. Динамика полета в неспокойной атмосфере / В. Ю. Доброленский. – М. : Машиностроение, 1969. – 252 с.

УДК 629.7.058.6

В.В. Нечаев

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВАРИАЦИЙ ПАРАМЕТРОВ АЛЬМАНАХА НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ

Система GPS является одной из самых широко используемых навигационных систем в мире. Применяется в широком спектре областей, включая авиацию, морскую навигацию, автомобильную навигацию, геодезию, геологию, лесное хозяйство, спортивные трекеры и многие другие. Состоит из сети спутников, которые вращаются по заданным траекториям и распределены вокруг Земли, и навигационной аппаратуры потребителей (НАП), которая получает сигналы от спутников и определяет свои географические координаты, скорость и время.

Система GPS работает на основе принципа трехмерной трилатерации. Каждый спутник передает сигналы (навигационное сообщение) с информацией о своем положении и времени передачи сигнала, а также альманах.

Альманах является важным компонентом, поскольку предоставляет информацию о спутниках, их орбитальных параметрах и других важных данных. Он содержит предварительно вычисленные орбитальные параметры каждого спутника.

Один из распространенных форматов представления альманаха для GPS-спутников – это формат YUMA (Yuma Ephemeris) [1]. В формате YUMA каждый альманах содержит данные о конкретном спутнике (рисунок), такие как идентификационный номер спутника (Satellite PRN), статус спутника (Health), эксцентриситет орбиты (Eccentricity), опорное время привязки данных альманаха (Time of Applicability), угол наклона орбиты спутника (Orbital Inclination), скорость изменения прямого восхождения (Rate of Right Ascension), корень квадратный из большой полуоси орбиты спутника (Square Root of the Semi-Major Axis), долгота восходящего узла орбитальной плоскости (Right Ascension at Week), аргумент перигея (Argument of Perigee), средняя аномалия (Mean Anomaly) и параметры коррекции шкалы времени (Af0, Af1).

***** Week 157 almanac for PRN-01 *****	
ID:	01
Health:	000
Eccentricity:	0.01174020767
Time of Applicability(s):	589824.0000
Orbital Inclination(rad):	0.9877841583
Rate of Right Ascen(r/s):	-0.000000007428880871
SQRT(A) (m ^{1/2}):	5153.631348
Right Ascen at Week(rad):	-2.915309515
Argument of Perigee(rad):	0.892307561
Mean Anom(rad):	0.9751927077
Af0(s):	0.0003833770752
Af1(s/s):	-0.7275957614E-011
Week:	157

Рисунок – Формат YUMA с данными GPS спутника № 1

Кроме формата YUMA, существуют и другие форматы представления альманаха, такие как формат RINEX (Receiver Independent Exchange Format) [2], SEM Almanac [3] и другие. Каждый из этих форматов имеет свои особенности и спецификации, но общая цель – предоставить данные о спутниках GPS для использования в НАП и вычисления точного местоположения.

В данном исследовании для чтения и анализа данных альманаха спутников GPS используется формат YUMA. Этот формат предоставляет удобную структуру для извлечения необходимых параметров и проведения анализа их влияния на точность навигации.

Для оценки влияния изменения значений параметров альманаха на точность местоопределения используется модель (часть программного комплекса), представленная в работе [4]. В данной модели было учтено влияние различных факторов, включая гравитационные силы, атмосферные эффекты, вращение Земли и другие факторы, которые могут привести к изменениям орбитальных элементов и других параметров спутников GPS.

Для достижения цели моделирования изменения параметров альманаха осуществлялось с учетом сценария GPS-Spoofing [5], с существенным искажением от их истинных значений. Это позволило создать более наглядное представление и получить практические результаты оценки влияния таких изменений на точность навигационного решения.

Общий подход заключается в чтении данных альманаха, вычислении параметров орбиты и времени для спутников, моделировании изменений параметров с внесением ошибок, а также расчете и сравнении истинной и искаженной псевдодальностей.

Входными данными являются: текстовый файл альманаха спутников с данными в формате YUMA; данные о начале отсчета (время, истинные координаты приемника).

Выходные данные: координаты спутника в прямоугольной (x, y, z) и географической системах координат (φ, λ, h); истинная дальность от НАП до спутника (D_{ist}); дальности от НАП до спутника с учетом изменений параметров альманаха (D_{izm}); разность между истинной и искаженной дальностью (ΔD).

Изменения параметров альманаха оказывают прямое влияние на координаты спутника и, следовательно, на расчет дальности до НАП. В качестве показателя оценки используется разность между истинной и искаженной дальностью, позволяющая проанализировать влияние этих изменений на точность навигации.

В рамках данного исследования было проведено по три эксперимента для каждого из параметров альманаха. В каждом эксперименте изменялось значение одного из параметров в определенных пределах. Затем измерялась разность между истинной и искаженной дальностью от НАП до спутника.

Исследование показало, что изменение данных параметров может существенно влиять на измерение дальности от спутника до НАП, и как следствие, на точность определения координат НАП. Полученные результаты подтверждают необходимость учета и анализа параметров альманаха для достижения высокой точности навигации в системе GPS. Глубокое понимание влияния этих параметров позволяет разработать более точные модели и методы для определения местоположения и обеспечения эффективной навигации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Definition of a Yuma Almanac [Electronic resource]. – Mode access: <https://celestrak.org/GPS/almanac/Yuma/definition.php>. – Date of access: 09.06.2023.
2. RINEX [Электронный ресурс] : Википедия. Свободная энциклопедия. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/RINEX>. – Дата доступа: 09.06.2023.
3. Definition of a SEM Almanac [Electronic resource]. – Mode access: <https://celestrak.org/GPS/almanac/SEM/definition.php>. – Date of access: 09.06.2023.
4. Нечаев, В. В. Оценка точности определения координат навигационной аппаратуры потребителей различными алгоритмами позиционирования / В. В. Нечаев, В. В. Медведев, В. А. Малкин // Вестник Воен. акад. Респ. Беларусь. – Минск, 2023. – № 2 (79). – С. 76–85.
5. Нечаев, В. В. Способы обнаружения и защиты от имитирующих помех в спутниковых радионавигационных системах / В. В. Нечаев, В. А. Малкин // Вестник Воен. акад. Респ. Беларусь. – Минск, 2022. – № 2 (75). – С. 73–81.

УДК 621.396.96

А.Г. Боровой¹, В.В. Ковалевич², К.В. Пожога²¹Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»²Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

АКТУАЛЬНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОВЫСОТОМЕРА МАЛЫХ ВЫСОТ РАЗЛИЧНЫХ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ

Анализ локальных войн и вооруженных конфликтов последних лет показывает возрастание интенсивности применения крылатых ракет, мин и снарядов с радиовзрывателями, а также беспилотных авиационных комплексов и армейской авиации, обеспечивающие эффективное выполнение задач по уничтожению сил и средств противоборствующей стороны. Данные образцы вооружения объединяет общая черта – постоянное наличие излучения радиовысотомера малых высот дающего возможность осуществлять полет на малых и предельно малых высотах, позволяющий им быть практически невидимым средствами РТР и неуязвимыми средствами ПВО противника, в общем, их можно называть ИРИ.

Радиовысотомеры измеряют истинную высоту полета, то есть высоту самолета над реальным рельефом земной поверхности. Их точность практически не зависит от атмосферных условий. По этой причине радиовысотомеры активно применяются, особенно при полете на малых и предельно малых высотах. Измерение малых высот с помощью импульсных сигналов затруднительно из-за невозможности отсчета малого времени запаздывания (меньшего, чем длительность импульсов), поэтому для измерения малых высот применяются радиовысотомеры с непрерывным излучением с линейной частотной модуляцией (ЛЧМ).

Электромагнитное излучение ИРИ является одним из основных демаскирующих признаков военных объектов противника. Обнаружение излучений ИРИ на большом удалении, позволяет принять своевременные меры по огневому поражению или радиоэлектронному подавлению вскрытых объектов противника. При этом особую актуальность имеет задача пеленгования и определения местоположения ИРИ.

Источником информации является система обнаружения излучения ИРИ, созданного по методике, описанной в работе [1], а потребителем информации могут выступать средства огневого поражения.

Информация, полученная от обнаружителя, может быть использована путем постановки помех в данном угловом направлении или для предупреждения своих войск об атаке с некоторого азимута.

Постановка помех в измеренном угловом направлении приводит к тому, что РВ МВ становится, подавлен и полет с огибанием рельефа местности затрудняется. Для обеспечения сохранности ИРИ подымается на безопасную для него высоту, где становится легкой мишенью для средств огневого поражения.

В случае предупреждения своих войск об атаке с некоторого направления позволяет перевести личный состав в готовность № 1 и развернуть средства огневого поражения в сторону атаки и своевременно отработать по цели.

Чтобы снизить эффективность применения низколетящих ИРИ, необходим обнаружитель, способный выделять их сигналы на дальности, с которой возможно эффективное радиоэлектронное подавление или функциональное поражение ИРИ. Для этого предлагается использовать пассивный приемник, способный принимать сигналы, поступающие от РВМВ обнаруживать их, а также измерять угловое направление прихода сигнала.

Для выбора характеристик обнаружения прием сигнал, принимаемый на входе приемной антенны как нефлюктуирующий по амплитуде с равновероятной начальной фазой. Такое допущение возникло вследствие рассмотрения типовой геометрии обнаружения источника радиоизлучения (РВ МВ), представленной на рисунке 1.

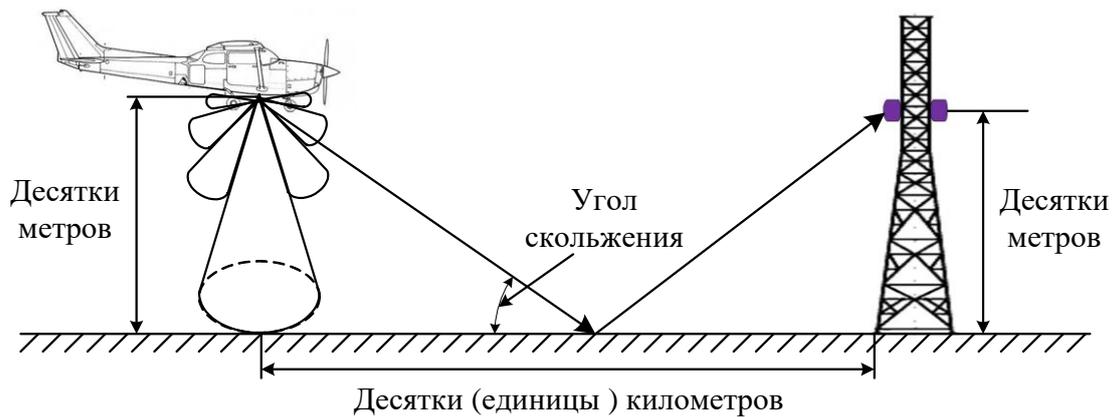


Рисунок 1 – Геометрия обнаружения излучения РВМВ

Один из основных параметров, влияющий на уровень внутренних шумов приемника, является полоса пропускания приемной системы (Δf), которая рассчитывается исходя из крутизны ЛЧМ сигнала (γ) [1]:

$$\Delta f = 0,75\sqrt{\gamma} = 0,75\sqrt{\frac{\Delta F_M}{T_o}} = 75 \text{ кГц} \rightarrow 48,75 \text{ дБ / Гц}, \quad (1)$$

где ΔF_M – девиация частоты ЛЧМ-сигнала; T_o – период ЛЧМ-сигнала; \rightarrow – переход к логарифмической шкале.

Мощность шума приемника ($P_{ш}$) устройства обнаружения, приведенная к входу, при заданной ширине полосы пропускания определяется в соответствии со следующим выражением:

$$P_{ш} = k_B k_{ш} T \Delta f \rightarrow -228 + 4 + 25 + 48,75 = -150,25 \text{ дБ / Вт}, \quad (2)$$

где $k_B = 1,38 \cdot 10^{-23}$ [Дж / К] – постоянная Больцмана; $k_{ш}$ – коэффициент шума приемника (принимается равным 4 дБ); $T = 290$ К – температура.

Приведем пример обнаружения ЛЧМ сигнала с девиацией частоты, равной 50 МГц, и периодом модуляции, равным 5 мс. В соответствии с выражением (3) полоса пропускания приемной системы для таких характеристик должна быть равна 75 кГц [2].

$$W \approx \sqrt{2\Delta f_M T_o}. \quad (3)$$

Рассчитанная полоса пропускания фильтра позволяет получить увеличению отношения сигнал / шум на выходе фильтра на величину от 26,5 до 33 дБ. Снижение чувствительности системы (L), связанное с неправильным выбором полосы пропускания, незначительно и может до 3 дБ. Эти потери связаны с изменением полосы приемного тракта по сравнению с рассчитанной в соответствии с выражением (2).

Найдем потенциальную дальность обнаружения ЛЧМ сигналов РВ МВ исходя из его мощности передатчика ($P_{РВ}$), коэффициентов усиления антенной системы РВ ($G_{РВ}$) и обнаружителя ($G_{ПРМ}$), длины волны РВ (λ), а также мощности внутренних шумов обнаружителя ($P_{ш}$) и требуемого отношения сигнал шум по мощности (q) для обнаружения с требуемыми характеристиками [2].

$$D = \sqrt{\frac{P_{РВ} W G_{РВ} G_{ПРМ} \lambda^2}{(4\pi)^2 q L P_{ш}}}. \quad (4)$$

По результатам расчета с помощью выражения (4) потенциальную дальность обнаружения ЛЧМ сигналов РВ МВ составляет от 110 до 355 км. Однако стоит учитывать, что характеристики ЛЧМ-сигнала изменяются не только в зависимости от модели РВ МВ, а и от высоты полета ЛА. Для определения реальной дальности обнаружения следует учесть дальность прямой видимости, за пределами которой ИРИ скрыта от обнаружителя линией горизонта.

Дальность прямой видимости ($D_{пв}$) в километрах для заданных в метрах высоты расположения антенной системы обнаружителя ($H_{обн}$) и высоты полета ИРИ ($h_{ИРИ}$) определяется по эмпирической формуле [3]

$$D_{пв} = 4,12 \left(\sqrt{h_{ИРИ}} + \sqrt{H_{обн}} \right). \quad (5)$$

Результаты расчета дальности прямой видимости можно представить в виде графиков (рисунок 2) при некоторой фиксированной высоте приемной антенны обнаружителя.

Анализ рисунка 2 показывает, что при полете ИРИ на предельно малой высоте равной 50 м при установке антенны высоту даже 1 м обеспечивается дальность обнаружения равная 33 км, что более чем достаточно для принятия своевременных мер.

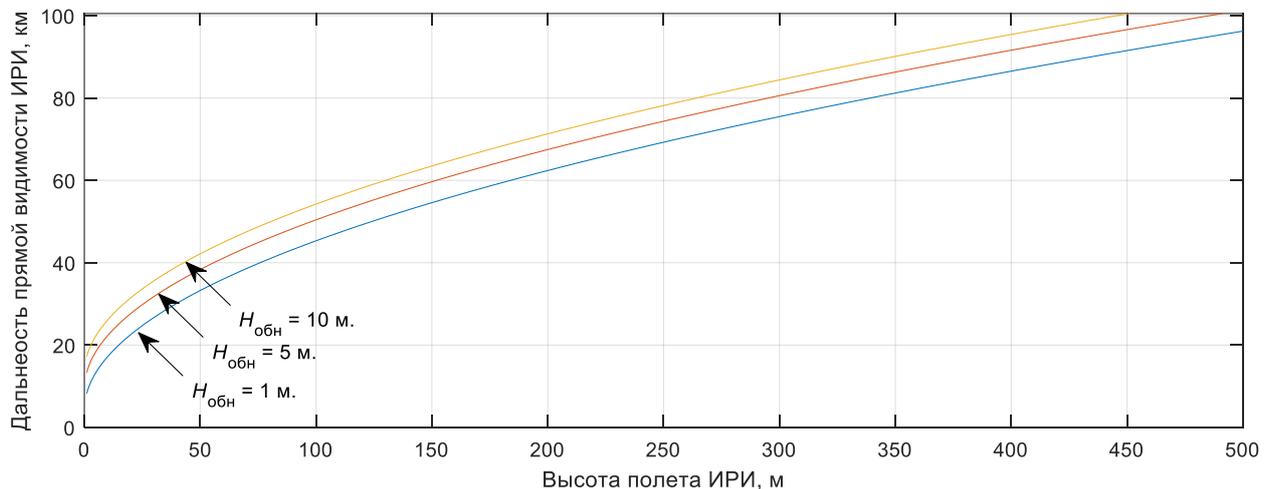


Рисунок 2 – График зависимости дальности прямой видимости от высоты полета ИРИ при фиксированных значениях высота приемной антенны

Таким образом, в целях обеспечения эффективных мер защиты, заключающихся в огневом поражении или радиоэлектронном подавлении ИРИ, их обнаружение по излучению радиоэлектронных средств должно осуществляться на удалении, позволяющем своевременно реализовать эти меры защиты.

Аналогичный подход должен применяться и для прикрытия наземных объектов от управляемых и неуправляемых боеприпасов, оснащаемых радиовзрывателями, обеспечивающими повышение эффективности поражения живой силы, радиоэлектронного вооружения, легкобронированной техники в результате воздушных разрывов. Раннее обнаружение и формирование помех позволяет обеспечить преждевременное срабатывание радиовзрывателей на безопасном удалении от прикрываемых объектов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ковалевич, В. В. Методика расчета структуры и параметров квазиоптимального обнаружителя ЛЧМ-сигналов / В. В. Ковалевич, Д. А. Рахоцкий, А. М. Гатальский // Вестн. Воен. Акад. Респ. Беларусь. – 2023. – № 5. – С. 25–30.

2. Ковалевич, В. В. Энергетические соотношения при квазиоптимальной обработке ЛЧМ-сигналов / В. В. Ковалевич, Д. А. Рахоцкий, В. С. Иванюк // Вестн. Воен. Акад. Респ. Беларусь. – 2023. – № 1. – С. 48–56.

3. Справочник офицера Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны / под ред. И. П. Азаренка (отв. Ред.) [и др.]. – Минск : командование ВВС и войск ПВО, 2009. – 511 с.

УДК 621.3:629.7

Е.Д. Полетаева, В.С. Скрипко

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ РАДИОНАВИГАЦИИ В АВИАЦИИ

Радионавигация является неотъемлемой частью авиации, обеспечивая точное определение местоположения и ориентацию воздушных судов. С помощью радионавигационных систем пилоты могут планировать оптимальные маршруты, избегать опасных областей и предупреждать о возможных препятствиях на пути. Важной функцией радионавигации является определение координат и скорости воздушного судна [1]. Это позволяет контролировать его движение и точно рассчитывать время прибытия. Благодаря этому пилоты могут эффективно планировать свои полеты, учитывая различные факторы, включая погоду и трафик в воздухе. Также важной функцией радионавигации является предупреждение о препятствиях на маршруте. Специальные системы детектируют опасности, такие как горы, здания или другие воздушные суда, и предоставляют пилоту информацию для принятия правильных решений и избежания аварийных ситуаций. Радионавигация также обеспечивает связь с аэродромом и диспетчером, что является важным аспектом безопасности полетов. Пилоты могут получать инструкции и информацию о текущих условиях, а также предоставлять свои отчеты о полете.

Принципы работы радионавигации основаны на использовании радиосигналов, которые передаются и принимаются различными устройствами на борту самолета. А точнее, работа радионавигационных систем основана на триангуляции и использовании спутниковых сигналов. Принципиально важными являются системы Глобальной позиционной системы (GPS), Глобальной системы спутниковой радионавигации (GLONASS) и Бейдоу. Они состоят из созвездий спутников, которые охватывают все поверхность Земли и передают сигналы на приемники. Когда объект, оснащенный радионавигационным приемником, находится в зоне обзора спутников и принимает радиосигналы, приемник обрабатывает эти сигналы и определяет расстояние до каждого видимого спутника. Используя принцип триангуляции, приемник определяет свое местоположение путем пересечения сфер, центры которых находятся в каждом из спутников. Параллельно с этим, радионавигационные системы могут быть связаны с базовыми станциями или наземными пунктами контроля, которые осуществляют калибровку и коррекцию сигналов спутников для достижения еще большей точности. Принимаемые сигналы также могут использоваться для вычисления высоты и скорости объекта.

Среди различных видов радионавигационных систем, особое внимание заслуживают система VOR/DME (VHF Omnidirectional Range/Distance Measuring Equipment), система ILS (Instrument Landing System) и система GPS. Система VOR/DME является одной из самых распространенных радионавигационных систем. Она позволяет пилотам определять направление и дистанцию до выбранной станции на земле с использованием радиоориентирования. Система VOR/DME также предоставляет информацию о скорости и наблюдении за курсом. Благодаря этому пилоты могут точно следовать заданным маршрутам и успешно выполнять маневры в воздухе. Другой важной системой радионавигации является система ILS (Instrument Landing System), которая используется для точной посадки самолета на приборах

в сложных метеоусловиях или ночное время суток. ILS состоит из нескольких компонентов, включая локатор, глиссаду и основной приемник. Локатор передает сигналы, которые помогают пилоту находить правильное направление к полосе посадки. Глиссада определяет наклонную траекторию спуска, а основной приемник предоставляет дополнительные данные о позиции и расстоянии до полосы. Она состоит из трех основных компонентов: системы горизонтальной направленности (localizer), системы вертикальной направленности (glideslope) и системы сигналов маркера (marker beacon). Совместно эти компоненты обеспечивают пилотам точное направление по глиссаде и курсу на пути к посадочной полосе. Система GPS, сокращение от Global Positioning System, является одним из важнейших достижений в области радионавигации. Она основана на использовании спутников для определения точной географической позиции. Пилоты, оборудованные GPS-приемниками, получают сигналы со спутников и используют их для определения своего местоположения в режиме реального времени. Система GPS обеспечивает высокую степень точности и позволяет пилотам управлять полетом с высоким уровнем надежности. Кроме вышеперечисленных систем существует еще ряд других радионавигационных систем, которые также играют не менее важную роль в авиации. Можно отметить такие системы как: NDB (Non-Directional Beacon), систему ADF (Automatic Direction Finder), систему MLS (Microwave Landing System) и множество других технологических разработок [2].

Развитие радионавигации является областью технологического прогресса, которая значительно повышает точность и надежность воздушной навигации. С каждым годом появляются новые инновационные подходы к обеспечению высокой точности и стабильности радионавигационных систем, что значительно усиливает безопасность полетов и повышает эффективность работы воздушных судов. Ключевым достижением радионавигации, как мы знаем, является (GPS). С помощью нее пилоты смогли значительно улучшить контроль над рейсом, а автоматические системы управления самолетами стали более надежными и точными. Однако вместе с непрерывным развитием технологий, появляются и новые вызовы, и проблемы.

Первая из них – это проблема соперничества различных систем позиционирования. Встроенные в самолеты GPS-системы и традиционные радионавигационные приборы, такие как инерциальные системы навигации, должны быть совместимыми и согласованными. Это значительно усложняет процесс внедрения новых технологий, требующий обновления существующего оборудования и переобучения пилотов.

Еще одной проблемой является уязвимость радионавигационных систем к воздействию внешних факторов. Воздействие внешних факторов на радионавигационные системы может иметь различные последствия, начиная от искажения сигнала и потери точности определения местоположения, и заканчивая полной нерабочей способностью системы. Это может создать серьезные проблемы не только для отдельных пользователей, но и для целых отраслей и даже государственных структур, которые полагаются на эти системы для обеспечения безопасности и эффективности своей работы.

Одним из наиболее распространенных факторов, способных повлиять на работу радионавигационных систем, является электромагнитное излучение. Сильные электрические разряды, радиочастотные помехи и другие формы электромагнитного излучения могут привести к искажению или потере сигнала, в то время как радионавигационные системы зависят от стабильной передачи и приема сигнала для точного определения местоположения. Другим важным фактором является геофизическая активность, такая как солнечные вспышки и геомагнитные бури. Они могут вызывать сильные изменения в ионосфере Земли, что приводит к возможным искажениям сигнала и затрудняет работу радионавигационных систем. Кроме того, злоумышленники могут намеренно атаковать радионавигационные системы, используя различные методы, такие как подавление сигнала, подделка сигнала или даже вмешательство в систему передачи данных. Это может привести к серьезным последствиям, включая неправильное определение местоположения и возможные аварии или катастрофы. Для исправления этой проблемы необходимо принять меры на нескольких уровнях. Первое – разработчики радионавигационных систем должны улучшить их защиту

от внешних воздействий. Это может включать в себя разработку более устойчивых антенн и приемников, использование современных технологий шифрования и контроля за авторизацией доступа к системам. Второе – государства и отраслевые организации должны сотрудничать для разработки и внедрения строгих правил и стандартов безопасности, которые бы гарантировали защиту радионавигационных систем от возможных атак или вмешательства. И наконец, пользователи радионавигационных систем должны быть более бдительными и информированными об уязвимостях систем. Они должны принимать меры предосторожности, такие как использование дополнительных средств навигации или проверка работоспособности системы перед ее использованием в критических ситуациях.

Уязвимость радионавигационных систем к воздействию внешних факторов является серьезным вызовом, требующим комплексных решений на всех уровнях. Только совместными усилиями индустрии, государственных структур и пользователей можно обеспечить надежность и защиту этих систем, что, в свою очередь, обеспечит безопасность и эффективность нашей общей навигации. В целом, радионавигация в авиации играет огромную роль в обеспечении безопасности полетов и точности навигации. Умение пилотов работать с радионавигационными системами и правильно интерпретировать полученные данные крайне важно для успешного выполнения полета. С постоянным развитием и совершенствованием технических решений, радионавигация в авиации становится более точной, надежной и эффективной.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Аэронавигация / авт.-сост. Ю. Н. Сарайский, А. В. Липин, Ю. И. Либерман. – СПб. : Радионавигация в полете по маршруту, 2013. – 70 с. : ил.
2. Проблемы работы радионавигации в авиации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vko.ru/koncepcii/problemy-blizhney-navigacii-2>. – Дата доступа: 25.10.2023.

УДК 621.314.12

А.А. Русак, Н.В. Ситников, Д.Н. Козел

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ИМПУЛЬСНОГО ПОВЫШАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы модернизация и исследование виртуальной модели импульсного повышающего преобразователя постоянного тока при работе на активную нагрузку.

Для выполнения поставленной задачи в работе осуществлены следующие этапы: обоснована актуальность работы, описана область применения для проектирования и производства импульсных повышающих преобразователей постоянного тока; разработана модернизированная виртуальная модель объекта исследования; выполнен компаративный анализ разработанной виртуальной модели, исследованы ее характеристики.

Объектом исследования является виртуальная модель импульсного повышающего преобразователя постоянного напряжения. Предметом – характеристики модели импульсного повышающего преобразователя постоянного напряжения при работе на активную нагрузку.

Использованные в работе методы исследования: метод функционального анализа, методы математического и динамического моделирования.

Для нормального функционирования отдельных групп потребителей, требующих для своей работы параметры электрической энергии, отличные от тех, которые выдают основные (первичные) источники, находящиеся на борту воздушного судна, напряжение самолетных генераторов должно преобразовываться независимо от режима полета воздушного судна, а

также величины и характера электрической нагрузки. Поэтому все авиационные блоки питания работают в совокупности с импульсными преобразователями, обеспечивающими нормализацию напряжения на высоком уровне. Их качеством и надежностью нельзя пренебрегать, так как от их бесперебойной работы зависит исправность воздушного судна и безопасность полетов.

В качестве исходного варианта принята схема импульсного повышающего преобразователя постоянного тока, взятого из учебного интернет-ресурса.

Модернизация исходной схемы была выполнена посредством внедрения автоматической подсистемы, вычисляющей мощности на нагрузке, источнике питания и рассчитывающей коэффициент полезного действия (КПД), напряжение и ток на нагрузке. Для отслеживания поведения электрических параметров транзистора и диода, в процессе исследования, в имитационной модели предусмотрены осциллографы. Внешний вид готовой модели представлен на рисунке.

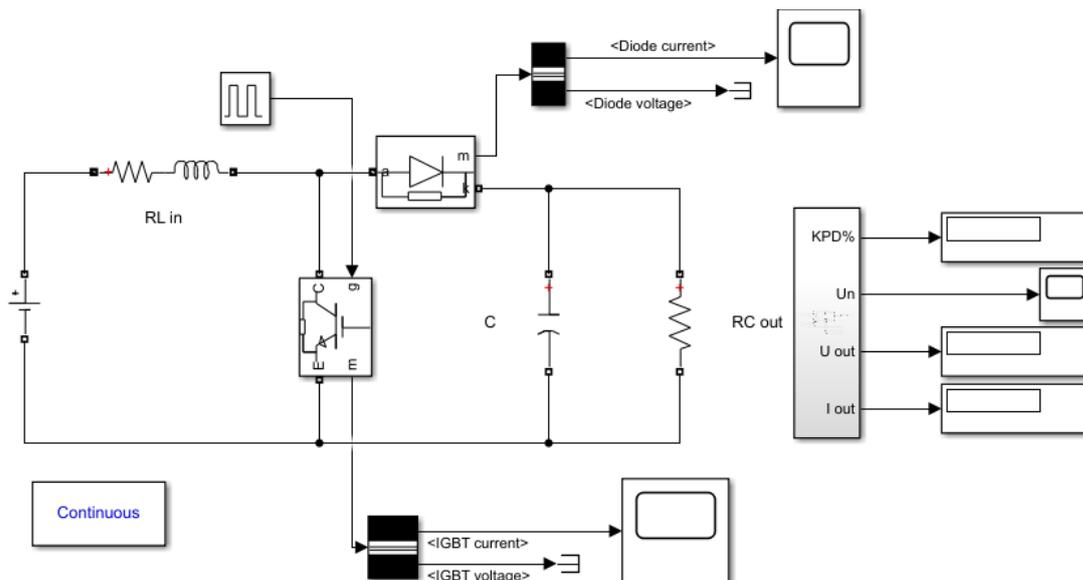


Рисунок – Имитационная модель повышающего преобразователя

В модели преобразователя также предусмотрена индикация показаний тока и напряжения. В схему входят:

- источник питания постоянного тока, для питания схемы;
- генератор импульсов, для выдачи высокочастотных сигналов, управляющих транзистором;
- ключевой транзистор, осуществляющий закрытие и открытие цепи питания дросселя;
- дроссель, накапливающий энергию магнитного поля;
- сглаживающий емкостной фильтр, уменьшающий пульсации напряжения на выходе схемы;
- активное сопротивление, для замыкания цепи тока и создания нагрузки.

В качестве начальных параметров модели были приняты следующие значения: частота переключения $f = 400$ Гц, первоначальный коэффициент заполнения был выбран $\gamma = 50\%$, напряжение питания $U_{пит} = 12$ В, индуктивность дросселя $L = 0,05$ Гн, емкость выходного фильтра $C = 0,003$ Ф, сопротивление нагрузки $R = 5$ Ом, характеристики транзистора и диода задаются программой по умолчанию. Изменяя величины напряжения на входе, сопротивления нагрузки, коэффициента заполнения, индуктивности дросселя были сделаны следующие выводы:

- при увеличении сопротивления нагрузки модели напряжение на выходе схемы незначительно увеличивается, ток нагрузки пропорционально уменьшается;
- КПД падает с увеличением тока нагрузки;

– при увеличении коэффициента заполнения напряжение на нагрузке растет до определенного момента, а после достижения критического значения коэффициента заполнения – падает. Так же после прохождения значения критического коэффициента заполнения КПД резко падает, что делает эксплуатацию преобразователя в этом режиме нецелесообразной;

– с уменьшением питающего напряжения напряжение и ток на нагрузке уменьшаются.

При уменьшении напряжения на входе КПД тоже уменьшается;

– увеличивая значение индуктивности дросселя, при прочих остальных параметрах, величины тока и напряжения на нагрузке не меняются, КПД уменьшается.

Сравнительный анализ показал, что все закономерности поведения параметров имитационной модели и настоящих преобразователей совпадают, также во всех случаях изменения параметров модель имеет высокий КПД.

Модернизированная виртуальная модель адаптирована к исследованию в актуальных версиях среды Matlab – Simulink: R2020b, для дальнейшего проектирования и производства импульсных повышающих преобразователей постоянного напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гладкий, Д. А. Синтез fuzzy – регулятора для системы управления углом атаки осесимметричного летательного аппарата / Д. А. Гладкий, А. Г. Капустин (науч. рук) / Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества: материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию отечественной гражданской авиации, Московский государственный университет гражданской авиации, 18–19 мая 2023 г. – М., 2023. – С. 75–82.

2. Лурье, М. С. Имитационное моделирование схем преобразовательной техники : для студентов всех форм обучения / М. С. Лурье, О. М. Лурье. – Красноярск : СибГТУ, 2007. – 138 с.

3. Герман-Галкин, С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab – Simulink : учебник / С. Г. Герман-Галкин. – СПб. : Лань, 2021. – 448 с. : ил.

УДК 378.046.4

Е.В. Савич, В.А. Красковский, В.И. Майчук

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

РОЛЬ ИНТЕРАКТИВНОЙ МОДЕЛИ БОРТОВОГО МЕТЕОНАВИГАЦИОННОГО РАДИОЛОКАТОРА В ОБУЧЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА

Бортовые метеонавигационные радиолокаторы являются неотъемлемой частью современной авиации и позволяют осуществлять точную навигацию и обнаружение препятствий в условиях сложных метеорологических условий. Бортовые метеонавигационные радиолокаторы способны определять метеобстановку в необходимых диапазонах расстояний и углов от воздушного судна, а именно:

- обнаружение зон опасной турбулентности;
- сигнализация об опасных метеобразованиях;
- отслеживание перемещений метеобразований и ориентиров;
- формирование и отображение на индикаторе радиолокационной карты местности [1, 2].

Разработка интерактивного плаката бортового метеонавигационного радиолокатора представляет собой актуальную задачу, позволяющая упростить процесс обучения летного и инженерно-технического состава за счет наглядности и легкости использования интерактивного плаката в условиях учреждения образования.

Целью работы является разработка интерактивного плаката и модели бортового метеонавигационного радиолокатора.

Для достижения поставленной цели необходимо выполнить **задачи**:

- сравнительный анализ современных бортовых метеонавигационных радиолокаторов;
- изучение принципов, методов и программного обеспечения для разработки интерактивного плаката;
- проектирование и разработка интерактивного плаката с использованием современных технологий.

Объектом разработки является бортовой метеонавигационный радиолокатор.

Предметом разработки является интерактивный плакат и модель бортового метеонавигационного радиолокатора.

Процесс работы бортового метеонавигационного радиолокатора условно делится на три этапа [3]:

1. Формирование и излучение радиосигнала.
2. Отражение радиосигнала от радиолокационных объектов.
3. Прием отраженного радиосигнала и его обработка.

В бортовых метеонавигационных радиолокаторах используется фазированная антенная решетка, которая позволяет изменять диаграмму направленности электронным способом. Сделано это в виду ограниченного пространства на воздушном судне и большей скорости изменения диаграммы направленности [4].

На основании расчета задержки по времени между излученным и принятым сигналом определяется расстояние до радиолокационных объектов (рисунок 1).

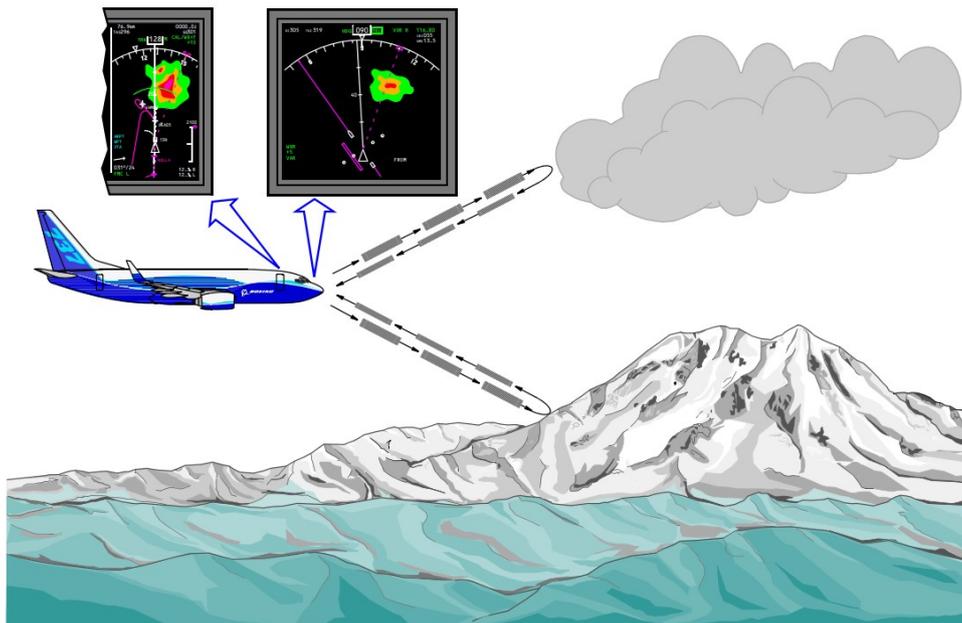


Рисунок 1 – Принцип работы бортового метеонавигационного радиолокатора и система индикации

Требования к разрабатываемой модели:

- Масштабируемость – модель должна иметь модули, которые будут позволять расширять и дополнять разрабатываемую модель.
- Функциональность – модель должна выполнять поставленные задачи.
- Простота исполнения – один из важнейших показателей, поскольку, снижая время на разработку можно добиться существенного увеличения скорости внедрения разрабатываемой модели.
- Понятность интерфейса – разрабатываемая модель должна легко и быстро восприниматься пользователями, что позволит увеличить эффективность ее использования [5].

Разработка интерактивного плаката бортового метеонавигационного радиолокатора была произведена с помощью выбранного языка программирования – Python. Для удобства и увеличения скорости написания кода была использована среда PyCharm – это кроссплатформенная интегрированная среда разработки для языка программирования Python, разработанная компанией JetBrains на основе IntelliJ IDEA. Предоставляет пользователю комплекс средств для написания кода и визуальный отладчик. Были использованы библиотеки: PyQt5, QtCore, QtGui, QtWidgets, Система управления пакетами pip.

При нажатии на любой блок, схему внутри блока срабатывает анимация нажатия, а также в терминале исходной программы выводится описание, краткий принцип работы, назначение блока или схемы внутри блока (рисунок 2).

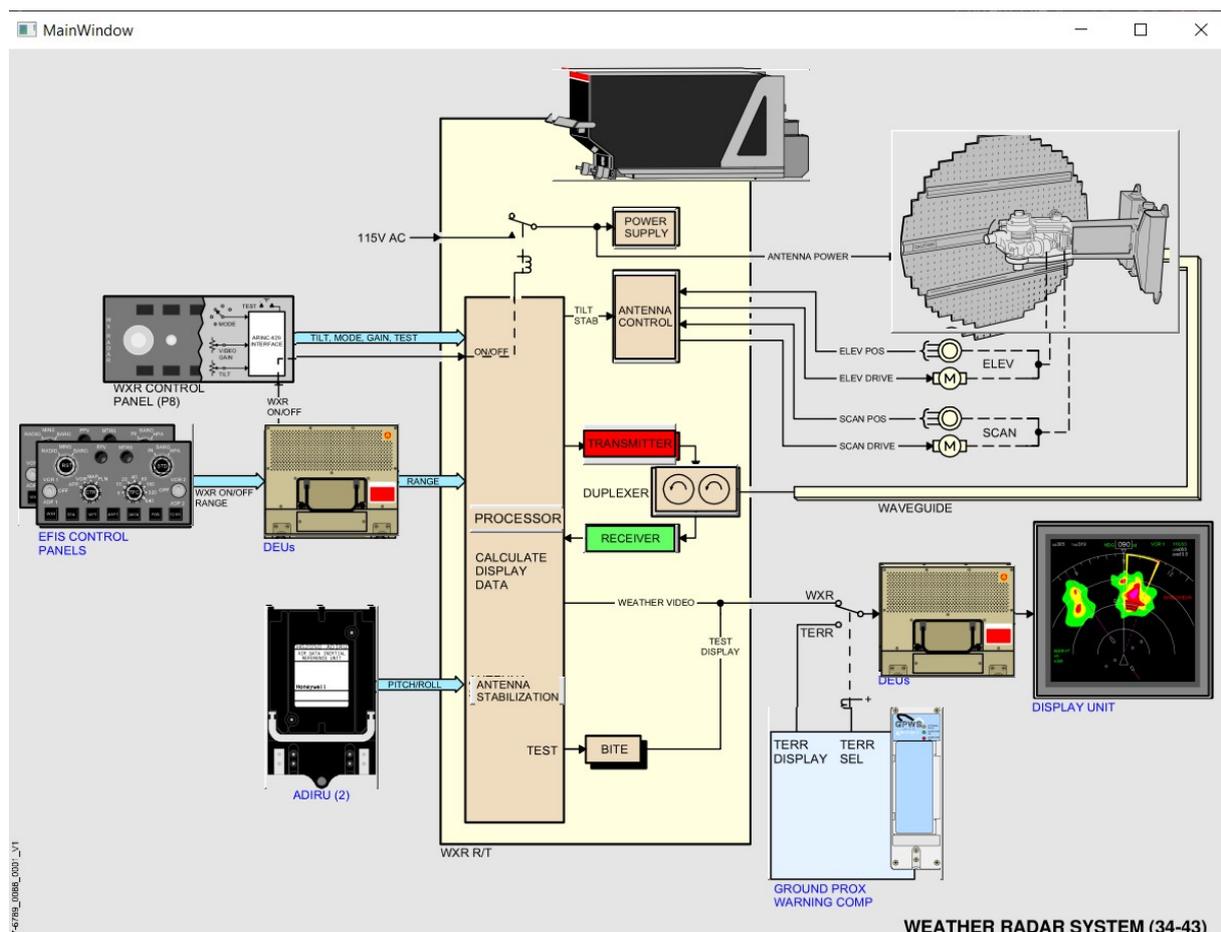


Рисунок 2 – Интерактивный плакат бортового метеонавигационного радиолокатора

Результатом разработки является рабочая модель интерактивного плаката бортового метеонавигационного радиолокатора RDR 2100, используемая на самолетах Boeing 737 NG, которая может использоваться для упрощения обучения инженерного и летного состава воздушного судна. В дальнейшем планируется проектирование рабочей модели-симулятора бортового метеонавигационного радиолокатора.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Теоретические основы радиолокации / под ред. Я. Д. Ширмана. – М. : Сов. Радио, 1970. – 560 с.
2. Ламанов, А. И. Введение в теорию радиолокации : учеб. пособие / А. И. Ламанов, С. И. Нефедов, Г. П. Слукин. – М. : Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2015. – 150 с.

3. Авиационные радиолокационные комплексы и системы : учебник для слушателей и курсантов вузов ВВС / под ред. П. И. Дудника. – М. : Изд. ВВИА им. Проф. Н. Е. Жуковского, 2006. – 1112 с.

4. Сосулин, Ю. Г. Теоретические основы радиолокации и радионавигации : учеб. пособие для вузов / Ю. Г. Сосулин. – М. : Радио и связь, 1992. – 304 с.

5. Свейгарт, Э. Л. Большая книга проектов Python : учеб. пособие / Э. Л. Свейгарт. – СПб. : Питер, 2022. – 432 с.

УДК 621.396

А.Н. Лысый, А.В. Шарамет

ОАО «КБ Радар» – управляющая компания холдинга «Системы радиолокации»

КОМПЕНСАЦИЯ НЕИДЕНТИЧНОСТЕЙ КАНАЛОВ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА ОСНОВЕ БЕСФАЗОВЫХ МЕТОДОВ

Антенные решетки (АР) ввиду очевидных преимуществ [1, 2] находят все более широкое применение в современных радиотехнических средствах. При этом для обеспечения идентичности каналов в процессе функционирования АР производится определение их характеристик для дальнейшего использования в алгоритмах диаграммообразования. Такую процедуру называют калибровкой решетки. При калибровке как правило оцениваются значения комплексных коэффициентов передачи каналов с целью их дальнейшего «выравнивания». Необходимо заметить, что в случае АР с малым числом элементов (не превышающих 25–30) калибровка важна для сохранения формы и параметров ДН [3], в то время как для многоэлементных решеток в виду большей степени усреднения калибровка устраняет эффект снижения энергетического потенциала из-за разброса параметров характеристик каналов [4]. В целом, сохранение требуемых характеристик диаграммы направленности (ДН) – главная задача калибровки для большинства АР.

Разработано большое количество методов калибровки АР, отличающихся местом ее проведения, используемой зоной излучения АР [5], задействованной аппаратурой и другими признаками [6, 7]. При этом особый интерес вызывает разделение методов по признаку, основанному на наличии или отсутствии синхронизации между источником калибровочного сигнала и измерительным прибором. В соответствии с этим признаком методы калибровки разделяются на фазовые и бесфазовые. Фазовые методы предполагают использование сложной фазометрической аппаратуры (например, векторных анализаторов цепей) и используются преимущественно в лабораторных условиях, поэтому большую популярность приобрели бесфазовые методы калибровки. Принципиальная особенность таких методов – отсутствие канала передачи опорной фазы, информация о фазовых характеристиках каналов извлекается из значений мощностей (амплитуд) сигналов в каналах.

Одним из широко применяемых на практике бесфазовых методов калибровки АР является метод, названный МТЕ (Measurement of Two Elements). Метод МТЕ предполагает поочередную калибровку каналов, когда в качестве опорного используется один канал АР, все остальные последовательно калибруются по нему [7]. При этом состояние фазовращателя опорного канала фиксируется, а фазовращатель калибруемого канала последовательно переключается во все возможные состояния (на рисунке 1 таких состояний 8), и производится измерение мощности суммарного сигнала. В процессе переключения фазовращателя вектор сигнала калибруемого канала (E_{cal}) последовательно изменяясь по фазе на величину $\Delta\alpha$, совершает полный оборот вокруг вектора сигнала опорного канала (E_{bas}), а вектор суммарного сигнала ($E = E_{bas} + E_{cal}$) описывает окружность (рисунок 1). Значение модуля суммарного сигнала изменяется по гармоническому закону.

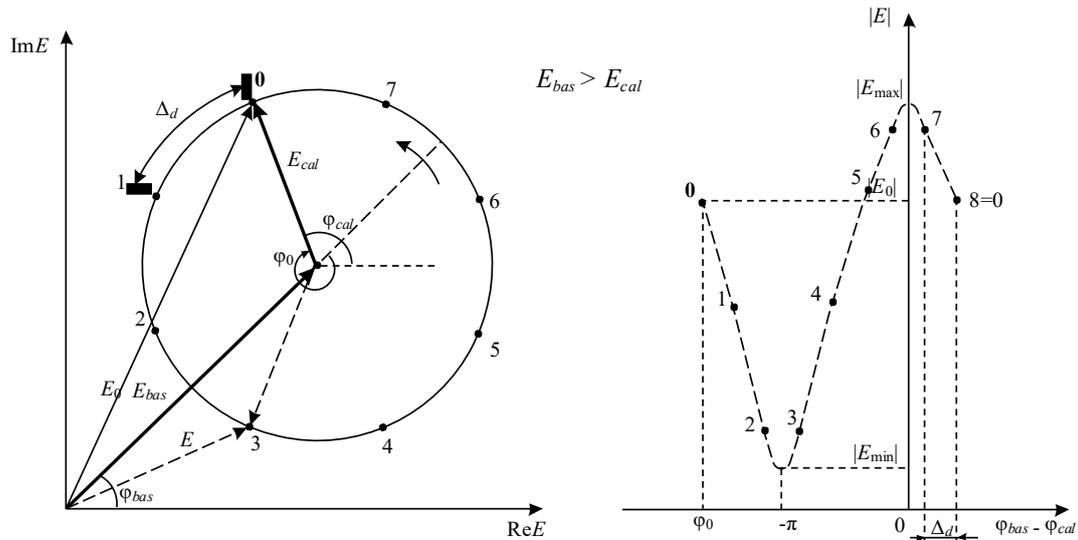


Рисунок 1 – Пояснение принципа калибровки каналов по методу МТЕ

На рисунке 2 представлен закон изменения модуля суммарного сигнала по результатам моделирования для различного числа состояний фазовращателя (различной разрядности) калибруемого канала (L). При увеличении числа состояний фазовращателя кривая зависимости становится менее изломанной и стремится к синусоиде. Угол доворота фазы, соответствующий максимальному значению и будет определять фазовый набег, обусловленный неидентичностью каналов решетки.

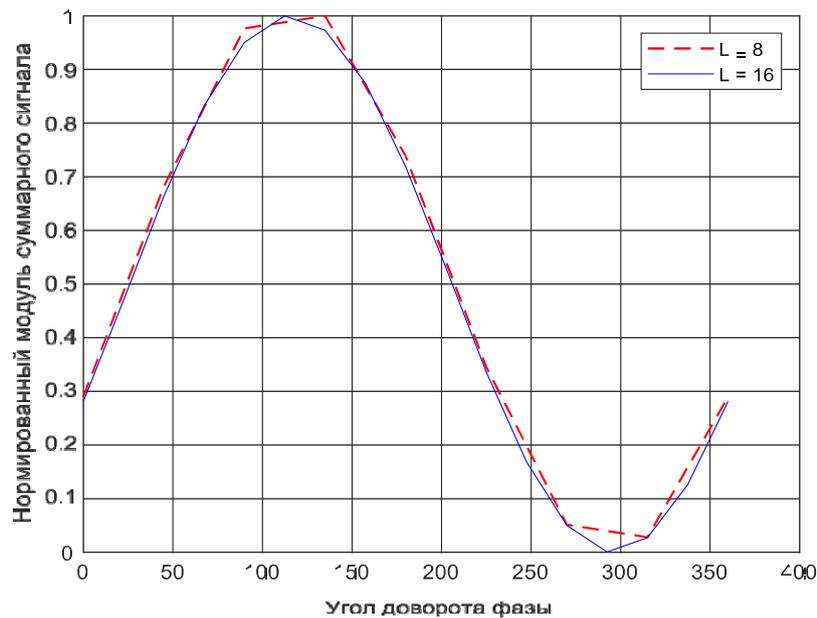


Рисунок 2 – Изменение модуля суммарного сигнала в зависимости от числа состояний фазовращателя

Таким образом, значение фазы и амплитуды в калибруемом канале относительно фазы и амплитуды опорного канала полностью определяются мощностями, измеренными при различных состояниях фазовращателя. Поочередные измерения каналов позволяют выровнять комплексные коэффициенты передачи каналов решетки, осуществив, таким образом ее калибровку.

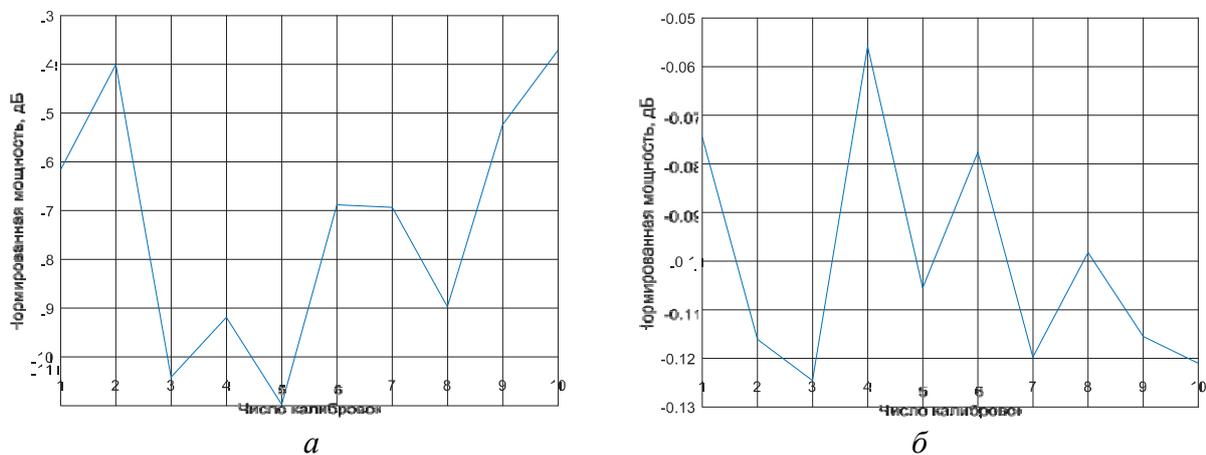
Метод МТЕ может быть существенно упрощен, в случае, когда выравниваются только фазовые характеристики каналов ФАР. При этом также производится измерение мощности,

формируется набор из полученных L измерений. В сформированном наборе определяется максимальное значение и соответствующее ему состояние фазовращателя. Поскольку максимальное значение мощности будет иметь место в случае, когда разность фаз векторов E_{bas} и E_{cal} минимальна, то текущее состояние фазовращателя может быть использовано в дальнейшем для доворота (компенсации) фазового набега в данном калибруемом канале.

Методика компенсации фазовых неидентичностей, основанная на использовании метода МТЕ может быть представлена в следующем виде:

1. Выбор опорного (первого) канала, определение его начальной фазы (φ_{bas});
2. Последовательное переключение фазовращателя второго канала в сторону увеличения фазы, измерение суммарной (с опорным каналом) мощности P_l , ($l = 0 \dots (L - 1)$) для каждого состояния, перебор всех L состояний фазовращателя;
3. Выбор измерения с максимальным значением суммарной мощности для данной пары каналов, определение соответствующего этому измерению состояния фазовращателя второго канала ($\Delta\varphi_2 = l\Delta_d$);
4. Доворот фазы второго канала на величину $\Delta\varphi_2$;
5. Повтор пунктов 2–4 для всех оставшихся $N-2$ каналов АР;
6. Представление полученных значений доворота фаз в виде вектора калибровочных поправок $[\varphi_{bas}, \Delta\varphi_2, \Delta\varphi_3, \dots, \Delta\varphi_N]^T$ элементов АР.

Адекватность предложенной методики подтверждалась моделированием на примере калибровки линейной эквидистантной 16-элементной АР. Результатом калибровки явился вектор значений фаз – калибровочных поправок для каждого из 15 каналов (1-й канал опорный, для него поправка не вводится). На рисунке 3 представлена суммарная мощность АР, нормированная относительно максимально возможной до калибровки и после калибровки для 10 процедур калибровки. Максимально возможная мощность рассчитывалась исходя из того, что фазовые искажения в каналах отсутствуют, все сигналы складываются в фазе.



а – до калибровки; б – после калибровки

Рисунок 3 – Суммарная мощность АР

Приведенные графики показывают, что в отсутствие калибровки потери мощности суммарного сигнала АР составляют от 3 до 11 дБ, в то время как в откалиброванной решетке потери не превышают 0,13 дБ, что представляет собой приемлемый результат.

В целом, полученные при моделировании результаты подтверждают адекватность предложенной методики компенсации фазовых неидентичностей каналов при калибровке линейной эквидистантной АР.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Устройства СВЧ и антенны. Проектирование фазированных антенных решеток : учеб. пособие для вузов / под общ. ред. Д. И. Воскресенского. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М. : Радиотехника, 2012. – 744 с.
2. Справочник по радиолокации : в 2 кн. / под ред. М. И. Сколника ; пер. с англ. под общ. ред. В. С. Вербы. – М. : Техносфера, 2015. – 672 с.
3. Компенсация фазовых искажений в многоугольной антенной решетке / С. М. Костромицкий [и др.] // Наука и военная безопасность. – 2015. – № 2. – С. 38–43.
4. Шифрин, Я. С. Вопросы статистической теории антенн / Я. С. Шифрин. – М. : Советское радио, 1970. – 384 с.
5. Методы измерения характеристик антенн СВЧ / под ред. Н. М. Цейтлина. – М. : Радио и связь, 1985. – 368 с.
6. Активные фазированные антенные решетки. / под ред. Д. И. Воскресенского, А. И. Канащенкова. – М. : Радиотехника, 2004. – 488 с.
7. Коротецкий, Е. В. Калибровка фазированных антенных решеток на открытых полигонах : дис. ... канд. тех. наук / Е. В. Коротецкий. – М. : ПАО «Радиофизика», 2023. – 76 л.

УДК 621.314.12

Н.В. Ситников, А.А. Русак, Д.Н. Козел

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ИМПУЛЬСНОГО ПОНИЖАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Цель работы заключается в модернизации и исследовании виртуальной модели импульсного понижающего преобразователя постоянного тока при работе на активную нагрузку.

Для выполнения поставленной задачи в работе осуществлены следующие этапы: обоснована актуальность работы, описана область применения для проектирования и производства импульсных понижающих преобразователей постоянного тока; разработана модернизированная виртуальная модель объекта исследования; выполнен компаративный анализ разработанной виртуальной модели, исследованы ее характеристики.

Объектом исследования является виртуальная модель импульсного понижающего преобразователя постоянного напряжения. Предметом – характеристики модели импульсного понижающего преобразователя постоянного напряжения при работе на активную нагрузку.

Использованные в работе методы исследования: метод функционального анализа, методы математического и динамического моделирования.

Вопрос качества питающего напряжения на борту воздушных судов является немаловажным аспектом в процессе проектирования и создания современных летательных аппаратов. Для обеспечения нормальной работы потребителей на борту, разработке преобразователей напряжения уделяется особое внимание. Класс импульсных преобразователей, нашел широкое применение в современных источниках питания радиоэлектронной аппаратуры, он достаточно многообразен и хорошо изучен. Импульсные преобразователи обладают малыми потерями и высоким коэффициентом полезного действия (КПД), достигающим 85–95 %.

Исходной моделью для исследования был выбран импульсный понижающий преобразователь постоянного тока, взятый из учебного интернет-ресурса.

Полученная модель модернизирована путем внедрения автоматической подсистемы расчета КПД, выходных значений напряжения и тока. Представлена возможность визуального

наблюдения за электрическими параметрами с помощью осциллографов. Внешний вид имитационной модели представлен на рисунке.

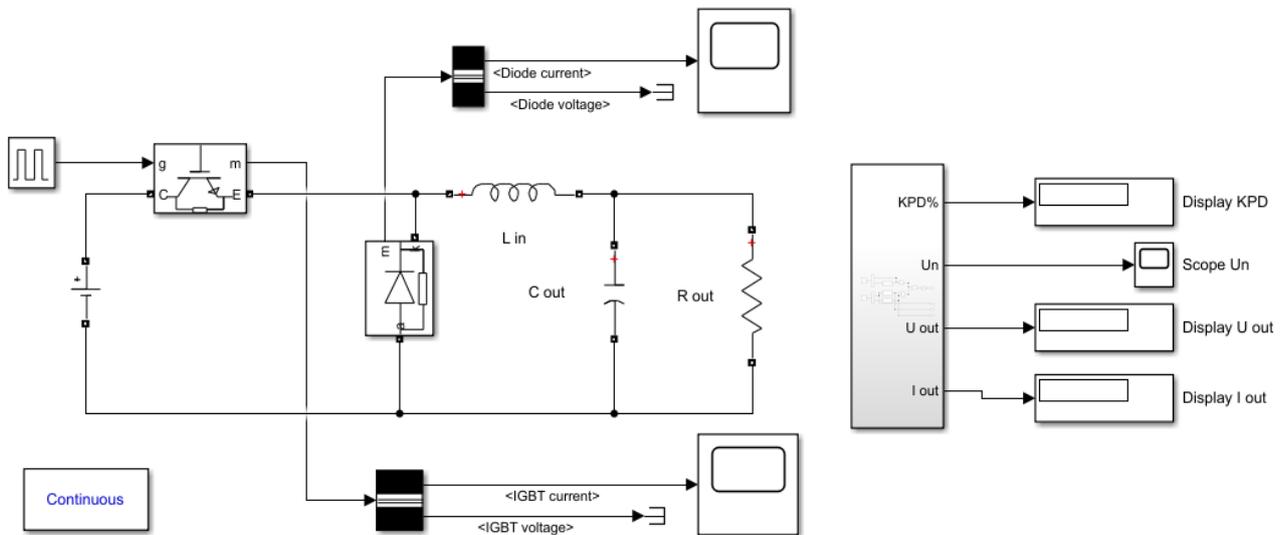


Рисунок – Модель импульсного понижающего преобразователя

Для наблюдения за осциллограммами электрических параметров диода, транзистора и напряжения на нагрузке в схеме предусмотрены три осциллографа. Внедрены дисплеи для отображения выходных величин токов и напряжений. Сама схема понижающего преобразователя состоит из следующих элементов:

- источник питания постоянного тока;
- силовой ключ, осуществляющий высокочастотную коммутацию тока, его роль выполняет силовой транзистор;
- генератор импульсов, отвечающий за открытие и закрытие транзистора;
- диод, для разрядки катушки индуктивности;
- низкочастотный сглаживающий фильтр L, C , для накопления и сглаживания энергии;
- резистор, для создания нагрузки на выходе преобразователя.

В начальных условиях для имитационной модели были заданы следующие величины: частота переключения $f = 400$ Гц, первоначальный коэффициент заполнения был выбран $\gamma = 50$ %, напряжение питания $U_{\text{пит}} = 12$ В, индуктивность фильтра $L = 0,01$ Гн, емкость выходного фильтра $C = 0,005$ Ф, сопротивление нагрузки $R = 8$ Ом, характеристики транзистора и диода задаются программой по умолчанию.

В ходе исследования понижающего преобразователя были установлены следующие закономерности поведения модели:

- напряжение на нагрузке прямо пропорционально КПД преобразователя и обратно пропорционально току нагрузки;
- при увеличении тока нагрузки КПД преобразователя уменьшается;
- при уменьшении прикладываемого на вход напряжения напряжение и ток на нагрузке прямо пропорционально уменьшается и КПД в этом случае значительно уменьшается;
- увеличение коэффициента заполнения от 40 % до 95 % разница отношения напряжений на входе и выходе уменьшается. В этом случае КПД падает, а ток нагрузки увеличивается;
- увеличивая значение индуктивности фильтра, при прочих одинаковых параметрах, напряжение нагрузки остается неизменным, ток нагрузки практически не меняется. КПД в этом случае значительно уменьшается, что приводит к нецелесообразности эксплуатации преобразователя.

Компаративный анализ показал, что обновленная модель понижающего преобразователя полностью выполняет свои задачи. Выходные параметры предсказуемы и стабильны. В закономерностях поведения четко прослеживается соответствие с реальными преобразователями.

Модернизированная виртуальная модель адаптирована к исследованию в актуальных версиях среды Matlab – Simulink: R2020b, для дальнейшего проектирования и производства импульсных повышающих преобразователей постоянного напряжения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гладкий, Д. А. Синтез fuzzy – регулятора для системы управления углом атаки осесимметричного летательного аппарата / Д. А. Гладкий, А. Г. Капустин (науч. рук) / Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества : материалы международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию отечественной гражданской авиации, Московский государственный университет гражданской авиации, 18–19 мая 2023 г. – М., 2023. – С. 75–82.

2. Лурье, М. С. Имитационное моделирование схем преобразовательной техники : для студентов всех форм обучения / М. С. Лурье, О. М. Лурье. – Красноярск : СибГТУ, 2007. – 138 с.

3. Герман-Галкин, С. Г. Виртуальные лаборатории полупроводниковых систем в среде Matlab – Simulink : учебник / С. Г. Герман-Галкин. – СПб. : Лань, 2021. – 448 с. : ил.

УДК 621.396.98

Т.А. Тищенко, А.С. Маликов

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИНЕРЦИАЛЬНО-РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА

Повышение надежности и достоверности навигационной информации является достаточно актуальной в современных условиях. В этой связи возникает необходимость поиска как можно большего числа источников информации. Одним из таких вариантов является разностно-дальномерная система (РСДН) «Чайка» наземного базирования [1].

Достоинствами РСДН «Чайка» являются большая дальность действия (до нескольких тысяч километров от наземных станций), неограниченная пропускная способность, отсутствие на борту летательного аппарата (ЛА) передающего устройства, отсутствие ограничений по высоте для ВС, использующих околоземное пространство [2]. Вместе с тем одним из основных недостатков РСДН «Чайка» является относительно невысокая точность определения координат объекта (максимальная ошибка определения местоположения – 100...1000 м).

Для повышения точности РСДН целесообразно осуществлять ее комплексирование с инерциальной навигационной системой (ИНС) ЛА. (Преимуществом ИНС перед другими навигационными системами заключается в их полной независимости от внешних источников данных, повышенной защите от помех, высокой информативности и возможности передавать информацию на большой скорости. Отсутствием какого-либо излучения при работе ИНС обеспечивается скрытность объекта, на котором она используется. Недостатком ИНС можно назвать ошибки, которые накапливаются с течением времени в получаемой от приборов информации. Это могут быть как методические ошибки, так и ошибки, связанные с неверной начальной настройкой оборудования). Такой подход является достаточно эффективным ввиду различной физической природы данных измерителей (ошибки радиотехнических и нерадитехнических измерителей обладают статистическими

характеристиками, сильно отличающимися друг от друга, что во многом определяет выигрыш от комплексирования) и как следствие возможности применения алгоритмов комплексирования навигационных измерителей на основе взаимной компенсации их ошибок [3]. Обобщенная структурная схема инерциально-разностно-дальномерной навигационной системы подвижного объекта представлена на рисунке.

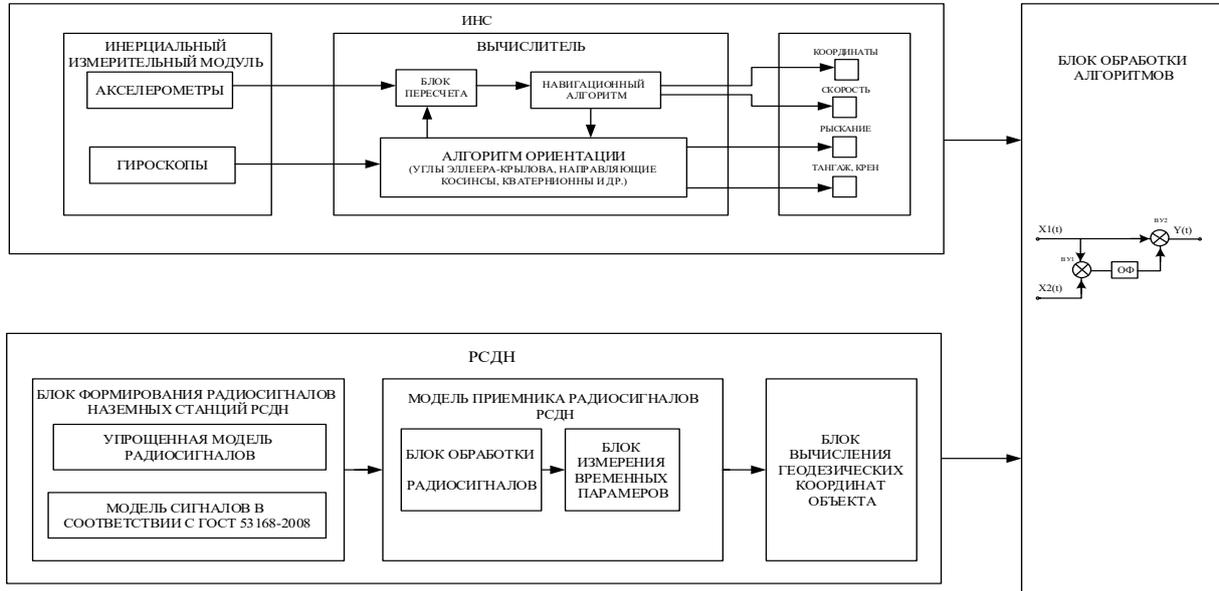


Рисунок – Структурная схема инерциально-разностно-дальномерной навигационной системы подвижного объекта

Задачи, которые может решать комплексирование разностно-дальномерной системы (РСДН) «Чайка» с ИНС ЛА, следующие: повышение точности определения навигационных параметров методами статистической фильтрации; повышение надежности измерений за счет обмена информацией и сравнения показаний отдельных навигационных датчиков; обеспечение непрерывности поступления точной навигационной информации во времени [4]. Комплексная измерительная система всегда обладает качествами, превосходящими качество каждого входящего в нее датчика информации.

Таким образом, совместная обработка сигналов от двух приборов позволяет, во-первых, повысить точность проводимых измерений, во-вторых, сигнализировать о неисправной работе одного из датчиков, что может быть использовано для повышения надежности комплексной системы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ярлыков, М. С. Статистическая теория радионавигации / М. С. Ярлыков. – М. : Радио и связь, 1985. – 344 с.
2. Бортовая аппаратура А-711, А-720 и А-713 М радиотехнических систем дальнейшей навигации / под. ред. Н. А. Сазонова. – Тамбов : ТВВАИУ им. Ф. Э. Держинского, 1988. – 243 с.
3. Бабич, О. А. Обработка информации в навигационных комплексах / О. А. Бабич. – М. : Машиностроение, 1991. – 512 с.
4. Вовасов, В. Е. Комплексирование радиотехнических систем управления с другими информационными датчиками / В. Е. Вовасов, С. А. Герко. – М. : Горячая линия – Телеком, 2021. – 242 с.

УДК 621.396.96

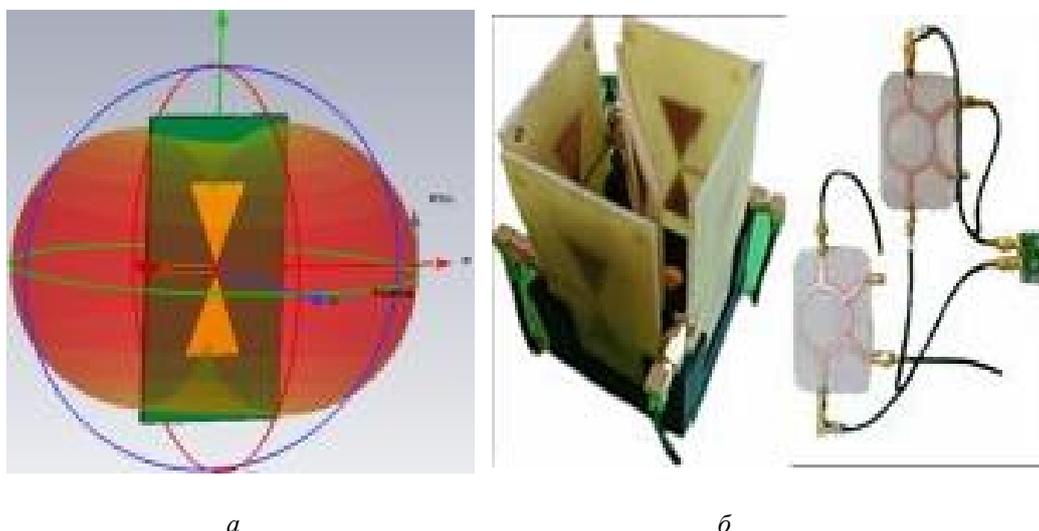
А.Л. Трофименков, П.В. Бойкачев, М.И. Полещук

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»***ПРИМЕНЕНИЕ КОММУТАТОРА АНТЕНН В ДВУХКАНАЛЬНОМ ФАЗОВОМ РАДИОПЕЛЕНГАТОРЕ**

Высокочастотное излучение средств радиосвязи БЛА является основным демаскирующим признаком для радиоэлектронной разведки. Но в то же время, возникает проблема измерения азимута на источник излучения одновременно с приемом сигналов по другим направлениям. Необходимость ведения постоянного мониторинга радиочастоты с разных азимутальных направлений требует наличия одного или нескольких приемных каналов. Но в то же время, средства радиотехнической и радиоэлектронной разведки, в свою очередь, должны обладать малогабаритностью, простой реализацией, невысокой стоимостью и достаточной точностью определения направления на источник радиоизлучения. Одним из таких средств разведки является двухканальный фазовый радиопеленгатор, который позволяет определить направление на источник радиоизлучения.

В данном радиопеленгаторе обработка сигналов реализована на основе двухканального приемопередатчика LimeSDR. Он является относительно дешевым и простым с точки зрения реализации. LimeSDR обладает встроенными аналого-цифровыми и цифро-аналоговыми преобразователями, работает в диапазоне частот 100 кГц – 3,8 ГГц.

В качестве антенного элемента используется биконическая антенна (рисунок 1, а). Антенная система состоит из двух ортогональных пеленгационных пар (ПП), ориентированных в направлениях «север-юг» и «восток-запад» (косинусоидная и синусоидная диаграмма направленности ПП) (рисунок 1, б). Вследствие ограниченного количества каналов обработки, реализован последовательный обзор пространства путем непрерывного вращения ДНА (электронное сканирование) в виде кардиоиды.



**Рисунок 1 – а – внешний вид одного АЭ (биконической антенны) и его ДНА;
б – внешний вид антенной системы**

Для вычитания сигналов двух ПП на высокой частоте используется пара кольцевых мостов, работающих в диапазоне частот 2,4–2,6 ГГц.

Применение двухканального приемопередатчика LimeSDR требует использование комбинаторного подключения к входному контуру приемника разностного напряжения ПП. Следовательно, сигнал центрального АЭ подается на вход первого канала приемопередатчика LimeSDR, используемый для решения задач обнаружения ИРИ и формирования результирующей

ДНА. Ко второму каналу через высокоскоростной коммутатор подключаются разностные сигналы ПП. Микроконтроллер по синхроимпульсам, поступающим с LimeSDR, управляет коммутатором (рисунок 2).

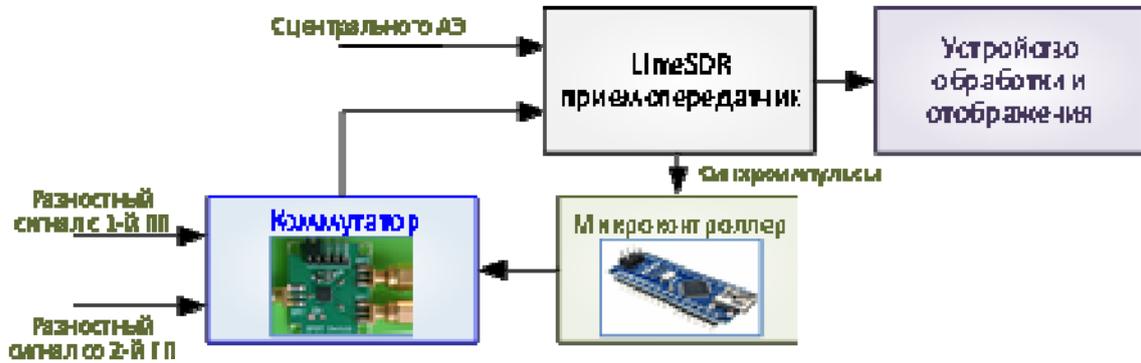


Рисунок 2 – Схема подключения коммутатора к антенной системе и приемопередатчику LimeSDR

В основе платы управления стоит микроконтроллер STM32F103VET6 в корпусе LQFP100. Работа кода программы подразумевает вывод тактового сигнала с заданной частотой на управляющие входы коммутатора и передачу информации о переключении коммутатора по UART на ЭВМ.

В двухканальном фазовом радиопеленгаторе в качестве коммутатора используется микросхема НМС349 (рисунок 3), которая имеет коэффициент передачи $-0,9$ дБ на частоте 1 ГГц при частотном диапазоне 0–4 ГГц. Частотные зависимости коэффициента передачи в выключенном состоянии для коммутатора НМС349 показаны на рисунке 4. Потери в этом случае велики и свидетельствуют о высокой степени изоляции отключаемых выводов.

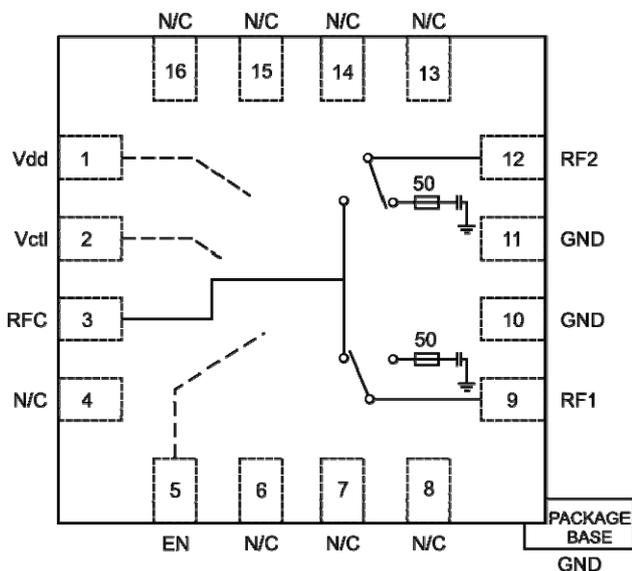


Рисунок 3 – Функциональная схема широкополосного коммутатора НМС349

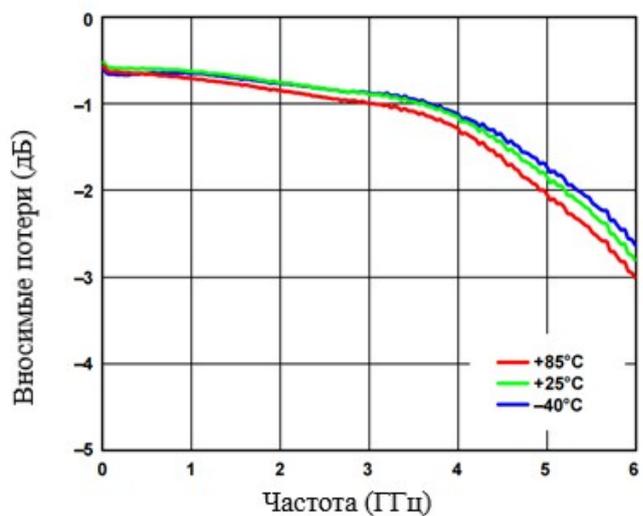


Рисунок 4 – Вносимые потери между портами RFC и RF1

В качестве коммутатора используется транзисторный переключатель НМС349AMS8G. Сверхминиатюрный размер микросхемы и очень малые паразитные реактивности позволяют расширить диапазон частот коммутируемых сигналов.

НМС349AMS8G – это универсальный, неотражающий однополюсный четырехтактный переключатель (SP4T) с частотой от 100 МГц до 4 ГГц, изготовленный с использованием

арсенида галлия (GaAs). Этот коммутатор обеспечивает высокую изоляцию (43 дБ, характерную для частоты 2 ГГц) и низкие вносимые потери (0,7 дБ при частоте 2 ГГц).

Для HMC349AMS8G требуется положительное напряжение питания, подаваемое на вывод VDD. Для минимизации радиочастотной связи на линиях питания используются блокировочные конденсаторы. HMC349AMS8G внутренне согласован на 50 Ом с RF common port (RFC) и RF throw-портах (RF1 и RF2), соответственно никаких внешних согласующих компонентов не требуется.

Все радиочастотные порты подключены к постоянному току. В радиочастотных портах используются конденсаторы блокировки постоянного тока. Их конструкция является двунаправленной – входной радиочастотный сигнал может подаваться на порт RFC, в то время как выходной – на порт RF1 или RF2, или наоборот.

В HMC349AMS8G встроен драйвер для выполнения внутренних логических функций и предоставления пользователю преимуществ упрощенного управления. Драйвер оснащен двумя контактами ввода цифрового управления – CTRL и EN. Когда логический вывод EN находится на низком уровне (low), путь RF1 к RFC находится в состоянии вносимых потерь, а путь RF2 к RFC находится в состоянии изоляции, или наоборот, в зависимости от логического уровня, применяемого к выводу CTRL. Тракт с вносимыми потерями (например, RF1-RFC) одинаково хорошо проводит радиочастотный сигнал в обоих направлениях – между портом передачи (например, RF1) и общим портом (RFC).

Изолирующий канал (например, RF2-RFC) обеспечивает высокие потери между каналом вносимых потерь и портом сброса (например, RF2), подключенным к внутреннему резистору 50 Ом. Когда вывод EN имеет логическое значение high, как путь RF1 к RFC, так и путь RF2 к RFC находятся в состоянии изоляции, независимо от логического состояния CTRL. Порты RF1 и RF2 подключаются к внутренним резисторам 50 Ом, и RFC становится открытым отражающим портом.

При выборе коммутатора руководствуются скоростью его переключения. Она определяется характеристиками сигналов каналов управления и видео малоразмерных БЛА. Несмотря на их разнообразие типов, моделей и производителей можно выделить следующие параметры сигналов: минимальная длительность сигнала канала управления БЛА $T_{0\text{кy}} = 500$ мкс; ширина спектра одиночного сигнала канала управления БЛА $\Delta f_{0\text{кy}} = (0,3 \dots 2)$ МГц; полоса сетки псевдослучайной перестройки частоты сигнала канала управления БЛА $\Delta F_{\text{кy}} = 80$ МГц; длительность видео сигнала, передаваемого с БЛА оператору $T_{0\text{в}} = (2 \dots 3)$ мс; ширина спектра видео сигнала, передаваемого с БЛА оператору $\Delta f_{0\text{в}} = 20$ МГц.

Кроме того, для уменьшения ошибок определения пеленга необходимо формировать не менее 5–7 оценок за один контакт с ИРИ.

Таким образом, задавшись наихудшими условиями формирования оценки направления на ИРИ (минимальными длительностью сигнала канала управления БЛА и количеством оценок пеленга) выработаны главные требования к коммутатору и разработана антенная система радиопеленгатора (см. рисунок 1, б) с характеристиками: частота переключения АЭ – 5 кГц; время приема сигнала одним АЭ – 50 мкс; цикл обзора (полный оборот ДНА в горизонтальной плоскости) – 200 мкс.

Выбранная частота переключения АЭ $\Omega_A = 5$ кГц, обеспечиваемая высокоскоростным коммутатором, позволяет формировать минимум 5–7 оценок пеленга за один контакт с ИРИ при наименьшей длительности сигнала БЛА ($T_{0\text{кy}} = 500$ мкс).

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаренко, С. И. Противодействие беспилотным летательным аппаратам : монография / С. И. Макаренко. – СПб. : Научное издание, 2020. – 380 с.
2. Рембовский, А. М. Автоматизированные системы радиоконтроля и их компоненты / А. М. Рембовский, А. В. Ашихмин, В. А. Козьмин ; под ред. А. М. Рембовского. – 2-е изд., испр. и доп. – М. : Горячая линия – Телеком, 2022. – 220 с.

УДК 629.7

С.А. Федукевич, А.С. Ткаченко

*Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»***РАСЧЕТ ИМИТИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ ПОСАДОЧНОЙ РАДИОМАЯЧНОЙ ГРУППЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСАДОЧНОГО РАДИОЛОКАТОРА**

Радиолокационные системы посадки (РСП) и радиомаячные системы (РМС) в радиотехническом обеспечении (РТО) полетов авиации являются весомым компонентом обеспечения безопасности полетов и эффективного применения авиационных комплексов различного назначения днем и ночью в визуальных и приборных метеоусловиях [1].

Основной задачей радиолокаторов РСП является обеспечение контроля и управления воздушным движением в районе аэродрома. В рамках этой задачи с помощью РСП решаются задачи обнаружения воздушных судов (ВС), измерения их координат и параметров движения, радиолокационного опознавания на командно-диспетчерских пунктах или командных пунктах.

Радиомаячные системы посадки предназначены для получения на борту ВС и выдачи экипажу и в бортовую систему автоматического управления ВС информации об угловом отклонении ВС от заданной траектории (ЗТ) захода на посадку и о дальности до расчетной точки приземления (о пролете характерных участков ЗТ) [2].

Информация РСП, в состав которой входит посадочный радиолокатор (ПРЛ), и радиомаячной системы посадки, использующей сигналы наземной посадочной радиомаячной группы (ПРМГ), в некотором смысле дублируют друг друга. Преимуществом РМС является непосредственное представление информации экипажу воздушного судна (ВС), в тоже время применение РМС по сравнению с посадочным радиолокатором РСП (ПРЛ), особенно для оперативных аэродромов (требования подстилающей поверхности, точной настройки и необходимости летной проверки ВС-лабораторией) можно отнести к значительным недостаткам.

Возможность представления информации, полученной от ПРЛ РСП, экипажу ВС существенно повышает информационные возможности системы радиотехнического обеспечения полетов авиации. Совместная работа систем РСП и РМС позволит повысить надежность информации о положении ВС относительно линии курса и глиссады. Применение информации от ПРЛ РСП для формирования сигналов, имитирующих сигналы ПРМГ и несущих информацию для бортовой аппаратуры РМС позволяет использовать ряд достоинств и компенсировать некоторые недостатки систем.

Радиомаяки ПРМГ дециметрового диапазона волн по своему принципу действия одинаковы и являются радиомаяками с «нулевой зоной». При этом с помощью антенной системы курсового радиомаяка (КРМ) формируются два пересекающихся лепестка диаграммы направленности, которые создают в горизонтальной плоскости равносигнальное направление (РСН), причем в правом лепестке по курсу посадки ВС колебания передатчика КРМ модулируются НЧ импульсным сигналом с частотой повторения $F_1 = 1300$ Гц, а в левом лепестке – с частотой повторения $F_2 = 2100$ Гц [2].

Для решения поставленной задачи необходимо сформировать имитирующие сигналы, аналогичные сигналам радиомаяков посадочной радиомаячной группы в соответствии с отклонением траектории ВС от плоскостей курса и глиссады. Для этого в первую очередь необходимо определить зависимость уровней сигналов модуляции 1300 Гц и 2100 Гц от отклонения ВС от линии захода на посадку. Такую зависимость можно ввести через коэффициент разнослышимости (КРС) – выраженного в процентах отношения разности напряжений первых гармоник частот модуляции 1300 Гц и 2100 Гц (U_1, U_2) к сумме этих напряжений:

$$K_{pc} = \frac{U_1 - U_2}{U_1 + U_2} \cdot 100\%, \quad (1)$$

где K_{pc} – коэффициент разнослышимости (КРС);

U_1 – напряжений первых гармоник частот модуляции 1300 Гц;

U_2 – напряжений первых гармоник частот модуляции 2100 Гц.

В свою очередь приращение КРС от нулевого значения определяется по формуле

$$K_{pc} = S\Delta\theta\%, \quad (2)$$

где S – крутизна характеристики КРМ (ГРМ);

$\Delta\theta$ – отклонение по курсу (глиссаде), вычисленное по измерениям РСП.

Таким образом, для расчета имитирующих сигналов ПРМГ необходимо определить отклонение ВС от курса и глиссады по результатам измерения ПРЛ – $\Delta\theta$ и с учетом линейности изменения КРС в пределах рабочих секторов курса (рисунок) или глиссады и известной ширины сектора курса (глиссады) в градусах, находится зависимость искомых уровней сигналов.

Зависимость U_1 из (1, 2) определяется по формуле

$$U_1 = \frac{U_2 \left(\frac{S\Delta\theta}{100} + 1 \right)}{1 - \frac{S\Delta\theta}{100}}. \quad (3)$$

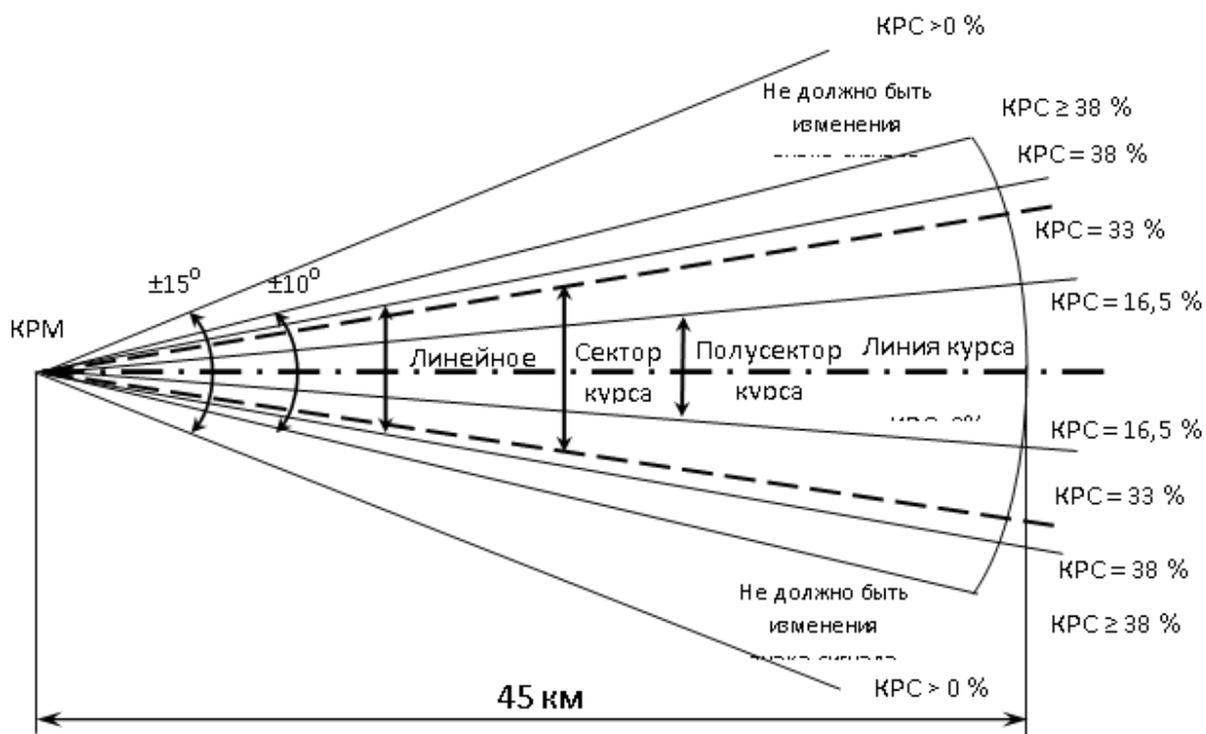


Рисунок – Зона действия курсового радиомаяка

При расчете угловых отклонениях ВС от курса и глиссады ($\Delta\theta$) для РСП необходимо учитывать размещение РСП в стороне от оси взлетно-посадочной полосы (ВПП). Результат отклонения пересчитывается к точке приземления ВС. Полученные значения применяем в (3) задавая уровень U_2 с учетом стороны полученного отклонения.

В результате представленных расчетов необходимо сформировать сигналы на частотах радиомаяков ПРМГ для бортовой аппаратуры РМС.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Иванюк, В. С. Радиотехнические системы обеспечения полетов авиации: особенности построения и функционирования, требования к параметрам и перспективы развития / В. С. Иванюк, А. П. Кульпанович, С. А. Федукевич. – Минск : ВА Респ. Беларусь, 2008. – 258 с.
2. Иванюк, В. С. Посадочная радиомаячная группа ПРМГ-5. Светотехническое оборудование систем посадки и навигации / В. С. Иванюк, А. С. Ткаченко. – Минск : ВА Респ. Беларусь, 2008. – 219 с.

УДК 369.2

Е.И. Токарь¹, В.А. Красковский², Э.Ж. Павлушкин²

¹РУП «Белаэронавигация»

²Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ВИРТУАЛИЗАЦИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ НАЗЕМНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Актуальность темы заключается в оптимизации расходов центра обработки данных с помощью виртуализации усовершенствованной системы контроля и управления наземным движением воздушных судов (A-SMGCS). Тем самым удается организовать более эффективное, централизованное управление вычислительными ресурсами и упростить администрирование оборудования, не нарушая при этом работоспособность самой системы.

Целью работы является упрощение процесса управления программным обеспечением (ПО) подсистем A-SMGCS с помощью виртуализации.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

- разработан интерфейс отображения наземной обстановки для подсистем A-SMGCS;
- произведена виртуализация ПО системы A-SMGCS.

Система A-SMGCS играет важную роль в современном управлении воздушным движением в зоне аэропорта. Осведомленность об окружающей обстановке системой управления имеет первостепенное значение для безопасного оказания услуг службой управления воздушным движением, а также для обеспечения информацией о воздушном движении невзирая на погодные условия.

Ключевая функция системы A-SMGCS заключается в отслеживании и идентификации воздушного судна (ВС), транспортных средств и буксиров. Функция наблюдения обеспечивает точную информацию о местонахождении и перемещении всех объектов, а также автоматически идентифицирует и присваивает обозначения всем объектам используя все имеющиеся источники информации. Источниками информации для A-SMGCS являются: РЛС ОЛП, первичные обзорные радиолокаторы, вторичные обзорные радиолокаторы, система автоматического зависимого наблюдения-вещания и система мультисенсорная [1].

A-SMGCS состоит из следующего оборудования и подсистем:

- радиолокатора обзора летного поля (РЛС ОЛП);
- подсистемы выделения радиолокационных данных и сопровождения (RETS – Radar Extractor and Tracker System);
- источника бесперебойного питания;
- аппаратного контейнера с системой обеспечения температурных режимов;
- дизель-генератора в отдельном контейнере для резервирования электропитания РЛС ОЛП;
- подсистемы объединения данных от нескольких источников (MSDF – Multi sensor Data Fusion);
- трех диспетчерских рабочих мест;

- подсистемы дистанционного управления и контроля (RCMS – Remote Control and Monitoring System);
- подсистемы технического управления и контроля состояния, включая средства конфигурирования системы и редактирования карт;
- подсистемы записи (REC – recorder) и воспроизведения (REP – reproduction).

Более простой синтаксис имеет язык программирования *Processing*. *Processing* – это язык программирования, основанный на *Java*. Возможности *Processing* расширяются с помощью библиотек, которые быстро устанавливаются, а также есть *Java*-библиотеки, документация для которых есть в интернете. Также дополнительным плюсом является кроссплатформенность и работа на всех востребованных ОС: *Linux*, *Windows* и *Mac OS X*, следовательно, для дальнейшей визуализации приложений ПО следует выбрать именно этот язык программирования.

Подсистема RETS обрабатывает локационную информацию, полученную от РЛС ОЛП с целью подготовки данных для дальнейшей обработки и отображения диспетчеру.

Для визуального представления человеко-машинного интерфейса (ЧМИ) подсистемы RETS, на котором изображено движение ВС, пожарной машины и буксира, был задействован язык программирования *Processing* (рисунок 1). Различные цвета и конфигурации идентификатора, символа трека, цвета трека, следа движения и так далее дают возможность диспетчеру однозначно распознать каждый объект.

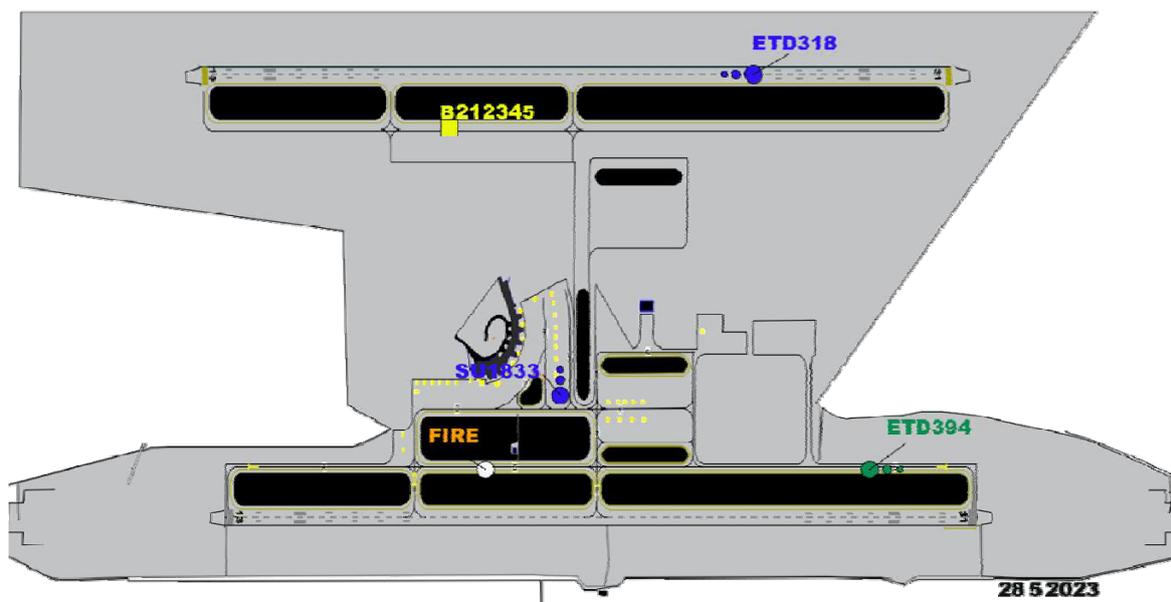


Рисунок 1 – Человеко-машинный интерфейс подсистемы выделения радиолокационных данных и сопровождения

Идентификатор трека ВС, обработанный с помощью подсистемы RETS, содержит только номер трека.

Подсистема MSDF обрабатывает все данные от источника, а также информацию о полетных планах для производства/формирования обозначенных/помеченных сопровождаемых трасс.

Для визуального представления информации о принципе действия MSDF также был задействован язык программирования *Processing* (рисунок 2).

Идентификатор трека ВС, обработанный с помощью подсистемы MSDF, содержит позывной, тип ВС, а также по необходимости метку о сигнале тревоги (ALARM), который уведомляет об опасном сближении.

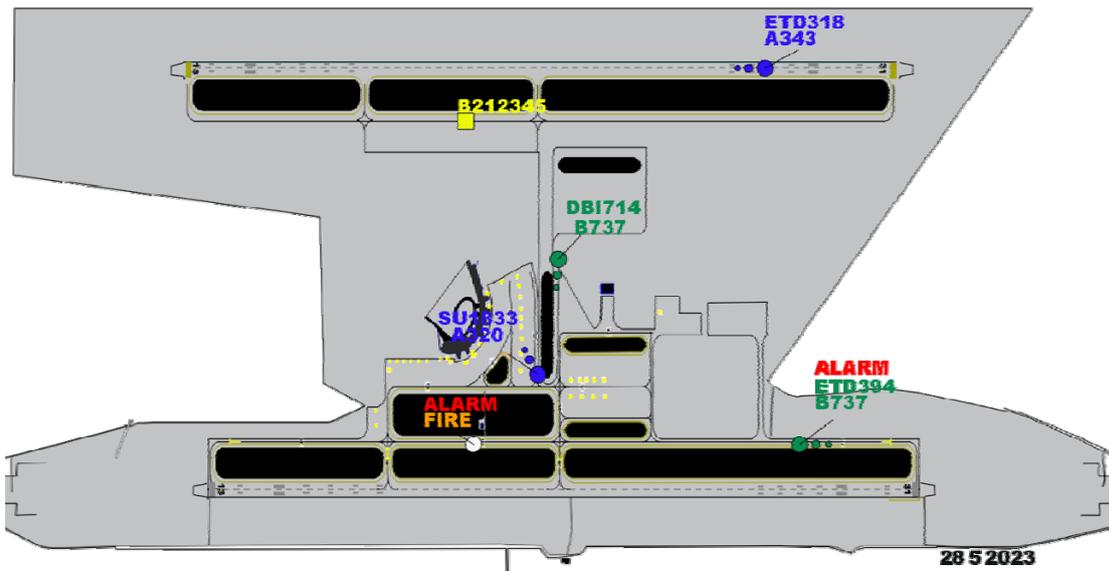


Рисунок 2 – Человеко-машинный интерфейс подсистемы объединения данных от нескольких источников

Подсистема RCMS представляет собой ЧМИ, который позволяет управлять и наблюдать за всей аппаратурой системы A-SMGCS (рисунок 3).

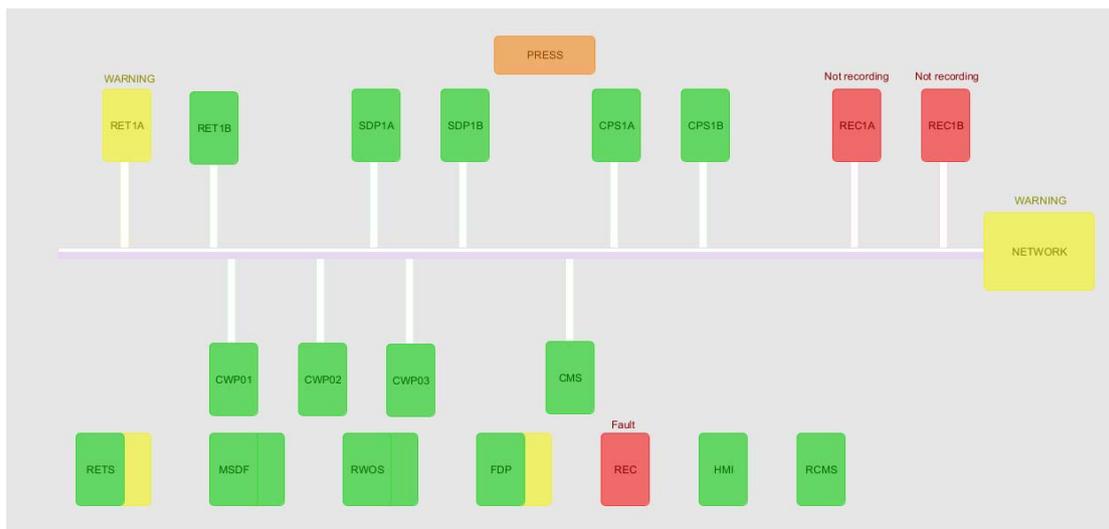


Рисунок 3 – Человеко-машинный интерфейс подсистемы дистанционного управления и контроля

При запуске ЧМИ RCMS, вторым окном появляются также окна «RET1A», «FDP», «NETWORK», в которых с помощью RCMS, выявлена неисправность или ошибка в работе. В дополнительных окнах необходимые кнопки запрограммированы для нажатия, чтобы выявить причину неисправности для ее дальнейшего устранения.

В основу разработки можно взять платформу для виртуализации *VMware Workstation Pro 15*.

Виртуальными машинами (ВМ) в работе будут являться:

- RETS;
- MSDF;
- RCMS.

Виртуализация уходит от управления железом и переходит к управлению с файлами. Сервер не предназначен для одновременного запуска нескольких операционных систем (ОС). Поэтому необходим так называемый посредник (гипервизор), который будет выглядеть для

физического сервера как одна ОС. Гипервизор занимается распределением ресурсов, то есть выдает гостевым (виртуальным) машинам процессорную мощность, оперативную память, ресурсы хранения и сетевые коммуникации из общего пула ресурсов. В совокупности гипервизор и физический сервер с установленной на нем ОС представляют собой виртуальный хост (рисунок 4).

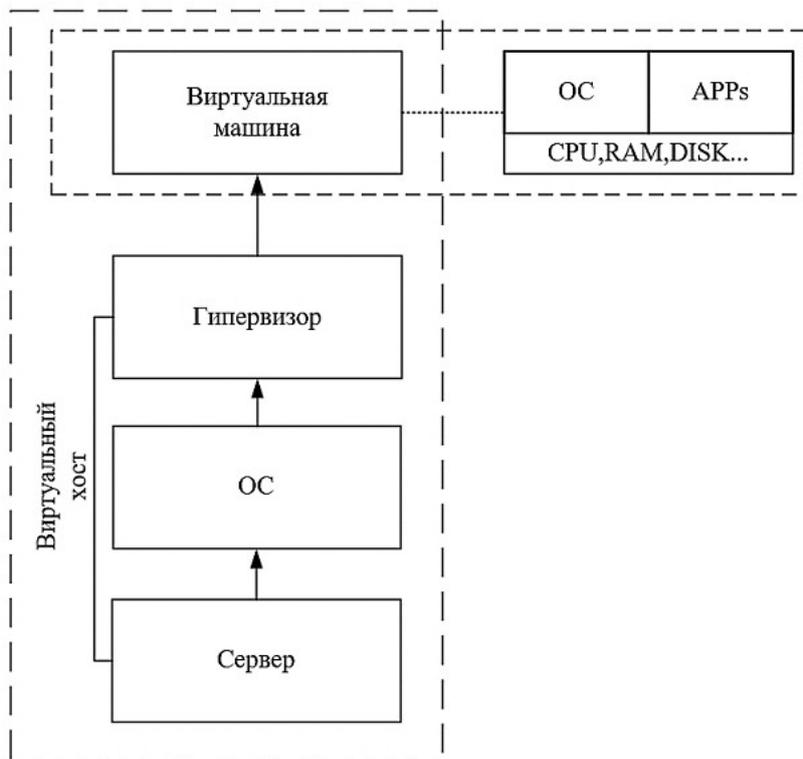


Рисунок 4 – Принцип виртуализации программного обеспечения

Персональный компьютер (ПК) должен удовлетворять минимальным системным требованиям:

- 64-разрядный процессор;
- не менее 4 ГБ оперативной памяти.

В BIOS также необходимо включить технологию виртуализации, без нее VM не установится на ПК.

На рисунке 5 представлены параметры созданной VM. Параметры можно менять в ходе эксплуатации, ориентируясь на быстродействие гостевой ОС и хост-ОС.

Устройство	Сводка
Память	2 GB
Процессор	1
Жесткий диск (SCSI)	50 GB
CD/DVD (SATA)	Файл G:\yu_windows7_64bit...
Сетевой адаптер	NAT
USB-контроллер	присутствует
Звуковая карта	автоопределение
Принтер	присутствует
Дисплей	автоопределение

Рисунок 5 – Параметры виртуальной машины

Предоставленные данные ограничиваются тем, что на реальном предприятии, где эксплуатируется А-SMGCS, на созданные ВМ приходила бы реальная информация через сервера подсистем. Существовала бы реальная база данных с действительными вылетами, прилетами, и информация обновлялась за счет прихода информации с серверов. Но данная работа с ВМ нацелена показать для чего нужна виртуализация, принцип создания ВМ. А на конкретных ПО можно ознакомиться с ЧМИ, который отображается на рабочем месте диспетчера, а также с ЧМИ для технического персонала (в данном случае RCMS).

Используя принцип виртуализации, обслуживающий персонал системы А- SMGCS может устанавливать удаленные приложения на сервере и перераспределять их по разным ПК. Этот принцип работает за счет наличия «слоя» между ПО и ОС – гипервизора. Тем самым можно добиться уменьшения количества требуемого железа, и перехода к управлению с файлами. В дальнейшем данная работа может стать основой для виртуализации не только программной части, но и сетей, а также аппаратной части, для удобной эксплуатации системы А-SMGCS.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Руководство по усовершенствованным системам управления наземным движением и контроля за ним (А-SMGCS). Международная организация гражданской авиации. – Монреаль : ИКАО, 2004. – 100 с.

2. Орлов, П. А. Программирование для дизайнеров: учеб. пособие / П. А. Орлов. – М. : АВАТАР, 2015. – 247 с.

3. Гласснер, Э. Processing для визуальных художников: как создавать выразительные изображения и интерактивное искусство / А. Гласснер. – Кливленд : Ун-т Кейс Вестер Резерв, 2010. – 954 с.

4. Гринберг, А. Processing: креативное кодирование и вычислительное искусство / И. Гринберг. – Даллас : Apress, 2007. – 840 с.

5. Шифман, Д. Обучение Processing: руководство для начинающих по программированию изображений, анимации и взаимодействия / Д. Шифман. – Бостон : Copyright, 2008. – 472 с.



**СЕКЦИЯ 7. АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ
АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ**



УДК 811.111

A. Belavusau, V. Paletayeva

*Educational institution "Belarusian State Academy of Aviation"***TERMS TRANSLATION: TYPES AND SPECIFICITY**

The relevance of the research is due to the development of technologies, scientific discoveries and achievements and, as a result, the increasing importance of scientific and technical translation. Every year words and terms with new meanings appear in our vocabulary.

The correct translation of terms as key units of a special text is a prerequisite for the accuracy of the translation of the entire special text. Meanwhile, when special text manipulation non-specialists quite often have difficulties related to the correct understanding and translation of terms. In this article, we will systematize the translation problems and errors that arise, find out their causes and ways to resolve.

The term can be defined as a word or phrase of a special language created for the exact expression of special concepts and the designation of special objects. Terms can be almost any lexical units of the language that have moved into a highly specialized area and served to designate specific concepts of this area. There are many possibilities for translating lexical units from one language to another. First of all, it should be outlined two ways of translation: word for word or literal translation and non-literal translation. According to A. V. Fedorov, the following relations exist between words in different languages:

1. In the target language there is no correspondence to one or another word of the original.
2. The correspondence is incomplete, only partially covering the meaning of a foreign word.
3. Different meanings of the multivalent word of the original correspond to different words in the target language.
4. The unambiguous word of the original has a constant, context-independent correspondence in the target language [1].

We will use a classification consisting of seven types of transformations: borrowed words, calquing, word-for-word (literal) translation, grammatical transposition, modulation, logical equivalence and adaptation.

The simplest type of transformation allowing you to fill in a gap, usually of a metalinguistic nature (a new technique, unknown concepts) is borrowed words. It is a process of using elements of one language in another one. It should be noted that often borrowed words enter the language through translation, among them are semantic borrowings, or so-called "false friends of the interpreter or translator", which should be especially feared. Among the huge variety of terms that we find in the text, there are very few translated by borrowed words.

Calquing is a special kind of borrowed words: we adopt a particular phrase from a foreign language and translate word for word the elements that make it up. There are two types of calquing: loan translation and semantic loan translation. Loan translation is words obtained by a "morphemic" translation of a foreign word into Russian. Semantic loan translation is Russian words that have received new meanings under the influence of the corresponding words of another language as a result of translation. *For example, semiconductor – полупроводник.*

A word-for-word translation means a transition from the source language to the target language, which leads to the creation of a correct and idiomatic text. In principle, a literal (word for word) translation is the only reversible and complete solution to the issue. *For example, weatherman – метеоролог; airman – авиатор.*

The equivalence of messages is based, ultimately, on the identity of situations, which alone allows us to assert that the target language contains some characteristics of reality that are not present in the source language. When translating terms, it is difficult to talk about word for word translation, since the concept itself is applicable to the translation of texts or sentences, rather than individual words. In general, the creation of such classifications is designed to simplify the process of translation and pre-translation analysis, so the rating of words to a particular group is sometimes subjective [2].

A transposition is a method that consists in replacing one part of speech with another one without changing the meaning of the entire message. This method can be used both within one language and during translation. The interpreter and translator should use the method of grammatical transposition if the resulting rhetorical move fits better into the whole phrase or allows you to express stylistic nuances.

Modulation is a variation of the message, which can be achieved by changing the point of view. This method can be used when it is clear that a word for word translation results in a statement grammatically correct, but contrary to the target language.

The logical equivalence of translations of the first type consists in preserving only that part of the original content that constitutes the purpose of communication, which is the most general part of the content of the utterance, characteristic of the utterance as a whole and determining its role in the communicative act.

Adaptation is applicable to cases where the situation described in the source language does not exist in the target language and must be conveyed through another situation that we consider equivalent. Ultimately, the interpreter chooses the method of translation himself, but it should not contradict the essence of the text and its structure [3].

Having considered all the features of the translation of terms, we can make conclusion that the most important of them are: taking into account the context in which the term is used; search for equivalents in the target language; transfer of the main sense of the term but not the form by which it is expressed in the original language; the use of descriptive translation only in the presence of words-realities that are missing in the target language.

It should be emphasized that an interpreter or translator of scientific and technical literature has to know all possible transformation techniques in order to effectively cope with his work. He should be able to change the order of elements in the sentence relative to the original text, subject lexical, grammatical and syntactic units of the sentence to replacement, use the description for concretization and eliminate verbal redundancy of the text, and this without any distortion of the meaning of the original scientific and technical text.

The fundamental purpose of translating a scientific and technical text is to convey information as closely as possible in terms of meaning or content. This method of transmission should correspond to the form of the original material, since the purpose of scientific materials is the most objective, unambiguous, understandable and concise communication to the reader of particular scientific information. All digressions should be explained exclusively by the style requirements and the specifics of the Russian language. In translation, there may be a partial presence of elements of word for word and free retelling, which will not distort the substantive part of the scientific and technical text [4].

It was carried out an experiment connected with term translation to determine how difficult it to choose the proper meaning of unknown word is. Two groups of cadets, who were divided according to their specialties into technical (“Technical maintenance of aircraft and engines”, “Technical maintenance of aircraft equipment”, “Unmanned aerial vehicles”) and non-technical specialties (such as “Air Traffic Management”, “Air Transportation in Logistics”) took a survey in which they were asked to choose the Russian equivalents to English words and terms that they had not previously studied in the lessons. These words are the following: *redundant* – дублированный, *chime* – звуковая сигнализация, *cowl* – капот, *stock* – клунн, *die nut* – лерка, *latch* – люк.

The survey results are displayed in table.

Table – Analysis of the study

	Non-technical specialties	Technical specialties
Stock	31 %	50 %
Chime	61 %	60 %
Cowl	36 %	20 %
Die nut	23 %	57 %
Latch	31 %	60 %
Redudant	37 %	50 %

As we can see, students of technical specialties have given more correct answers in comparison to cadets of non-technical specialties. This study is too small for an accurate assessment and only shows the importance of right selecting of term meaning while translating a technical text.

In the conclusion it should be noted that the main difficulty and specific feature of the translation of scientific and technical text is the combination of technical knowledge of the subject of speech of the object in question with knowledge of the language. An interpreter or translator of scientific and technical literature should know not only the grammatical constructions of the source language material, stylistic and syntactic features of the translated text, but also should have an extensive vocabulary and a number of frequently used terms in a particular field of science. He should be able to determine the meaning of the term as accurately as possible in the existing context, establish the correct connections between terminological components, be able to find and distinguish secondary or internal terminological combinations. The availability of this knowledge and skills of the interpreter or translator is a specific feature that he or she has to possess in order to carry out a high-quality translation of scientific and technical materials.

REFERENCES

1. Лейчик, В. М. Терминоведение. Предмет, методы, структура / Лейчик, В. М. – 3-е изд. – М. : ЛКИ, 2007. – 256 с.
2. Акимова, О. В. Типология дискурса в профессиональной коммуникации / О. В. Акимова, М. И. Солнышкина // Актуальные проблемы теории коммуникации : сборник научных трудов. – СПб. : Изд-во СПбГПУ, 2004. – С. 253–270.
3. Лактюшин, В. П. Правила и фразеология радиообмена диспетчера обслуживания воздушного движения / В. П. Лактюшин. – СПб. : Государственный университет гражданской авиации, 2019. – 38 с.
4. Муравская, С. М. Грамматические особенности фразеологии радиообмена / С. М. Муравская // Вестник запорожского национального университета. – 2014. – № 1. – С. 257–261.

UDC 811.11

D. Beliauskaya, M. Rakitsky, T. Yatsko

Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”

THE ENGLISH LANGUAGE AVIATION TERMINOLOGY IN TRANSLATION ASPECT

The work presents a linguistic and translation analysis of the English aviation terminology system. The English aviation terminology supplementing are analyzed, its lexical-semantic and structural analysis is carried out. The main translation methods aviation English multi-component terms, abbreviations and abbreviations into Russian are presented.

Around the world, nearly 500 million people speak English as their first language, and for as many as 1.4 billion, it is their second language. For some areas of activity (such as information technology), all instructions are, in principle, issued in English, and all interesting financial offers, vacancies of the world’s best employers and technical news are usually available only to those specialists who understand technical English. Most engineering jobs in good companies will be unavailable without knowing the basics of technical English.

Technical English is used in the scientific and technical field when translation a wide variety of texts: documents, instructions, articles, books and other literature. It is worth saying that a person who has knowledge of technical English can safely indicate it in his resume as a separate item – all because of its complexity and dissimilarity from plain English, to which everyone is accustomed.

The most important part of any special language is terminology. Aviation English is no exception. According to researchers the formation of aviation terminology in the English language lasts more than two centuries and reflects the entire complex process of development of aviation science and technology - from the launch of the first balloons to the flights of spacecraft. L. Tkacheva notes that the twentieth century can be considered key in the history of the development of aviation terminology, since at that time “aviation itself was born, strengthened and developed rapidly” [1]. According to scientists, no terminological system has absorbed so many terms from other areas. This is due to the fact that no other branch of science and technology has used knowledge from other fields so effectively, which determined its diversity at the semantic level.

There are several ways to form terms: 1) using a word of a national language as a term, 2) giving words already existing in a literary language a special terminological meaning, 3) using foreign language elements, 4) using Greek and Latin forms, 5) borrowing from other terminological systems, 6) borrowings from other languages.

A large number of aviation terms originate from the navy. What can we say, the concept of “Air Fleet”, created at the dawn of the era of aviation, is still used? As an example, we can give the names structure units of the aircraft and its structural elements (keel, steering wheel, frame, stringers, etc.), as well as the names of positions and ranks (captain, navigator, etc.). Also, navigation, along with its terms, almost invariably moved from maritime affairs to aviation.

An analysis of English aviation terminology indicates that it was formed primarily on the basis of French-language borrowings and on the basis of the resources of its own language.

Among the terms of French origin, which are based on models and elements of Greek and Latin, we note: aeroplane, aerobatics, aileron, avion, biplane, fuselage, hangar, hydroplane, longeron, monoplane, nacelle, pique, hydroplane, virage. This number of French-language words is due to the leadership of France in the initial stages of the emergence of aviation, namely back in the days of lighter-than-air aircraft, even the word “Airship” comes from the French language. And the pioneers in aeronautics and creators of the first balloons, the Montgolfier brothers, are French by nationality.

At the beginning of the 20th century, the processes of creating aviation terms based on its own linguistic material in the English language accelerated, this was due to the active development of aviation in England and the USA. By this time, the main parts of the aircraft had already been formed, and in the aviation dictionary of A. Schloman (1910) the following aviation terms were recorded: balancers, body, cabin, deck, fin, nose, spar, tail [2].

The main ways aviation terms formation in English are: lexical-semantic, morphological, lexical-synthetic. As a result of lexical-semantic term formation, the aviation terminology system included units with a rethought meaning (jacket – jacket and casing, jar – jug and capacitor, to load – load and charge, like single trip – one-way flight, tail plane – stabilizer) [3]; the morphological method of term formation has saturated aviation terminology with derivative terms (bear-ing, circl-ing, control(l)-er, safe-ty); compounding introduced complex terms (accident-free, air-craft, auto-throttle, gyroplane), specific to the English language is the use of prepositions in the structure of terms (leveling-off, check-in, circle-to-land... Thanks to the lexical-synthetic method, two- and polynomial terminological combinations were formed (radio communication equipment, snow clearing equipment). Some terms are formed by combining several methods of term formation.

Single-component terms played a major role in the period from the launch of the first hot air balloons to the use of airplanes in the First World War, that is, when the foundations of aviation terminology were laid. Such terms were formed as a result of rethinking commonly used words, transferring simple terms from other terminological systems (navigation and motoring) and individual term creation, when newly emerging concepts fit well into the framework of simple terms. With the growth of the level of aviation science and technology in the 20th century. The degree of complexity of objects, processes and phenomena has also increased, as a result the number of single-component aviation terms has noticeably decreased.

The majority of aviation terms in English are polynomial entities. G. Vinokur considered two-component terms as a means of systematizing terms in a terminology system, since one part of

a two-component term is “common with other terms, and the other serves as a distinctive feature in a number of related concepts” [4]. E. Tolikina notes that the formation of compound terms is stimulated by the term-creative tendency towards semantic-paradigmatic regularity, i. e. to display generic and numerous non-generic relations [5]. Taking into account the above, we come to the conclusion that in the relatively young, dynamic, modern English aviation terminology, compound (two- and polynomial) terms can be much more convenient than single-word ones, since they allow, at the stage of system formation, to more clearly reveal the relationships between individual concepts, which is confirmed by examples from aviation terminology. In addition, aviation terms and prepositions are often used in English, for example, check-in (check-in), pilot-in-command (aircraft commander), etc.

Since a characteristic feature of aviation terminology in English remains the tendency towards brevity of expression, which is confirmed by the presence of a large number of abbreviations.

There are 4 transformation types:

1. Lexical transformations - describe the formal and substantive relationships between words and phrases in the original and translation, these include: translation transcription; transliteration; tracing; lexical-semantic replacements (specification, generalization, modulation).

2. Grammatical transformations are changes in the structure of a sentence, as well as all kinds of substitutions of syntactic and morphological order. Types of grammatical transformations: literal translation (syntactic assimilation); division of sentences; combining proposals; substitutions (word form, part of speech, clause or sentence type).

3. Lexico-grammatical (complex) transformations represent a translation of lexical units of the original through the use of units of the target language in translation, the meanings of which do not correspond to the meanings of the source units, but which can be obtained through logical transformations, such transformations include: antonymic translation; descriptive translation (explication); compensation.

4. Translation techniques are transformations that brake the formal similarity of the translation with the original, but provide a higher level of equivalence [6].

Nowadays, English has become an integral part of a good life, not to mention for people working in aviation. It doesn't matter how you are connected with aviation, indirectly or directly, in any case, a good specialist is one who is not only good at his job, but is confident in his knowledge. Translation of technical texts is one of the most difficult types of translation due to the presence of a significant number of terms characteristic of a particular field of knowledge and a specific style of presenting the material, which makes the work of an aviation specialist difficult, requiring him to have serious knowledge in the field of language.

REFERENCES

1. Ткачева, Л. Б. Происхождение и образование авиационных терминов в английском языке : дис. ... кан. филол. наук : 10.00.00 / Л. Б. Ткачева. – Омск, 1972. – 211 л.
2. Шломан, А. Иллюстрированный технический словарь на шести языках / А. Шломан. – СПб. : Культура, 1910. – 1036 с.
3. Юсупов, В. Р. Особенности перевода авиационной терминологии / В. Р. Юсупов, Н. А. Корепина // Механизмы решения проблем научного развития : сб. статей междунар. науч. конф., 2017. – М., 2017. – С. 88–94.
4. Винокур, Г. О. О некоторых явлениях словообразования в русской технической терминологии / Г. О. Винокур // Труды МИФЛИ. – 1939. – Т. V. – С. 3–54.
5. Толикина, Е. Н. Некоторые лингвистические проблемы изучения термина / Е. Н. Толикина // Лингвистические проблемы научно-технической терминологии. – М., 1970. – С. 53–67.
6. Денисова, О. И. Особенности формирования и перевода авиационной терминосистемы с английского языка на русский / О. И. Денисова // Вестник МГОУ. Серия: Лингвистика. – 2015. – № 5. – С. 79–83.

УДК 811.111

Т.И. Бойко

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

АРГУМЕНТАТИВНЫЙ ДИСКУРС КАК ПРОЦЕСС СОЦИАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ

Являясь представителями социального мира, в котором потребности взаимодействия и коммуникативные инструменты переплетаются в ряде ситуативных отношений, общение между индивидами, а также между группами и институтами возникает с самого начала жизни. Размышление о том, как мы участвуем в коммуникации посредством вербального и невербального обмена, позволяет нам сосредоточиться на явных и неявных нормах, на личных и коллективных предпочтениях, на субъективных и межличностных теориях, а также на социальных процессах построения смысла, которые характеризуют коммуникативные связи.

Дискурс является важным исследованием языка, поскольку он позволяет людям эффективно выражать свои идеи и мысли, понимать и интерпретировать точки зрения и мнения других, а также строить отношения посредством эффективного общения. Дискурс определяется как социальное или публичное использование письменного или устного языка или, другими словами, общение между двумя или более сторонами. Для речевого воздействия на ментальную сферу реципиента используют аргументацию.

Аргументация является объектом глобальной и междисциплинарной теории речевого воздействия. На современном этапе аргументация описывается как многомерное явление, участвующее в построении успешного речевого общения. Аргументация является неотъемлемой частью человеческой жизни, охватывающей все сферы его деятельности, от повседневного общения до научных споров [1].

В то же время, характеризуя аргументацию как универсальное явление процесса общения, многие исследователи представляют ее как особый вид общения или отдельный речевой акт. Таким образом, по определению А. Баранова, аргументация – это особый вид общения, специфически воздействующий на сознание адресата посредством языковых знаков, организованных по принципам убеждения, принятым в данном культурном обществе [2]. Аналогичную точку зрения высказывает С. Дашкова, которая определяет аргументацию как особый вид общения, воздействующий на сознание человека и организованный в соответствии с нормами аргументативного дискурса конкретного языкового сообщества [3].

Благодаря тому, что в процессе общения люди не только передают друг другу информацию об окружающем мире, но и устанавливают взаимопонимание с коммуникативным партнером, оказывают на него определенным образом влияние, делают попытку добиться побуждения к совершению того или иного действия, то аргументация, становится неотъемлемой частью каждого дискурса.

Аргументативный дискурс можно определить, как традиционную форму дискурса, основная цель которого – убедить аудиторию в обоснованности точки зрения, мнения или тезиса.

Как известно, основной целью аргументативного дискурса является не только обмен информацией, опытом, но и, главным образом, обоснование, мотивирование или опровержение какого-либо положения вещей (точки зрения) рациональным для восприятия и принятия способом.

Существуют различные подходы к изучению аргументативного дискурса. В традиционной лингвистике аргументативный дискурс – это серия логических операций и мыслительных процессов, т. е. конструкция из разных лексических средств. С точки зрения коммуникативного подхода основной акцент приходится на контекст, в котором происходит ситуация общения, а также на том эффекте, который она оказывает на аудиторию. Со стороны диалогически-интерактивного подхода аргументированный дискурс – это способ воздействия на собеседника. Еще один подход – стилистический, использует риторические фигуры, которые

оказывают влияние на слушателя, а текстуальный подход изучает использование логических процессов (силлогизмов, аналогий и др.) в рамках дискурса [1].

Множество различных видов аргументативного дискурса развивается и проявляется по-разному. Некоторые из них более формальны, в которых ораторы или писатели тщательно развивают основную идею, используя ключевые вспомогательные идеи, которые часто основаны на технических исследованиях.

Другие виды аргументированного дискурса могут быть более широкими и в большей степени полагаться на интуитивные или эмоциональные аргументы, чем на установление конкретных фактов. В более формальных ситуациях формулировки, используемые в аргументативном дискурсе, могут быть очень сложными и техническими, тогда как в менее формальных ситуациях диалект и сленг могут использоваться свободно [4].

Различные виды аргументативного дискурса также во многом зависят от их физического или социального контекста. Одним из примеров являются различные применения аргументативного дискурса в различных областях или секторах общества. Например, спорный дискурс в суде или законодательном парламенте сильно отличается от тех же типов дискурса в залах заседаний корпораций. Дискурс, связанный с авиационной сферой, резко контрастирует с дискурсом в других областях, где часто применяется менее технический язык.

Другой тип контекста включает в себя отношения между говорящим или писателем и аудиторией, где некоторые примеры этого дискурса происходят между живыми людьми в комнате с человеческой аудиторией, а другие происходят в форме опубликованной работы, распространяемой среди читателей. В целом, использование такого рода дискурса дает читателям или слушателям возможность изучить различные обсуждаемые идеи. Убедительные или принудительные аргументы часто эффективны для охвата большого числа людей в целевой аудитории. Широко распространенные аргументы часто могут оказать и существенное влияние на массовую психологию общества в целом. Изучение аргументов и спорной риторики или дискурса также дает слушателям или читателям хорошее представление о том, как к этой риторической форме относятся в том или ином обществе.

Таким образом, аргументативный дискурс является неотъемлемой частью теории коммуникации, он связан с важнейшим познавательным процессом – процессом принятия решений, в ходе которого происходит обмен мнениями и убеждениями с отстаиванием определенных позиций.

Аргументация невозможна без взаимопонимания: один может принять или не принять аргументы другого только после того, как он адекватно воспримет и поймет происходящее с опорой как на комплекс когнитивных знаний, так и на совокупность процессуальных знаний.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Макаров, М. Л. Основы теории дискурса / М. Л. Макаров. – М. : ИТДГК «Гнозис», 2003. – 280 с.
2. Баранов, А. Н. Структура диалогического текста: лексические показатели минимальных диалогов / А. Н. Баранов, Г. Е. Крейдлин // Вопросы языкознания. – 1992. – № 3. – С. 84–93.
3. Дашкова, С. Ю. Логико-прагматический анализ аргументации в научно-учебном тексте (на материале французского и русского языков) : дис ... канд. филол. наук : 10.02.19 / С. Ю. Дашкова. – Кемерово, 2004. – 154 л.
4. Цурикова, Л. В. Проблема естественности дискурса в межкультурной коммуникации / Л. В. Цурикова. – Воронеж : Воронежский государственный университет, 2002. – 257 с.

UDC 811.111

D.A. Hladki, T.I. Boika

Educational institution "Belarusian State Academy of Aviation"

SPECIFICITY OF TRANSLATING AND TECHNICAL TEXTS MANIPULATION IN THE CONTEXT OF CIVIL AVIATION

Today in conditions of rapid technological development knowledge of technical English comes to the fore.

The large number of domestic airlines, such as Belavia, Rubystar Airways, etc., cooperate with foreign partners as enterprises are filled with foreign-made products. Of course, work with all this equipment is carried out, guided by the necessary package of documents that must be translated from the language of suppliers into the language of the consumer which requires an increase in technical translation offerings.

Technical English is a special kind of language that is used in professional activities and in many specialties.

Knowledge at the level of technical English is needed for engineers, repairmen, aircraft designers, aviation specialists, as well as people who are engaged in the automotive industry, the production of machinery, spare parts and equipment for enterprises.

In other words, technical English is language that covers various fields of activity and many professions. Therefore, if a person speaks about the knowledge of a technical language, then he must necessarily indicate the specific type of activity in which he is competent.

English in civil aviation has become not so much a means of communication as an integral part in the interaction of the elements of the system – “Controller – Crew – Aircraft – Environment” in the process of preparing and performing flights. So, any failure (error) in the information perception or transmission in English contains a serious risk of disrupting the system operation, thus, creates a threat to flight safety. The analysis of incidents (accidents) related to the “human factor” in the operation of the “Air Controller – Crew – Aircraft – Environment” system using the English language has become a serious argument for the International Civil Aviation Organization (ICAO) to attribute aviation English to one of the risk factors along with piloting errors, aircraft equipment failures, difficult meteorological conditions, etc.

The instruction manual establishes the rules for use, storage, movement, maintenance and repair work, as well as disposal methods and technical parameters of a particular product. The document is created for specialists in its maintenance.

The quality and reliability of the translation of product information presented in the operating manual directly determines its effectiveness, validity period and, as a consequence, flight safety.

Thus, the English language plays a significant role in the training of aviation specialists, and the need to carry out language training at a professional level is mandatory.

The specific features of a technical text from a literary text are its abundance with special terminology, as well as the presence of grammatically complex sentences. In such texts there is always a gerund, infinitive and participles, which determine the formal style of text. Also in technical materials, abbreviations, digital designations and the reverse word order, are used. Such features greatly complicate the translation.

When translating a technical text, it is important to avoid mistakes. In order to the translated text to meet absolutely all the requirement, it is not enough just to know the basics of the English language, you need to know the technical vocabulary at the proper level and constantly monitor changes in trends in your professional activities.

Taking into account the need for lexicographic publications at each stage of the process of translating scientific and technical texts, the following blocks of dictionaries and reference materials are used:

– Bilingual dictionaries. Bilingual dictionaries are limited to matching two languages. They are used by translators at the stage of preliminary analysis of the original, and then at the stage of variable search for translation means.

– A general bilingual dictionary contains a list of words with translation and/or interpretation in another language.

– Phraseological dictionaries include phraseological units or stable figures of speech with translation into another language.

– Dictionaries containing lexical homonyms that can cause negative interference in translation, in particular, “literalisms”.

– Bilingual industry and specialized dictionaries contain a list of terms related to a specific field of knowledge.

– Glossaries. Directories from a specific professional field. They reflect well the terminological system used in a particular organization.

– Specialized dictionaries. Bilingual specialized explanatory dictionaries, combining the functions of bilingual and monolingual explanatory dictionaries.

If you decide to study technical English, then you should not forget about all kinds of traps of translation.

In recent years, an attempt has been made to bilingually study the language and style of English and Russian scientific and technical literature. As a result of the study, it was found that the basis of the language and style of this type of literature are the norms of the written language with certain characteristics.

The main function of scientific and technical literature is informational. Extralinguistic features of texts of scientific and technical literature:

– Abstraction and strict logic of presentation;

– Informativeness;

– Monological type of speech;

– Objectivity of presentation of the material (argumentation, motivation);

– Orientation to logical perception.

Classification of scientific and technical texts (according to Kedrov):

– Philosophical sciences (logic, dialectics);

– Natural, technical sciences (physics, chemistry, biology, geology, medicine);

– Social sciences (history, archeology, ethnography, geography). Sources of scientific and technical terminology:

– Borrowed from other languages or artificially created by scientists on the basis of Latin and Greek.

– Common literary English words used in a special sense. Characteristics of scientific and technical texts:

– Terminology: general technical, intersectoral;

– Highly specialized;

– The future tense for expressing a common action in Russian is translated into the present tense;

– Frequent use of the passive voice;

– Abbreviations, which, when translated, must be deciphered and given in full meaning;

– Some words and expressions in English contain an image alien to the Russian language.

– When translating, this image should be replaced by an analogue, more familiar to the Russian language;

– Use of compound prepositions;

– The use of words of Romance origin;

– Presence of attributive complexes;

– Expanded syntactic structures in English.

The style of presentation can change, moving from a strictly sustained objective tone to reports and generalizations of facts that do not cause any emotional assessments.

It is proved that personal forms of the verb are found in scientific and technical literature 2 times less often, and passive constructions 5–6 times more often than in fiction. This is explained by the fact that, unlike fiction (whose main task is to create images), scientific and technical literature seeks to describe and explain certain facts as accurately as possible.

As for the way of presenting the material of scientific and technical literature:

- The main emphasis is on the logical, not on the emotional side of information;
- The presentation is usually not in the first person, but is used special “collective” style;
- There is no categorical presentation.

The ultimate aim of learning any foreign language is to be able to speak that language. The practice of using the language, regardless of the level of proficiency, is the way to achieve the aim. Writing skills develop in parallel with speaking skills.

Taking into account professional specifics in the process of learning English ensures mastery of professionally significant terminology, thesaurus, necessary for working on aircraft products and reading manuals or specialized literature. This approach is the most effective way to motivate students to learn a professionally oriented language.

REFERENCES

1. StudFiles. Краткий курс лекций по теории перевода. Часть 2. МГТА [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://studfile.net/preview/9410359/page:10/>. – Дата доступа: 10.09.2023.
2. Инженерные проекты. Особенности перевода технических текстов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://inzhpro.ru/kursoyaya/tehnicheskij-tekst/>. – Дата доступа: 11.09.2023.
3. SERCONS. Орган по сертификации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.serconsrus.ru/services/rukovodstvo/>. – Дата доступа: 20.09.2023.
4. Технический перевод: особенности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://научныепереводы.рф/tehnicheskij-perevod/>. – Дата доступа: 25.09.2023.
5. Пумпянский, А. Л. Введение в практику перевода научной и технической литературы на английский язык : 1965 / А. Л. Пумпянский – М. : Книга по Требованию, 2012. – 302 с.

UDC 811.111

A. Ivanyuk, V. Paletayeva

Educational institution «Belarusian State Academy of Aviation»

LANGUAGE AND LINGUISTIC FEATURES IN RADIO-TELEPHONE COMMUNICATION

Radio-telephone communications are strictly regulated and controlled and differ a lot from our everyday manner of speaking. Its unique and very limited terminological composition and specific features and peculiarities of message construction are regulated and these rules are written in international normative documents and approved by International Civil Aviation Organization (ICAO). ICAO provides clear guidance on what standardized language for standard and non-standard situations appears to be. The most quantity of aviation terms consists of one or two words, as complicated terms are not useful and through some time can even turn into abbreviations. Acronyms included in terminology of aviation radio-telephone communications are considered to be linguistic signs that assume decoding and contribute increasing the efficiency of informative function and the speed of reproduction and perception of information and its biggest quantity in the shortest period of time. At the phonetic level, the features of aviation English are related to the pronunciation of numbers and encoding information using the alphabet. These features ensure high speed information transmission and help to ensure flight safety [1].

The users of radio-telephone phraseology are obliged to follow all the rules of such a conversation, to use special terminology and not to deviate from the standards accepted in this sphere. Such rules govern radio communications: peculiarities of using special and even non-special vocabulary, the manner and style of communication, the aspects of constructing sentences, and their meaning. This vocabulary is very limited and is unique, each term of which has the only meaning, so it cannot be confused with any other term. Although there exist some terms with quite similar meaning, but which will appear to be similar only for non-aviation specialists. On practice this terms will have different meaning and will be used for diametrically opposite actions. For example, terms *“take off”* and *“depart”* have approximately the same meaning, related to leaving any place in order to begin a flight. But in aviation phraseology the term *“take off”* means exactly the action of the aircraft (AC), after it has received the air traffic controller (ATC) clearance to take off. For action, not requiring ATC clearance, the term *“departure”* will be used [2].

“BRU 123, take off immediately”. *“BRU 123, expect departure at 15”*.

The same example is about terms *“approve”* and *“clear”*. They both mean agreement or accepting something as satisfactory. On practice, aviation personnel use term *“approve”*, only while speaking about the AC, which is on the ground now, and the term *“clear”* is used, when giving agreement to the AC, which is already in the air, starting with such a stage, as line-up inclusively.

“Push back approved”. *“Cleared to line up”*.

And one more example of such phraseology is terms *“affirm”* and *“confirm”*. The both have the same meaning: accepting something, agreeing with it. On practice, the term *“affirm”* is used, when you want to show your agreement to something, while term *“confirm”* is used only when you request someone to affirm any information.

“– Confirm we are number 2 for landing.

– Affirm”.

And the last, but not the least one example is distinguishing term *“belly landing”* and *“gear up landing”*. Both them mean the landing process of an AC, without extended undercarriage in their broad meaning. But the difference is that term *“belly landing”* is referred to situations, when landing gear cannot be extended due to some technical problems and even failures, while term *“gear up landing”* involves only situations, when pilots themselves simply forget to extend it [3]. Knowledge of such differences and rules is very important, as incorrect or inaccurate usage of these terms can lead to misunderstanding, confusion and even to an emergency situation, which can result in a catastrophe.

As we can already understand, the vocabulary of aviation phraseology is not very big and is really limited. Although it contains some terms which were adopted from other spheres of life and sometimes the most unexpected ones. For example, in radio-telephone phraseology for definition of the left and right sides terms from sailors' vocabulary were adopted. *“Starboard”* is for the right one and *“port”* or *“portside”* is for the left.

One of the most interesting, artificially created terms in aviation is the term *“roger”*. It is usually used by pilots in order to make an ATC understand, that the command he has given is understood and is in progress.

“– BRU 123, climb FL 290.

– Roger, climbing FL 290, BRU 123”.

Moreover, this term can be used even without the repetition of given instructions, but only when given information is not obliged to repetition.

“– BRU 123, climb FL 290.

– Roger, BRU 123”.

Although there exist some terms obliged to repetition. They even are considered to be not terms, but signals, such as *“mayday”* and *“pan pan”*.

“Mayday” is repeated 3 times for attracting attention and means the condition of the AC, when there is a serious hazard, a threat to the life of the passengers and (or) crew and it needs help or assistance immediately. This word has a French etymology and comes from French phrase *“venez m'aider [m'aidez]”*, which means *“help me”*.

“*Pan pan*” is also repeated, but variously from 2 to 3 times. It means, that with a help of such a signal pilots want to tell you, that there is no threat to the life and health of the passengers and (or) crew, but the transmission of such an information is very important and also immediate, so this signal is still repeated. And this word is also adopted from French language and comes from the word “*panne*”, meaning “any failure, malfunction or simply technical problem”.

Reminding the term “*roger*” we can say, that not only particular terms in aviation English can be artificially created. Radio-telephone phraseology has its own system of grading the quality of transmissions. This scale has 5 levels:

- 1) unreadable (I read you 1);
- 2) readable now and then (I read you 2);
- 3) readable, but with difficulty (I read you 3);
- 4) readable (I read you 4);
- 5) perfectly readable (I read you 5) [4].

This scale is approved by ICAO documents.

Abbreviations in radio-telephone phraseology are also allowed. Moreover, they are considered to be a part of an aviation standard terminology. Their usage is also approved by ICAO. Abbreviations are very useful for quick information obtainment, as one abbreviation can replace a whole sentence. Moreover, it lowers the workload of both pilot and ATC.

There are several ways of abbreviation formation. The term “*WILCO*” means that your message is understood and is in progress. It is acronym, so it is pronounced not by spelling its letters, but like the combination of the first sounds of the words, from which it is derived: “will” and “comply” – [wilkə].

“– *BRU 123, report passing FL 100*
– *WILCO, BRU 123*”.

One more interesting example of abbreviation formation is the term “*CAVOK*”. This abbreviation means “*Ceiling and Visibility OK*” – favorable weather conditions, visibility is more than 10 km and cloud base is higher than 1500 m. It is also not pronounced by spelling its letters, but like a combination of first letters of words and the whole word “OK”, which is considered to be a slang word – [kʰʌvəʊkəɪ] [4].

“*UMMS 250730Z 36006KT CAVOK 21/15 Q1016 NOSIG*”.

The example of abbreviation, that is read like a complete word is “*RNAV*” – area navigation – method of air navigation, that allows pilots to carry out flight along any desired trajectory within the coverage area of radio-navigational aids – [rnʌv].

And, of course, there are lots of abbreviations, that are read as usual by spelling all letters. Example: *IFR* – *Instrument Flight Rules* – the method of flying, when due some factors, location, attitude and flight parameters cannot be obtained visually, so they are defined from various instruments in the cockpit.

“*Canceling my IFR flight*”.

For the purpose of avoiding misunderstanding and confusion, radio-telephone phraseology regulates the usage of words, that sound and are pronounced very similar, especially, when they are following each other in one sentence. For example, ATC should avoid using such expressions as:

“*The time of delay is reduced to 20 min*”.

As it has already been said, there exist the list of information, necessary to repeat. This list includes:

- 1) take-off and landing clearances;
- 2) prohibitions;
- 3) Flight Level (FL), and heading changes;
- 4) everything connected with Runway (RW);
- 5) callsigns;
- 6) squawk codes.

But even in such phrases several words, which are not of the crucial importance and are understandable for both pilot and ATC, can be omitted. For example:

“– BRU 123, descent FL 180.
– 180, BRU 123”.

Taking into a count all the examples and themes, that were studied in this work, we can make a conclusion, that aviation English is a very specific and complicated branch of English language. It has its own exceptions, special rules and limitations. It has special instructions, words, terms and phrases for each emergency situation. And even deep knowledge of only English language itself in its broad meaning is not enough for conducting correct, readable and fast radio- telephone communication. That is why radio-telephone phraseology is so important, providing AC safety both in flight and on ground, in each phase of flight.

REFERENCES

1. Правила аэронавигационного обслуживания «Организация воздушного движения» : утв. советом международной организации гражданской авиации : ввод в действие с 22.11.2007. – Монреаль : ИКАО, 2007. – 474 с.
2. Воронянская, Е. Л. Фразеология радиообмена на английском языке при выполнении международных полетов : учеб. пособие / Е. Л. Воронянская, О.М. Кузнецова. – Ульяновск : УВАУ ГА(И), 2010. – 202 с.
3. Архарова, Т. А. Учебник английского языка по основам ведения радиообмена : для учащихся авиац. вузов и уч-щ / Т. А. Архарова. – 2-е изд., доп. – М. : Воздушный транспорт, 1993. – 392 с.
4. Лактюшин, В. П. Правила и фразеология радиообмена диспетчера обслуживания воздушного движения : учеб. пособие / В. П. Лактюшин. – СПб. : Государственный университет гражданской авиации, 2019. – 38 с.

UDC 629.7.08

H. Tsitova, U. Kalybenka

Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”

REMOTE TOWER SYSTEM: ITS CONCEPT AND POSSIBILITY OF IMPLEMENTATION IN THE REPUBLIC OF BELARUS

What is the remote surveillance? We associate the term “remote” with something that works remotely, at a distance. Surveillance is the main method of control the aircraft’s position. It can be carried out both by instrumental means of monitoring aircraft in the air and visually – to control ground traffic on the airfield.

The system and its relevance

The innovative air traffic control system is called Remote Tower System (RTS). This system is based on the application of the Remote or virtual tower (RVT) concept and creates a wide range of possibilities for the use of advanced methods and means of air traffic control and surveillance outside the airfield, offers an alternative method of airfield ground traffic control through a united air traffic control center.

The main target of the RTS system is the usage of remote towers to serve smaller regional airfields in order to reduce their operating expenses. In this case, the more airfields are under the control of a united control center, the greater the capabilities for cost optimization. Air traffic controllers (ATCs) can be related to one airfield or work with several airfields in turn.

This system will increase situational awareness at the airfield and provide air traffic control services for more than one airfield at the same time. The crucial surveillance objects of the RVT system are runways, taxiways and aprons, as well as the control of aircraft taking off and landing.

Remote air traffic control can be applied to:

- a single airfield where the airdrome control tower can be substituted by remote equipment;
- several airfields where the airdrome control tower can be replaced by remote equipment;
- as well as large individual airfields where equipment is required for standby use.

Equipment

The components of an air traffic control (ATC) system, using the «Aerodrome System “Sintez-AR2”» as an example, are:

- surveillance equipment (primary and secondary radars, direction finders, Airfield ground traffic control system (A-SMGCS), Multilateration system (MLAT);
- sources of planning information;
- sources of meteorological information;
- radar information (surveillance information) processing facilities;
- means for processing planned information;
- voice communication system;
- workplaces with ATC automation complex;
- unified time facilities;
- information transmission system;
- air traffic control automation equipment;
- technical management and control system.

The principle of operation is to combine information from radar and broadcast-type surveillance with video information. Remote control units consist of a remote-control center and cameras at airports (instead of a tower in typical control units). In this way, ATC can be provided to different airports from a single control center, while improving air traffic safety through augmented reality.

The transition of control towers to remote control towers is taking place throughout Europe. The development and approval of activities related to remote control towers is mainly done through the Single European Sky ATM Research (SESAR) program. The first country was Sweden. The following equipment was used for controlling the airfield: 14 high-resolution digital cameras; pan-tilt-zoom cameras that allow directional and zoom control; video encoding system; mikerophones; meteorological sensors and other navigation systems, light-signaling equipment etc. The structure of the remote tower equipment includes: high-resolution monitors for displaying 360-degree panorama of the airfield, stereo sound system, pan-tilt-zoom camera control system, integrated control panel for all airfield systems, as well as air situation display [1].

Having analyzed the structure of the equipment, we can evaluate that the main intricacy is the installation of systems at the airfield, as the composition of the ATC’s workplace at a remote-control tower is quite simple.

Advantages of RTS:

1. Increased ATC awareness on the airfield.
2. Possibility for one staff to provide ATC services for more than one airfield at the same time.
3. Increased level of service through the application of upgraded systems.
4. Space for training and simulation.
5. Digitalization.
6. Cost shrinking in small airfields by centralizing ATC.

Disadvantages of RTS:

1. High cost of implementing this system.
2. Operability of cameras in any weather conditions (availability of backup cameras for rapid replacement).
3. Increase of technical personnel for maintenance of new equipment.
4. Reduction of ATCs’ workplaces.
5. To maintain sustainable information security, enhanced security and noise immunity systems are needed [2].

Application in the Republic of Belarus.

Taking into account the low intensity of air traffic in the Republic of Belarus, the RTS system can be applied to airfields located in regional cities (Brest, Vitebsk, Grodno, Gomel and Mogilev).

In these airfields, ATC can be provided when it is actually needed. Nevertheless, the RTS system still provides 24/7 service to the airfield. The towers at these airfields are in need of modernization and digitalization of ATC processes.

Air traffic controller will be able to observe the runway from several points where video cameras are installed, as opposed to the traditional visual control from the control tower. Also, a virtual control unit will allow replacing several real ones at the airfield or servicing several airfields at low flight intensity. Operating costs for the maintenance of a virtual control center are significantly lower than for the maintenance of traditional control towers.

In general, this idea is brand new and undeveloped for our country, but it can be extended to control at any airfield or landing area, but a systematic method to this issue is needed. That is, before introducing this system, it is necessary to make an assessment of how feasible it is in our aviation regulations. Also, to consider the options, if the RTS system fails, to test it on a pilot project and then to put it into use.

Taking into account the above-mentioned advantages of the remote ATC system and recommendations, there is no doubt that it is advisable to use this technology in order to improve air traffic safety and efficiency of the Unified Air Traffic Organization System (UATS) of the Republic of Belarus.

REFERENCES

1. GKOVD. Приоритетные направления создания и развития систем удаленного наблюдения для КДП аэродрома [Электронный ресурс]. – Режим доступа: gkovd.ru. – Дата доступа: 22.10.2023.
2. AIRPORT-TECHNOLOGY. Remote ATC towers: why not everyone is on board. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Remote ATC towers: why not everyone is on board (airport-technology.com). – Дата доступа: 23.10.2023.

УДК 81.276.6

О.В. Лабзина

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ АВИАЦИОННОМУ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ

Нельзя не согласиться с тем, что в настоящее время все больше возникает необходимость в активном использовании компьютерных средств обучения английскому языку в целом и авиационному английскому в частности.

Бесспорно, компьютерное и дистанционное обучение в значительной степени могут разнообразить содержание аудиторных занятий, вызвать больший интерес слушателей к предмету изучения (в особенности молодых специалистов), позволить преподавателям расширять свои возможности, создавая авторские проекты при подготовке к занятиям.

Тем не менее практика общения с квалифицированными преподавателями авиационного английского языка при живом общении в аудитории, очно, незаменима при совершенствовании речевого поведения как разговорного, так и профессионального английского языка, беглости речи и навыков вербального взаимодействия. Как отмечает Кравченя Э. М., наибольшим недостатком обучения с использованием средств информатизации является тотальная индивидуализация [3]. Не будем забывать о том, что речевая направленность при изучении иностранного языка должна присутствовать на занятиях, постоянно происходит восприятие

партнера или воздействие на него в ходе коммуникации. А, работая даже некоторое время с электронными ресурсами или дистанционно, активность (практика) живой речи снижается, равно как и формирование мысли на профессиональном английском языке. А при социальном взаимодействии индивидуализм неприемлем для тех, от кого зависит жизнь людей и их безопасность в воздухе и на земле.

Но все ли виды занятий, проводимых с использованием компьютерных информационных технологий, способны в полной мере отвечать требованиям, каждый раз предъявляемым преподавателям в ходе реализации учебной деятельности с целью успешной результативности со стороны слушателей?

Лекционная форма обучения допустима в режиме удаленного преподавания в ряде случаев: если нет достаточной базы учебных пособий или их мало на весь курс обучения, и лекция становится единственным источником информации; или учебный материал является новым и еще не отражен в уже устаревших учебниках; или у слушателя или курсанта возникают сложности изучения какого-то материала самостоятельно без участия преподавателя. Дистанционная форма учебного взаимодействия преподавателя со слушателями может быть эффективной, если не единственно допустимой, в ситуациях невозможности очной формы обучения, либо при организации консультаций, либо случаях, когда отсутствие слушателей вызвано состоянием их здоровья либо при значительном удалении обучаемого. Здесь необходимо принять во внимание и форс-мажорные ситуации, при которых невозможность остановить учебный процесс в 2020/2021 учебном году вынуждал руководство учебных учреждений перейти на дистанционную форму обучения. При этом встал еще один вопрос: о неполной подготовленности как профессорско-преподавательского состава, так и обучаемых к дистанционной форме подачи информации, нехватке навыков пользования средствами удаленного обучения и интернет-ресурсами, что в большинстве приводит к формализму и работе «для галочки». Помимо этого, необходимо преподавателю и обучаемому быть готовыми к тому, что используемые технические средства могут выйти из строя, могут быть проблемы со связью, подключением, изображением, звуком, могут «зависать» программы, презентации, и преподаватель в этом случае вынужден будет полагаться лишь на устное изложение, (а слушатели – на слуховое восприятие) запланированного материала. Поэтому для эффективного ведения дистанционной лекции от преподавателя в современной системе обучения ожидается совершенствование своего методического мастерства, наряду с овладением инновационными электронными технологиями, компьютерными программами (программами для мобильных устройств), которые все чаще используются в образовательных целях. Такая форма работы как дистанционная лекция требует от преподавателя большой подготовительной работы не столько по отбору и организации лекционного материала, сколько его технической обработке и систематизации: использование аудио- и видеоканалов, интернет- ссылок, демонстрация текстов, презентаций и пр. С психологической точки зрения немаловажен и тот факт, что не каждый преподаватель, привыкший на своих традиционных лекциях видеть аудиторию, при необходимости вступать в диалог и даже эмоционально воздействовать на слушателей, способен на общение «в пустоту», не получая видимую отдачу от слушателей и теряя с ними тесное речевое взаимодействие (контакт). Интересен тот факт, что во время *интернет*-лекции, по словам Исаевой Т. Е., преподаватель испытывает зависимость от технических средств, находясь в непривычной ситуации волнения, скованности движений, излишнего напряжения, что не может не отразиться даже на удаленной аудитории [4]. Опросив 54 преподавателя из пяти различных вузов, анкетировавшие отметили, прежде всего – невозможность следить за эмоциями большой аудитории, сознательное сокращение жестикulations и мимики из-за постоянного своего изображения на экране, непривычное постоянное напряжение своего голосового аппарата (очевидно, как компенсация почти полному отсутствию невербального средства общения), невозможность наблюдать реакцию своих студентов и сложности контроля усвоения лекционного материала (студенты могут воспользоваться интернетом для поиска ответов).

Если учесть специфику преподавания авиационного английского языка, то можно говорить лишь о незначительном внедрении такого вида обучения, как дистанционная лекция, поскольку так или иначе занятия коммуникативно направленной деятельности, коей является любое изучение иностранного языка, является практика и отработка именно вербальных навыков, а это и ведет к вопросу о том, могут ли тогда **практические занятия**, предназначенные для углубленного изучения предмета, проходить в дистанционной форме?

Разные источники дают свое определение термину «аудиторное практическое занятие», но суть его остается главной: практическое занятие – это форма организации обучения, направленного на отработку студентами (слушателями, курсантами и т. п.) ранее усвоенных теоретических знаний с целью их совершенствования при практическом их применении, самостоятельно или под руководством преподавателя. Занятия со слушателями, представляющими сферу гражданской авиации, особенно пилотами и авиадиспетчерами УВД, не предполагают большой самостоятельной работы в рамках практических занятий, поэтому важная роль здесь отводится квалифицированному преподавателю, который, помимо свободного владения английским языком, создает все условия на занятии для постоянно активного вовлечения и взаимодействия слушателей в процесс отработки материала по использованию разговорного языка и правилам ведения радиообмена и стандартной фразеологии ИКАО. В ходе учебного занятия ему приходится выступать в роли диспетчера или пилота, пассажира, бортпроводника, моделируя ситуации профессионального общения «пилот – диспетчер», приближенные к реальным; преподаватель, вступая в диалог со слушателями на профессиональные темы, зачастую должен корректировать совершаемые ими ошибки в речи или «сбои» в ведении радиообмена, порой отвлекаясь от заданной темы (нередко учитель то и дело идет к доске, чтобы в очередной раз объяснить и закрепить ту или иную структуру, устранить неточности при ведении радиосвязи между экипажем и авиадиспетчером). Может ли использование дистанционного обучения в полной мере реализовать качественную подготовку (переподготовку) авиационного персонала без возможности моментального реагирования на сообщения, поступающую информацию, реплику, высказывание, коллективного анализа ситуаций, связанных с выполнением профессиональных обязанностей? Думая об удобствах (слушатель может включить свой компьютер или мобильное устройство в любом удобном ему месте) и экономии времени (возможность заниматься удаленно позволяет сократить время на поездках), мы забываем о других немаловажных особенностях, которые не позволяют организовать качественный учебный процесс. Слушателями обучающихся курсов Академии Авиации ИПКиП являются люди разных возрастов, зачастую – старшего поколения, и, как выясняется, у многих из них отсутствует опыт пользования компьютером или мобильным устройством (ноутбук, планшет, смартфон) для обучения в удаленном формате. Как показала практика их использования такой категорией слушателей, у обучающихся уходит сначала много времени на подключение к on-line занятиям, потом технические сбои, как результат – группа и преподаватель отвлекаются на то, чтобы помочь и восстановить связь, и в конечном итоге – полному отключению участника от учебного процесса, что случается неоднократно и может быть непродуктивно для него. Помимо этого, не все обучающиеся или преподаватели могут быть оснащены высокоскоростным интернетом, необходимым программным обеспечением, хорошим звуком, наушниками. Несмотря на заинтересованность многих слушателей в повышении своих знаний английского языка авиационной направленности, некоторые из них, однако, во время занятия обладают отличной возможностью не участвовать в общем обсуждении, занимаясь другой работой, не видной преподавателю во время on-line занятия.

Не будем забывать о том, что целью языковой подготовки на курсах повышения квалификации является обеспечение высокого уровня профессиональных языковых навыков пилотов и авиадиспетчеров с целью исключения (или крайней минимизации) случаев некорректной (недопустимой) коммуникации при радиообмене. А это возможно только в условиях традиционного живого общения, с участием высококвалифицированного преподавателя или компетентного в области преподавания английского языка инструктора УВД, при

котором решаются все задачи, направленные на изучение методов передачи сообщений, произношение и обработка беглой речи в соответствии с международными документами – «Руководство по радиотелефонной связи» (Doc 9432) и «Правила аэронавигационного обслуживания. Организация воздушного движения» (Doc 4444) [5]. Также необходимо помнить, что экономия времени и денег, которая так живо предлагается формой дистанционного обучения, прямо пропорциональна качественному наполнению учебного процесса при изучении авиационного английского языка. Поэтому прибегать к помощи информационно-коммуникационным технологиям при обучении авиационных специалистов английскому языку нужно в крайнем случае, исходя из вынужденной необходимости или, если это все же возможно, создавать смешанную форму обучения, не теряя традиционный живой формат общения.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Попова, Н. В. Пути междисциплинарного совершенствования вузовской подготовки авиадиспетчеров по английскому языку / Н. В. Попова, М. А. Гайдукова // Вопросы методики преподавания в вузе. – 2015. – № 4 (18). – С. 344–357.
2. University of Hawaii (1998) Checklist: Evaluative Criteria for Computer-Delivered Language Learning Systems [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://nflrc.hawaii.edu/NetWorks/NW31/nw31t.pdf>. – Дата доступа: 17.10.2023.
3. Кравченя, Э. М. Информационные и компьютерные технологии в образовании / Э. М. Кравченя. – Минск : БНТУ, 2017. – 172 с.
4. Исаева, Т. Е. Электронная лекция в дистанционном обучении: дидактический и методический аспекты [Электронный ресурс] / Т. Е. Исаева // Общество: социология, психология, педагогика. – 2021. – № 6. – С. 94–100. – Режим доступа: <https://www.studentslibrary.ru/book/ISBN978597651280.html>. – Дата доступа: 17.10.2023.
5. Рекомендации по программам обучения авиационному английскому языку [Электронный ресурс] : Cir 323 AN/185. – 2010. – Режим доступа: https://www.icao.int/Meetings/lpr13/Documents/323_ru.pdf. – Дата доступа: 15.10.2023.

УДК 81.276

A.I. Listopad, E.P. Shvaiko

Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”

SOME FEATURES OF WORD FORMATION IN AVIATION PHRASEOLOGY

The Air Traffic Control system (ATC) is one of the main systems in air transport and is the foundation for ensuring the safety of civil aviation. The profession of an air traffic controller is of great importance in the modern world. Currently, there is not a single region in the Republic of Belarus where aviation flights are carried out, and after all, no flight can be carried out without providing air traffic control. The whole situation in the air is completely reflected, formed and planned on the ground.

In general, the ATC process can be considered as an information process. The dispatcher constantly receives, analyzes and transmits a lot of different information. Based on the analysis of this information, he/she develops a particular solution, transmits recommendations, permits and instructions to the crews of aircraft.

It is also important that communications between air traffic controllers and the pilots are conducted in English. Therefore, the dispatcher should know well and use the appropriate phraseology at one or another stage of the flight, since air traffic is very dynamic, the situation in

the air changes extremely quickly, and the correct decision of the dispatcher, taken with a minute delay, may be erroneous.

In the field of air traffic control in civil aviation, there is a specific professional vocabulary that provides communication in this field of aviation activity. Professional vocabulary provides communication between air traffic participants, in which understanding of terminology formation and the correct use of aviation terminology in various language environments, especially in English, plays a very important role.

Documents of the International Civil Aviation Organization (ICAO) have officially defined English terminology, abbreviations and abbreviations in the field of air traffic control. In the work, they are presented at the level of such documents as: Communications instructions radiotelephone procedures, Manual of Radiotelephony, Manual on the Implementation of ICAO language Proficiency Requirements [1].

Special vocabulary in the field of air traffic control is characterized by specific requirements: conciseness, unambiguity, clarity, relative freedom of utterance. Typical phraseology, which aims to maximize the use of standard words and phrases, clear and understandable pronunciation, avoidance of verbosity in standard flight conditions, the use of non-standard language units in non-standard situations [2].

The term formation in the field of air traffic management, as well as in the activities of civil aviation in general, reflected the formation of the transfer of professional information and the formation of aviation vocabulary [3]. For example, in the early stages of aviation development, France and the French language occupied a leading place, which played an important role in the creation of the aviation terminology system. On this basis, the system of aviation terms of the English language was formed. Since the beginning of the XX century, with the development of the English aviation industry, English aviation terminology has become the leading one and has now become the main one.

The formation of a system of terms in the field of air traffic management has general and specific features that are depended on stage of language development. Their consideration is necessary when analyzing word and phrase formation in modern English.

The terminology of aviation radio exchange is developing in six main branches:

1. Using lexical units already available in English

Aviation term: apron.

Meaning: A certain area of a land airfield designed to accommodate aircraft for passenger boarding, loading or unloading mail and cargo, refueling, parking or maintenance.

2. By creating new words by word formation. Aviation term: airspeed.

Meaning: the speed of the aircraft relative to the air.

3. The use of the word by similarity of external signs. Aviation term: empennage.

Meaning: tail unit.

4. Using words based on similarity of functions: Aviation term: touchdown.

Meaning: the point where the nominal glide path crosses the runway.

5. Naming by analogy of concepts is characterized by the fact that they reflect a common household concept.

Aviation term: ceiling.

Meaning: height of the lower cloud boundary.

6. Letter abbreviations of aviation terms. For example: FL – Flight level.

For example: ILS – instrumental landing system. For example: HF – High Frequency.

Thus, the formation and development of special vocabulary and terminology in the field of air traffic management, which relate to the activities of civil aviation, has its own professional peculiarities. Special vocabulary in this industry is a set of lexical units used to ensure professional

communication between the pilot and the dispatcher. Its peculiarity is that it has a large number of terms, definitions, abbreviations [4]. Therefore, the correct transmission of information ensures the safe functioning of the flight management organization and the transportation of passengers and cargo. Also the special aviation vocabulary, being formed in various language environments, has a number of distinctive properties that reflect its general specifics.

Special aviation vocabulary acts as a tool of professional communication, is normatively fixed, standardized and has an international character. The specific features of the special vocabulary in the field of air traffic control are reflected in the peculiarities of term formation in the field of civil aviation, which show its formation and development in connection with the specifics of this area of society, as well as with the linguistic features of aviation terminology as a means of professional communication. Their knowledge is an important prerequisite for determining the requirements for the translation of terms in the field of civil aviation.

REFERENCES

1. Doc 9432 – AN/ 925. Manual of Radiotelephony. – Montreal : ICAO, 2007. – 102 p.
2. Manual on the Implementation of ICAO Language Proficiency Requirements : Doc. 9835 AN / 453. – 2nd ed. – Montreal : ICAO, 2010. – 120 p.
3. Mathews, E. The Value of Content-based Language Training for the Aviation Industry / E. Mathews. – Second ICAO Aviation Language Symposium. – Montreal, 2007. – 200 p.
4. Doc 9758. Human Factors Guidelines for Air Traffic Management (ATM) Systems. – 1st Edition. – Montreal : ICAO, 2000. – 110 p.

UDC 811.111

V. Paletayeva

Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”

STYLISTIC DIFFERENTIATION OF AVIATION ENGLISH VOCABULARY

Aviation English is created for special purposes and intended for communication between representatives of various professions in the field of aviation. Communication between foreign pilots and air traffic controllers must be in accordance with the requirements of the International Civil Aviation Organization. The safety of all air traffic participants depends on how well pilots and ATCs speak aviation English.

To comply with International Civil Aviation Organization (ICAO) requirements, foreign pilots should improve their English proficiency and British pilots should avoid or moderate the use of slang and dialects. National United Kingdom (UK) and international aviation authorities are doing a lot to improve language communication and are proposing a range of measures to reduce language misunderstandings in the air. Such measures include stricter control over the language proficiency level of foreign pilots and air traffic controllers according to ICAO standards, development of requirements for monitoring pronunciation and rate of speech, combating corruption when passing language exams, preventing the use of local phraseological units, slang and dialects by British pilots and air traffic controllers. Foreign language competence becomes another criterion for the professional level of a specialist applying for a well-paid job.

The importance of learning English is obvious and beyond doubt. When studying aviation English you should pay attention to the stylistic classification of the vocabulary in order to be closer to natural communication conditions, develop skills in the correct and moderate use of stylistically marked vocabulary and improve the ability to distinguish these linguistic means from literary vocabulary. Application of knowledge in practice will contribute to effective verbal interaction with native speakers [1].

It is advisable to study the stylistic differentiation of aviation English vocabulary in practical classes at technical universities to develop students' speech culture and the ability to identify suitable situations for the use of emotional-expressive vocabulary.

It is known that language, which is a universal means of communication between people, in its literary variety is applied in all spheres of human life and activity. The basis of the vocabulary of any language is commonly used stylistically neutral vocabulary [2]. Neutral words and phraseological units can be used in any communication situations on various topics [3]. In aviation English neutral vocabulary is also commonly used: *air; weather; sky; distance; control*.

Along with words that are used in any context, the semantic structure of which doesn't contain stylistic nuance, there're significant lexical layers with a limited range of application, that are practiced in speech in different cases depending on the conditions and situation of communication [1].

The vocabulary is a moving, dynamic system that reflects events taking place in society. The intensive development of science and technology contributes to the advent of new terms. The term is a nominative special lexical unit, adopted for the precise formulation of concepts [4].

In aviation English, terminological words and phrases are widely used: *aft airframe (tail part of an aircraft); RNAV (area navigation system); undercarriage (landing gear of the aircraft); empennage (tail unit); flight controls (external movable surfaces)*.

Slang is also present in aviation English: *a hot pilot (ace pilot); a cow pilot (stewardess); a sky pilot (professional pilot); wheels-up (take-off)*.

Slang is considered as an important part of the existent communication system. Slang allows you to express clearly and emotionally your attitude to the subject of speech, create the effect of originality and emphasize the novelty of the statement.

Slang is characterized by expressiveness and a variety of emotional connotations, for example, ironic, dismissive and contemptuous. In aviation English, professional jargon is distinguished with special words and phrases that have a bright, usually reduced, stylistic nuance. Professional aviation jargon gives an idea of the informal communication of aviation specialists. Here are some examples: *a top gun (ace pilot); eyes-in-the-sky – a drone (radio-controlled aircraft; unmanned aerial vehicle); a penguin (non-flying aviation personnel); a fling-wing (a helicopter)* [3].

Professional jargon differs from literary language in its specific vocabulary and phraseology. Groups of people united by a field of activity and common interests use professional language as an emotional-evaluative and expressive-figurative means to express a subjective attitude, convey mood and emotions. In informal communication aviation specialists often use vocabulary that goes beyond the standard literary language. It is advisable to study professional jargon to develop the ability to distinguish and use correctly stylistically marked language resources.

Knowledge of lexical units functioning in different spheres of communication will contribute to the correct choice of words and phrases suitable for a specific speech situation and will allow you to avoid stylistic errors, for example, the unmotivated use of emotionally expressive slang in official business speech. Future aviation specialists should study differentiation of aviation English vocabulary for effective professional communication with foreign colleagues.

REFERENCES

1. Арнольд, И. В. Лексикология современного английского языка : учеб. пособие / И. В. Арнольд. – 2-е изд., перераб. – М. : Флинта : Наука, 2012. – 376 с.
2. Вендина, Т. И. Введение в языкознание : учеб. пособие для педагогических вузов / Т. И. Вендина. – М. : Высшая школа, 2001. – 288 с.
3. Иванова, Е. В. Лексикология и фразеология английского языка учеб. пособие для студентов учреждений высшего профессионального образования / Е. В. Иванова. – М. : Филологический факультет СПбГУ : Академия, 2011. – 352 с.
4. Гринев-Гриневиц, С. В. Терминоведение : учеб. пособие для студентов высших учебных заведений / С. В. Гринев-Гриневиц. – М. : Академия, 2008. – 304 с.

UDC 372.881.111.1

A. Reut

Educational institution "Belarusian State Academy of Aviation"

THE FEATURES OF PROFESSIONAL LANGUAGE TRAINING OF FLIGHT ATTENDANTS

The main duty of a flight attendant is to provide comfortable and safe conditions for the passengers of an airliner. Despite the fact that the flight attendants are junior member of the aircraft crew, a colossal amount of responsibility falls on their shoulders. Flight attendant is a responsible profession. These crew members are charge of the lives of people in the cabin. Before the flight the flight attendant is obliged to check the condition of the emergency equipment, teach passengers how to use it, and control the correct use in case of an emergency. They must monitor if there are any suspicious items in the cabin, unattended personal belongings, people with strange behavior and inform pilots if there is a suspicion.

The flight attendants is the face of the board, the face of the airline. They are the people who meet passengers before the flight, who are in close contact with them throughout the flight, often play the role of a doctor, psychologist, conflictologist, waiter, bartender, lifeguard and just a good interlocutor.

International flight attendants' speaking and listening skills are essential to support their performance when communicating with passengers. The International Civil Aviation Organization declared English as the mandatory language of international aviation in 1951 and 2004. Moreover, the Federal Aviation Administration in 1994 required flight attendants to have sufficient English proficiency to communicate, coordinate, and perform all safety-related duties on board. English is needed for flight attendants not only for communicating with passengers, but also when interacting with various services outside the base airport. Moreover, high level of English proficiency is essential to pass an interview at the airline. Working as cabin crew at an international airline, English is one of the main requirements. A flight attendant should be able to speak, read, write, and understand this language. The knowledge of a second foreign language is not required, but desirable and give more chances to get this job and fly to larger number of countries.

While at the workplace, a flight attendant must be able to use the English language in the following situations:

1. Greet passengers to identify their needs and concerns, offer assistance to reassure in unexpected situations, apologize for the delay.
2. Communicate with different types of passengers, such as unaccompanied minors, people with disabilities, the elderly, children and others.
3. Describe the health problems of passengers, provide medical assistance, inform the doctor about the availability of certain medications and equipment.
4. Describe different types of drinks and food.
5. Tell about the location of airports, airplanes, tourist attractions.
6. Inform about the responsibilities of flight attendants, passenger registration authorities, and ground services.

Referring to the previously stated responsibilities of cabin crew, the following topics can be identified that are required in a cabin crew English language training program:

- The work of a flight attendant (responsibilities, requirements for the work of the cabin crew, advantages and disadvantages of the profession);
- Airline rules (transportation of animals, hand luggage, baggage, dangerous goods; rules of conduct when communicating with passengers under the influence and others);
- Pre-flight preparation (briefing, cabin preparation, checking emergency equipment);
- Greeting passengers;
- Preparing for takeoff (demonstration of emergency equipment);

- Communication with passengers during the flight (features of communication with different types of passengers);
- On-board service (health problems, passenger requests and complaints, food service, offer of duty-free goods, periodicals);
- Aircraft design;
- Emergency situations (rules of behavior in case of depressurization, fire and smoke on board, emergency landing on ditching, hijacking of an aircraft);
- Preparing the plane for landing;
- Passenger disembarkation;
- Communication with the ground staff (aviation safety inspectors, airline representatives, agents, baggage handlers and technical staff).

Since speaking and listening play such an important role in the flight attendant workplace, role-playing and speaking practice in the classroom can be very helpful for flight attendants in the pre-service phase while they are still at the training center. Role-playing on topics related to the actual work situation, such as boarding, seating, announcements, food and beverage service, personal attention, and goodbyes, should be provided to flight attendants before starting work, along with pronunciation practice. To enhance the effectiveness of the English course, additional English materials can be used for teaching through technology such as safety demonstration videos, announcements and other recordings related to the use of polite expressions, and in-flight vocabulary. It is important to train cabin crew to communicate easily with passengers and colleagues not only in routine and standard situations, it's significant to be able to use the language clearly and concisely in emergency situations. All instructions and rules must be understood well, because misunderstanding and language barrier influences on flight safety greatly. No doubt, effective communication is absolutely critical.

Rapid advances in technology can also be an advantage in providing flight attendants with cultural content. Flight attendants must be culturally sensitive when dealing with passengers from different cultural backgrounds; therefore, expanding their intercultural understanding is very important.

REFERENCES

1. Filipieva, T. Psychology of flight attendant's profession // T. Filipieva. Psychology in Russia: State of the art. – 2012. – Vol. 5. – P. 335–346.
2. What are the basic flight attendant's skills and knowledge [Electronic source] // Cabin crew HQ. – Access mode: <https://cabincrewhq.com/flight-attendant-skills-and-knowledge/>. – Date of access: 21.10.2023.

УДК 629.735

В.В. Садоха, В.А. Балашевская, Е.П. Швайко

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

THE IMPACT OF STRESS ON THE WORK OF AN AIR TRAFFIC CONTROLLER

Stress is a non-specific response of an organism to any demand placed on it. From the management point of view, organizational factors that cause stress in the workplace are of greatest interest. Knowledge of these factors can prevent many stressful situations and increase the effectiveness of managerial work, as well as achieve the goals of the organization with minimal psychological and physiological losses for the personnel.

Stress is far from always having a detrimental effect on workers and their work performance. Too low a level of stress can even lead to reduced productivity. It is noted that mild stress, such as the arrival of a new boss or an unexpected relocation, can have a positive impact, as

they force the worker to mobilize to assert himself in a new environment. It is necessary to approach the problem comprehensively, not just to help employees to deal with the already arisen severe stress or its consequences, but to prevent it at the level of the organization.

Stress management is the necessary measures, techniques and programs taken at the level of the organization to reduce the level of stress among the employees of the enterprise. Failure to recognize dangerous flight situations and to manage stress and emotions in critical moments often leads to tragic consequences. The emotional component is not only a feeling or affect, but is a combination of both, as both feeling and affect play a role in human behavior.

The problem of stability and reliability of human operator activity in conditions exposure to extreme factors and psychological (professional) development stress has attracted increased attention and acquired certain shapes as an independent area of research in connection with the development of technology, systems automated production management and, especially, computerization of all areas of activities. The profession of an air traffic controller is distinguished by its high psychological emotional and intellectual orientation and is one of the most intense and emotionally intense types of professional activity. From efficiency the work of the air traffic controller and his ability to perform his work on time and accurately depends not only on the capacity of the air traffic control system, but also flight safety in general. Organization of air traffic in modern conditions is extremely complex problem associated with taking into account the human factor, organizational factors and is aimed at minimizing the main negative processes that can arise. Stress is one of the factors that has the greatest negative impact on professional activities of air traffic controllers, as it affects the quality the work they perform. Stress affects such psychological indicators such as attention span, logical thinking, spatial imagination, mobility of nervous processes, operative memory and a number of physiological processes - heartbeat, blood pressure.

High stress levels among air traffic controllers were first widely reported in the United States in the 1970 Corson Report, which focused on working conditions such as overtime, few regular breaks, increased air traffic, little vacation time, poor physical work environment [1]. Following the 1981 air traffic controllers' strike, during which job stress was a serious problem, the Department of Transportation appointed a task force to study stress and morale. Jones' 1982 final report indicated that Federal Aviation Administration employees in a wide variety of positions reported negative results regarding work structure, work organization, communication systems, supervisory leadership, social support, and satisfaction. In this regard, many measures have been taken to improve working conditions, for example:

1. Modernization of radio systems and automation of air navigation information, flight data processing and air traffic control.
2. Reduction of working hours.
3. Change of shift schedules.
4. Reduce environmental stressors. Attempts were made to reduce noise and provide more light.
5. Improve ergonomics of new consoles, screens and chairs.
6. Improving physical fitness.

But even now, air traffic controller stress is an issue. In the work of air traffic controllers, there is often a need to analyze and identify patterns of their activities from the perspective of new approaches, development of new indicators efficiency, the use of tools that improve the work of the air traffic controller in normal and extreme conditions. Statistics on air accidents show that the percent of accidents attributed to the responsibility of air traffic controllers is quite high and, naturally, optimization of their work is required [2].

The stress level and body condition of the air traffic controller can be determined by using the following experiments: psychometric test "Attention" using tables Schulte, measurement of blood pressure, tremor, hand surface temperature.

Having analyzed the data we found on the health status of dispatchers, we can draw the conclusion shown in the table 1 below [3].

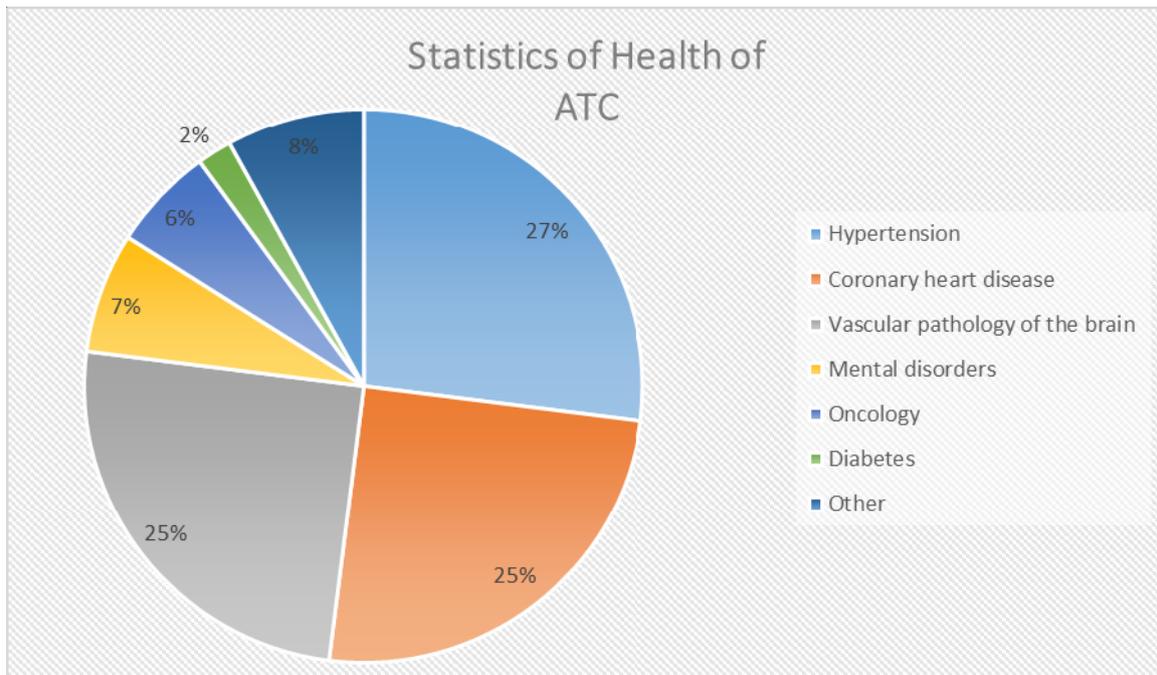


Figure – Statistics of Health of ATC

Therefore, today one of current trends psychophysiology of work is the development scientifically – methodological support psychophysiological support of specialists, whose work is related to high nervous – mental voltage.

Professionals whose work involves emotional stress must have protection from professional stress. Therefore, almost 10 years ago in the Far Air Navigation branch East the first room in Russia was opened psychological relief for air traffic controllers. Creation of a psychophysiological support system will allow solving a number of problems: maintaining optimal functioning professionally important qualities; maintaining stable performance in stressful conditions; increasing the reliability of professional activities in ensuring flight safety from the standpoint human factor; primary prevention of psychosomatic disorders.

The psychological discharge room is designed for carrying out a set of activities aimed at:

- ensuring air traffic safety by psychophysiological relief of personnel;
- Improving dynamic (constant) psychological control over the functional state employees in the course of professional activities;
- psychological prevention in order to maintain high performance, ensuring professional reliability.

Aviation health personnel is given special attention because this objectively one of the important factors flight safety. In our opinion, it will be advisable in the future introduce new correction technologies with taking into account achievements basic sciences, develop shortened individualized courses psychophysiological recovery to solve the problem of stress. Must be carried out in interaction with medical service psychoprophylactic and psychohygienic work, activities for prevention of violations mental activity and maintaining mental health control room personnel and other employees of the airport. Carrying out various activities will help create even more effective system active conservation and restoration of health employees for promotion their professional longevity, resistance to stress, and also, increase safety on aircraft.

REFERENCES

1. Тематические исследования авиадиспетчеров в США и Италии [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.iloencyclopaedia.org/ru/part-xvii-65263/transport-industry-and-warehousing/item/909-case-studies-of-air-traffic-controllers-in-the-united-states-and-italy>. – Дата доступа: 13.10.2023.

2. Методы антистрессовой подготовки авиадиспетчеров [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://er.nau.edu.ua/bitstream/NAU/11438/2/Кожохина_Рус.pdf. – Дата доступа: 16.10.2023.

3. Ревенко, Н. Э. Психофизиологическое сопровождение профессиональной деятельности авиадиспетчеров [Электронный ресурс] / Н. Э. Ревенко. – Режим доступа: https://avam-avia.ru/wp-content/uploads/2018/11/39_Revenko.pdf. – Дата доступа: 18.10.2023.

УДК 629.735

Л.А. Сиротинцев, С.С. Усарчук

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

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯТЕЛЬНОСТИ КОНЦЕПЦИИ «ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА»

Исследуется состоятельность концепции «человеческого фактора» техногенной авиационной деятельности.

Увеличение доли причин авиационных происшествий системологической триады «человек – машина – среда» (ЧМС) по причине человеческого фактора происходит за счет выявления опосредованных человеческих ошибок в компонентах «машина» и «среда» и переноса их в компоненту причин «человеческий фактор».

Основной вывод – о слабой продуктивности и реактивной сути концепции ЧФ. Выдвигается идея о необходимости создания технологий интерактивного управления деятельностью.

В авиации десятилетиями с 1960-х годов доля «человеческого фактора» (ЧФ) от общего числа причин авиационных происшествий (АП) оценивается постоянным ростом от 40 % – 50 % до 80 % – 90 %.

Эта цифра относится, в основном, к сертифицированному летному персоналу гражданской авиации.

С учетом полетов авиации общего назначения, техобслуживания, управления воздушным движением, инфраструктуры транспортного комплекса общая доля ЧФ оказывается более 90 %.

По содержанию предмет «Человеческий фактор» направлен на исследование человека в различных условиях и отношениях естественной среды обитания и техногенной деятельности.

Концепция ЧФ направлена на поиски причин неудовлетворяющей деятельности и понимается как область выработки методов оптимизации безопасности деятельности [2].

Изучение антропогенных аварий и катастроф началось еще в XIX веке на железнодорожном транспорте.

С зарождения авиации появилось понимание роли личных качеств летчика в исходе полета.

К середине XX века составлены структурированные перечни причин фатальных исходов полетов.

В 1960 году А. Г. Шишов выдвинул концепцию, в соответствии с которой АП происходит из-за неправильных действий пилота.

Причиной неправильных действий часто считают причину, связанную с личностью пилота, характеристики и свойства которой усугубляют возникшую аварийную ситуацию [1].

Идея о причинности ошибок человека (Ч) как результат взаимодействия с машиной (М), созданной не лучшим образом.

Создатель и пользователь техники растождествляются, поэтому осознается необходимость конструировать машины таким образом, чтобы их могли использовать большинство людей, «средний специалист» или прошедший специальный отбор кандидат в профессию.

Личный фактор оператора $ЛФ_{оп}$ означает характеристики $F(Ч)$ человека или индивида, воздействующие на негативный результат деятельности R_N :

$$\overline{ЛФ}_{оп} = F(Ч) \rightarrow R_N. \quad (1)$$

Осредненные характеристики представителей любой сформированной профессии ЛФ при взаимодействии существующего состояния машин получили наименование «человеческий фактор» ЧФ:

$$\overline{ЧФ} = F\{\overline{ЛФ} + \overline{М}\} \rightarrow R_N. \quad (2)$$

В СССР и в России в разные годы по предмету «Человеческий фактор» проводились и проводятся исследования и издаются труды теоретического, обзорно-аналитического характера, экспериментального материала [1].

Исследованием ЧФ обременены государственные структуры, административные отраслевые ведомства, изготовители авиатехники, исследовательские организации, международные авиационные организации, национальные институты, авиакомпании и профсоюзы.

Феномен распространенности концепции ЧФ можно объяснить несколькими причинами. В авиации растет понимание неблагоприятного содержания всего комплекса авиаиндустрии: проектирование летательного аппарата, природной, социальной среды деятельности, способов эксплуатации техники, общей организации деятельности.

Следствием является разведение «беда» и «вины» субъекта: акцент внимания не на факт допущенных человеком неправильных или ошибочных действий, а на причины, которые вынудили человека поступить не лучшим образом.

Термин «фактор» (лат., factor) – причинное воздействие; нечто, исходящее (от человека).

«Человеческий фактор», human factor (HF) представляется междисциплинарной областью наук о человеке в техногенной деятельности.

В предмете «Человеческий фактор» в авиации понятия «катастрофа», «авария», «инцидент» и особенно понятия «усложнение условий полета» (УУП), «сложная ситуация» (СС), «аварийная ситуация» (АС), «катастрофическая ситуация» (КС) имеют понятийные описания с размытыми границами.

В концепции ЧФ под «личным фактором» указывается индивидуальное влияние человека на неудачу, а «человеческий фактор» как обобщенная характеристика влияния многих участников деятельности.

Индивид означает известное смешение личности с элементами, принадлежащими общей природе, тогда как личность, напротив, означает то, что от природы отлично» [4].

В системотехническом подходе пилот и экипаж признаются субъектами с ограниченными возможностями и носителями потенциальных нарушений в психической, физиологической и социальной сферах.

Из-за этого возникает операционная ненадежность при взаимодействии с техникой и угроза безопасности деятельности. Эту природу операторов называют «психофизиологическими опасными факторами полета» (ПФОП).

Классификация ПФОП содержит четыре группы из 42 опасных факторов и практические рекомендации их преодоления [2]. Контрольный перечень FSF содержит около 150 опасных факторов, структурированных в восемь групп на психологическом, профессиональном и организационном уровнях [6]. Последние «количественные достижения» насчитывают уже 1800 факторов.

Десятилетиями совершенствуются технологии и процедуры отбора лиц на летную работу. Возникают несбалансированные и нетождественные требования по ЧФ к среднему летному оператору $ЧФ_{оп}$, который обеспечит приемлемые результаты деятельности в течение

карьеру, кандидатов на летную работу $\overline{ЧФ}_{\text{канд}}$, проходящих отбор $C_{\text{отб}}$, и прочих участников авиаиндустрии $\overline{ЧФ}_{\text{уч}}$, составляющих абсолютное большинство:

$$\overline{ЧФ}_{\text{оп}} \in \overline{ЧФ}_{\text{канд}} (C_{\text{отб}}) \in \overline{ЧФ}_{\text{уч}}. \quad (3)$$

В деятельности летного оператора вводится понятие особых ситуаций в полете (ОСП) [3].

Надежность техники относительно повышалась. Только человек оставался источником ненадежности, которая удивительным образом увеличивалась.

Тезис о ненадежности человека породил идею о необходимости совершенствовать машину, а человека тщательно тренировать и детально контролировать.

В основе технологии применения концепции ЧФ лежит постулат о триаде причин происшествия: непосредственной, промежуточной, в основе которых - главная причина.

Технология предлагает вначале определить из несвязанного множества фактов и признаков «непосредственную», то есть ближайшую к исследователю и расследователю причину происшествия – крайне редкого события, с мгновенно исчезающей информацией.

Поэтому главную причину принципиально невозможно определить, поскольку ее формализация возможна из вышеупомянутого множества наименований причин в виде обобщенной формулировки на естественном языке.

Существует деятельность нормальная и аномальная. Нормальной признается та, что ведет к позитивным, удовлетворяющим субъекта или общество результатам. Аномальная деятельность негативна и неудовлетворительна.

Классификации ЧФ создаются на структурированных обобщенных фактах только имевшегося и исключительно на терминах негативного опыта. Классификации составлены в понятиях того, что не следует делать, иначе – ошибках. Сам термин ЧФ мог бы иметь различный смысл и рассматриваться как результат любой деятельности: успешной, неудачной, нейтральной.

Концепция ЧФ распространяется широко средствами массовой информации в сообщениях об авариях и катастрофах в разных сферах деятельности.

Создание теории саморегулирующейся деятельности может начинаться с экспертизы надежности выдвигаемой идеи определенной деятельности, затем экспертизы надежности проектируемых средств воплощения идеи.

Основной вывод настоящей работы о состоятельности концепции ЧФ сводится к возражению против обобщенного наименования предмета «Человеческий фактор», что составляет приемлемый миф общественного сознания. Продуктивнее вести исследовательский поиск созидательной деятельности, структурированной с позиций всех формируемых и возникающих наук о человеке.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Человеческий фактор : в 6 т. / ред. Г. Салвенди. – М., 1991. – 3300 с.
2. Козлов, В. В. Человеческий фактор: история, теория и практика в авиации / В. В. Козлов. – М., 2002. – 280 с.
3. Лейченко, С. Д. Человеческий фактор в авиации : в 2-х кн. / С. Д. Лейченко, А. В. Малишевский, Н. Ф. Михайлик. – СПб., 2005.
4. Пономаренко, В. А. Созидательная психология / В. А. Пономаренко. – М., 2000. – 848 с.
5. Человеческий фактор: психофизиологические опасные факторы полета и их профилактика / ред. В. В. Козлов. – М., 2000. – 320 с.
6. Шаппелл С. А. Система анализа и классификации человеческого фактора (HFACS) / С. А. Шаппелл, Д. А. Вигманн // FSF Flight Safety Digest. – 2001. – № 3. – С. 15–28.

УДК 159.92:378+37.015.3

Ю.Р. Гуро-Фролова

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта»
(г. Нижний Новгород, Российская Федерация)

ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ АВИАЦИОННОГО И ВОДНОГО ТРАНСПОРТА В РАМКАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ

Профессиональное иноязычное межличностное общение является одной из значимых компонент профессиональной деятельности авиационных специалистов и специалистов водного транспорта. Уверенное владение иностранным языком напрямую связано с безопасностью мореплавания и авиаперевозок. Профессионал, свободно владеющий иностранным языком, может элиминировать или минимизировать риски возникновения аварийных ситуаций в небе и на море.

Например, согласно основному нормативному документу для специалистов, работающих на море (Конвенция ПДНВ – Международная конвенция о подготовке, дипломировании моряков и несению вахты) для обеспечения безопасности мореплавания члены экипажей морских судов должны коммуницировать на иностранном (английском) языке в ходе реализации своих профессиональных обязанностей и вступать в диалог с коллегами при бытовых ситуациях на борту судна. Моряки и авиаторы часто объединяют свои усилия. В частности, в рамках Международного авиационного и морского наставления по поиску и спасанию, как результат взаимодействия Международной морской организации и Международной организации гражданской авиации по выработке единого регламента для авиаторов моряков по организации поиска и спасания на море. При этом язык взаимодействия авиационных специалистов и специалистов водного транспорта – английский. Несформированность языковых компетенций в процессе обучения английскому языку будущих авиаторов и судоводителей, как правило, может повлечь за собой авиакатастрофы, происшествия на море – физические, экологические, медицинские, социальные и прочие, что является следствием «человеческого фактора» – человеческих бездействий или действий.

Современные исследователи склонны считать, что человеческий фактор выступает в качестве самого непредсказуемого фактора, принимая во внимание индивидуальные поведенческие реакции, способности и возможности, в том числе и способность специалиста эффективно решать проблемную ситуацию, справляться с нагрузкой. Человеческий фактор в авиации и судоходстве считается одним из ключевых факторов, определяющих состояния безопасности рейсов, полетов, при этом, в качестве наиболее распространенных человеческих факторов выступают ситуационная неосведомленность, несвоевременное оповещение, плохо организованная работа команды, профессиональная некомпетентность, отвлекающие моменты, усталость, а также коммуникация членов экипажей воздушных и морских судов. (Руководство по обучению в области человеческого фактора [1–3]. Автор полагает, что в ходе изучения профессионально-ориентированного иностранного языка при обучении профессионально-ориентированному иноязычному общению будущих специалистов воздушного и водного транспорта возможно внести определенный вклад в минимизацию влияния негативного аспекта человеческого фактора в перспективе.

Современной тенденцией в сфере образования является переход на цифровизацию, отправной точкой при этом выступал стрессово знаменательный 2020 год, сопровождавшийся повсеместным локдауном и введением в образовательных учреждениях всего мира дистанционного обучения.

Основываясь на личностный профессиональный опыт цифрового обучения иностранному языку будущих специалистов конвенционных направлений подготовки в транспортном вузе (судоводители, электромеханики, механики) можно дифференцировать следующие проблемные психолого-педагогические аспекты организации обучения, учет которых помогает организовать более эффективный процесс обучения предмету. Проведенное нами исследование показало,

что процесс обучения «Иностранному языку» в цифровом формате не имеет существенных отличий от очной формы обучения при имплементации поливариантных цифровых форм дистанционной работы с обучающимися, однако, при условии технической поддержки в ходе организации образовательного процесса [5, 6].

Оптимально организованный процесс обучения по дисциплине «Иностранный язык» предполагает наличие цифрового курса-дублера рабочей программы по дисциплине со свободным доступом для обучающихся, который содержит цифровой учебник, аудио и видео материалы, электронные текстовые и видео рекомендации для выполнения работ, электронные грамматические справочники, словари, проверочные задания в виде тестов и творческих цифровых работ-проектов, в целях проведения промежуточного/итогового контроля полученных в ходе освоения предмета результатов, аутентичные профессионально ориентированные образовательные интернет-ресурсы.

Помимо вышеобозначенных условий, мы полагаем, что существенна в ходе реализации электронного обучения онлайн коммуникация в формате «преподаватель – студент – группа студентов», что осуществимо в процессе систематических видео онлайн конференций, предполагающих «живую» онлайн коммуникацию, в том числе и на иностранном языке. Затрагивая проблему технической поддержки электронного обучения, авторы фокусируются на необходимости использования прокторинга в процессе обучения. Например, значима процедура системного контроля в процессе проведения онлайн тестирований/экзаменов. Эта процедура предполагает задействование специалистов-администраторов (прокторов). Могут с успехом использоваться электронные компьютерные программы автопрокторинга. Это особенно актуально в ходе проведения промежуточных и итоговых аттестаций. Практический опыт проведения итоговой аттестации в цифровом формате, в том числе и опыт члена комиссии в рамках государственного экзамена по иностранному языку у будущих моряков-судоводителей показал, что при отсутствии прокторинга порядка 15 % обучающихся пытаются проходить онлайн тестирование/сдать дистанционный экзамен, используя всевозможные дополнительные, в отдельных случаях высокотехнологичные средства, представленные на рисунке.



Рисунок – Нелегитимные способы и средства прохождения итоговой и промежуточной аттестации студентами при отсутствии прокторинга

В заключение и со ссылкой на собственный практический опыт, мы склонны полагать, что цифровизация образовательного процесса, как тенденция нашего времени, показала свою продуктивность в ходе обучения специалистов водного транспорта. Считаем, что должным образом организованный образовательный процесс может быть эффективным и при обучении авиационных специалистов. Однако, с нашей точки зрения, полная замена обучения в формате «человек-человек» на формат «компьютер – человек» с минимизацией межличностной коммуникации, продуктивного обоюдного и регулярного психологического воздействия на участников образовательного процесса не допустима.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Doc 9683. AN/950. Руководство по обучению в области человеческого фактора. – издание первое. – Монреаль : ИКАО, 1998. – 120 с.
2. Кайдалов, Л. А. Кто сидит за штурвалом в «стеклянной клетке» / Л. А. Кайдалов // Транспорт РФ. – 2018. – № 4 (77). – С. 2–7.
3. Федюшин, С. Г. Человеческий фактор в судовождении в аспекте кибернетического подхода / С. Г. Федюшин // Вестник государственного университета морского и речного флота имени адм. С. О. Макарова. – 2018. – Т. 10, № 5. – С. 922–935.
4. Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – специалитет по специальности 26.05.05 Судовождение [Электронный ресурс] : приказ Минобрнауки России от 15.03.2018, № 191. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_295311/.
5. Guro-Frolova, Yu. Remote teaching a foreign language to students of conventional specialities of the Russian University of transport during the world lockdown because of COVID-19 spread / Guro-Frolova Yu., Sedova E., Novik V. // Current problems of social and labour relations: Proceedings of the IX International Scientific and Practical Conference (ISPC-CPSLR 2021). – Amsterdam, 2022. – P. 140–146.
6. Гуро-Фролова, Ю. Р. Psychological and pedagogical problematic aspects of foreign language distance teaching / Ю. Р. Гуро-Фролова // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. – 2021. – Т. 4, № S (82). – С. 17–19.

УДК 004.056

А.И. Кириленко, Д.Н. Смирнов

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

АУДИТ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СФЕРЕ КОММУНИКАЦИИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Актуальность выбранной темы обусловлена следующими факторами:

1. В современном мире развитие технологий во всех сферах, а также скорость передачи и восприятия информации стали очень высокими, что привело к увеличению рисков, связанных с несанкционированным доступом к конфиденциальным сведениям (под которыми понимается определенная информация, доступ к которой ограничен и которая не подлежит без согласия ее обладателя передаче и распространению [1]).

2. Информация о терактах в аэропортах различных стран говорит о повышенной актуальности мероприятий по обеспечению безопасности объектов авиации, включая работы по предотвращению доступа злоумышленников к значимой информации о функционировании систем их управления и жизнеобеспечения [2].

3. Кроме того, пандемия, вызванная распространением вируса COVID-19, неизбежно привела к масштабному переводу преимущественным большинством компаний сотрудников на удаленный режим работы, что потребовало от них оперативного реформирования информационных систем, увеличило нагрузку на информационно-технологическую инфраструктуру, создало дополнительные риски и угрозы для сведений, подлежащих защите [3].

Сейчас перед организациями остро стоит вопрос обеспечения эффективной защиты своих информационных активов, в том числе таких как: базы данных, персональные данные, данные электронных платежных систем и т. д.

Аудит систем информационной безопасности (ИБ) – это независимый и документированный процесс, направленный на оценку полноты и достаточности мероприятий по обеспечению ИБ для минимизации внешних и внутренних угроз на текущем уровне защиты от рисков [4]. Аудит ИБ является основным инструментом измерения и оценки состояния защищенности информационных активов компании по ключевым индикаторам рисков, в результате применения которого вырабатываются предложения по их минимизации до приемлемого уровня.

Одной из причин отсутствия аудита систем ИБ в компаниях является отсутствие понятного и доступного для реализации лицами, отвечающими за общее управление компанией, пошагового плана необходимых мероприятий по инициированию и проведению процедуры аудита систем ИБ [5].

Полагаем, что разработка универсального алгоритма процесса аудита систем ИБ (независимо от вида деятельности компаний, штата сотрудников и размера информационной сети) позволит в целом расширить практику проведения аудитов систем ИБ компаниями (как первичного, так и проводимого на систематической основе) [6]. Все это в конечном итоге должно позволить минимизировать количество уязвимостей и время нахождения систем ИБ пользователей в уязвимом состоянии. Универсальность алгоритма позволит адаптировать его для каждой отдельно взятой компании с учетом размера, финансового положения, потребностей и иных индивидуальных особенностей. В работе не рассматриваются аспекты защиты государственной тайны.

Для разработки универсального алгоритма проведения аудита систем ИБ изучим требования к его проведению, необходимые материально-технические ресурсы и методы проведения.

Основным международным стандартом, регламентирующим деятельность в области защиты информации, является стандарт ISO 27001 (2013 года) [7]. Этот стандарт устанавливает общие требования по созданию, внедрению, поддержке и постоянному улучшению системы менеджмента ИБ в контексте деятельности организации. Стандарт закрепляет, что организация должна через запланированные интервалы времени проводить внутренние аудиты. Также указано, что организация должна:

- планировать, разрабатывать, реализовывать и поддерживать программу(ы) аудита, включая определение периодичности и методов проведения аудита, ответственность, требования к планированию и предоставление отчетности аудита. Программа(ы) аудита должна(ы) учитывать значимость проверяемых процессов и результаты предыдущих аудитов;
- определять критерии и область проведения каждого аудита, выбирать аудиторов и сопровождать проведение аудитов для обеспечения уверенности в объективности и беспристрастности процесса аудита;
- обеспечивать предоставление результатов аудитов соответствующим руководителям организации, хранить документированную информацию в качестве свидетельств реализации программ(ы) аудита и результатов аудита.

В рамках авиационной безопасности требования по ИБ отражены в главе 18 международного Руководства по авиационной безопасности ICAO DOC 8973 [8].

Ресурсы, необходимые компании для проведения аудита, включают в себя следующие элементы: персонал, программное обеспечение, оборудование, помещения, средства передвижения, телекоммуникационные сети и подсети, иные необходимые товарно-материальные ценности, а также время. Отдельно необходимо отметить такой специализированный ресурс

аудита, как защищенный канал связи для сотрудников, проводящих аудит, так как через данный канал связи будет проходить конфиденциальная информация. Идеальным способом защиты будет создание выделенного канала, недоступного третьим лицам, при невозможности такого исполнения, следующим по защищенности решением будет создание выделенной виртуальной защищённой сети, которая обеспечит достаточную защищенность данных [9].

В основном выделяют следующие методы аудита: инструментальный аудит, экспертный аудит, аудит соответствия стандартам, комплексный аудит.

Результатом аудита является заключение о степени соответствия компании/ организации критериям аудита, а также рекомендации по совершенствованию ее инфраструктуры, мер защиты информации, процессов обеспечения и управления ИБ и документационного обеспечения компании.

Ниже представлена общая схема деятельности по комплексной оценке уровня ИБ предприятия (рисунок 1).

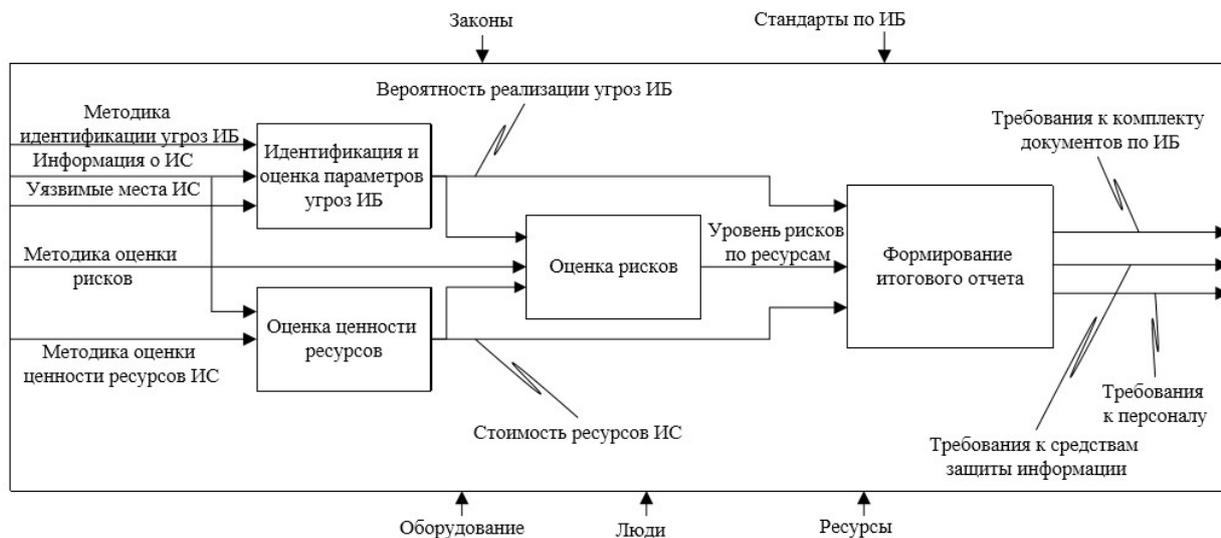


Рисунок 1 – Общая схема процесса комплексной оценки уровня ИБ предприятия

Исходя из рассмотренных исходных данных (законодательное регулирование, ресурсы и методы) разработаем универсальный алгоритм проведения аудита систем ИБ.

Чтобы руководить планированием и проведением аудита должны быть установлены цели программы аудита. Объем программы аудита может меняться. Обобщенно деятельность, связанная анализом и оценкой степени ИБ, представлена следующими стадиями:

- идентификация и оценка характеристик угроз ИБ;
- оценка защищенности (уровень риска);
- оценка ценности ресурсов;
- составление итогового отчета.

Предлагаемый универсальный алгоритм аудита систем ИБ [10] выглядят следующим образом (рисунок 2).

Представленный универсальный алгоритм аудита систем ИБ позволяет провести: анализ защищенности ресурсов конкретной информационной системы; обнаружение и оценка риска, связанного с дальнейшей деятельностью компании; расчет негативных последствий; разработка стратегии внедрения контрмер; генерация отчетности; отражение выгоды при устранении риска и его последствий. Разработанный алгоритм отвечает следующим требованиям: соответствует международным стандартам; прозрачен и понятен для пользователя; учитывает финансовые возможности компаний по несению оправданных затрат на аудит; позволяет обеспечивать непрерывность процесса аудита для контроля уровня рисков.

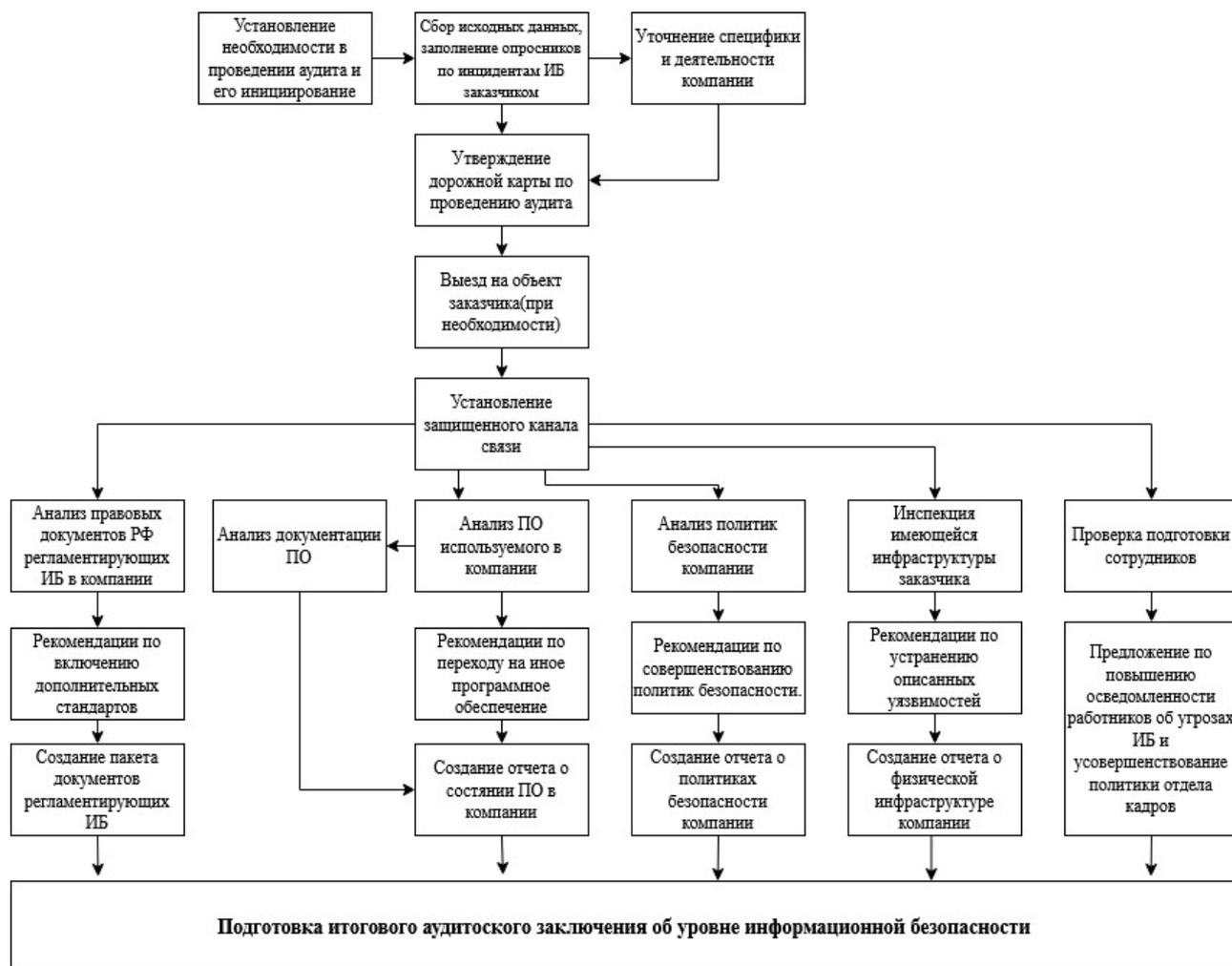


Рисунок 2 – Схема универсального алгоритма аудита систем ИБ

Универсальность предложенного алгоритма позволит адаптировать его для каждой отдельно взятой компании с учетом ее размера, финансового положения, потребностей и иных индивидуальных особенностей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Сивова, М. Отличие коммерческой тайны от конфиденциальной информации [Электронный ресурс] / М. Сивова // Klerk.ru. – 2023. – Режим доступа: <https://www.klerk.ru/buh/articles/572534/>. – Дата доступа: 22.10.2023.
2. Обеспечение информационной безопасности гражданского аэропорта [Электронный ресурс] / АНО ВПО МИСБ // Webkursovik.ru. – 2012. – Режим доступа: <https://www.webkursovik.ru/kartgotrab.asp?id=-103255>. – Дата доступа: 22.10.2023.
3. Стахийев, С. Н. Организационные проблемы перехода на дистанционную работу в условиях пандемии / Н. С. Стахийев // Телескоп: журнал социологических и маркетинговых исследований. – 2021. – № 2. – С. 147–150.
4. Как провести аудит информационной безопасности бизнеса [Электронный ресурс] / ООО «ДАС ГРУПП» // Klerk.ru. – 2023. – Режим доступа: https://www.klerk.ru/blogs/das_group/581058/. – Дата доступа: 21.10.2023.
5. Новиков, А. Н. Аудит систем управления экономическими объектами в авиационной отрасли [Электронный ресурс] / А. Н. Новиков // Электронный журнал «Труды МАИ». – 2023. – № 73. –

Режим доступа: – <https://trudymai.ru/upload/iblock/822/822c84816471973909c6d761f29023ac.pdf?referer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F>. – Дата доступа: 21.10.2023.

6. Суханов, А. Информационная безопасность в гражданской авиации [Электронный ресурс] / А. Суханов // Tourlib.net. – 2016. – Режим доступа: https://tourlib.net/statti_tourism/suhanov.htm. – Дата доступа: 20.10.2023.

7. Международный стандарт ISO/IEC 27001 «Информационные технологии – Методы защиты – Системы менеджмента информационной безопасности – Требования» [Электронный ресурс] // Certgroup.org. – 2013. – Режим доступа: <https://certgroup.org/wp-content/uploads/2023/06/iso-mek-27001-2013rus.pdf>. – Дата доступа: 20.10.2023.

8. Иванов, Э. Информационная безопасность на объектах авиационной транспортной инфраструктуры [Электронный ресурс] / Э. Иванов // Secuteck.ru. – 2022. – Режим доступа: <https://www.secuteck.ru/articles/informacionnaya-bezopasnost-na-obektah-aviacionnoj-transportnoj-infrastruktury>. – Дата доступа: 23.10.2023.

9. Макаренко, С. И. Аудит информационной безопасности / С. И. Макаренко // Системы управления связи и безопасности. – 2018. – № 1. – С. 1–29.

10. Смирнов, Д. Н. Аудит систем информационной безопасности : дипломная работа : 10.02.05 / Д. Н. Смирнов ; АНО ПО «Международная Академия Информационных Технологий «ИТ ХАБ». – М., 2023. – 58 с.



**СЕКЦИЯ 8.
СТАНОВЛЕНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ**



УДК 930:629.7

Т. Boyka, А. Kavalenka

*Educational institution "Belarusian State Academy of Aviation"***ESTABLISHMENT OF CIVIL AVIATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS**

Air transport of the Republic of Belarus is a complex of organizations carrying passengers and goods both within the state and abroad. These enterprises are state institutions and are part of the Aviation Department of the Ministry of Transport and Communications of the Republic of Belarus. Civil aviation plays a significant role in ensuring the sustainable development of the Republic of Belarus. It is one of the catalysts for economic growth and business activity, that contributes to the formation of international relations and deepening economic integration on a regional and global scale.

The history of Belarusian civil aviation dates back to November 7, 1933, when the grand opening of the Minsk airport terminal, the first Belarusian passenger terminal, took place. The following spring, 3 Po-2 aircraft landed in Minsk, belonging to the Smolensk Air Division of the special application of the Moscow Civil Air Fleet Directorate. It was the moment that became decisive in the formation and development of civil aviation of the Republic of Belarus [1].

Over the next 50 years, Belarusian civil aviation actively developed. Within just 3 years after the opening of the Minsk airport, the first postal and passenger flight between Minsk and Moscow was launched, and by 1940 there were already eight such flights. Various aviation units were established in Minsk, Brest, Pinsk, Bobruisk and other cities, with the introduction of new types of aircraft models such as the Yak-12, Il-12, An-2v and An-10. During that time, the construction of repair and aviation base No. 407 was built in Minsk, also there was the establishment of air routes from the capital of Belarus to Leningrad, Kyiv, Riga, Odessa, Sukhumi, Sverdlovsk, Novosibirsk and other large cities of the USSR at that time. Passenger traffic from Belarusian airports saw a significant increase during that period, with a 16-fold growth on local airlines compared to the immediate post-war years. Since 1968, Belarusian aviators annually transported over a million passengers by air [2].

At the same time, there was an active replenishment of the air fleet of the Belarusian Civil Aviation Administration. Over the years, the Tu-124 passenger aircraft was acquired, and the operation of the Tu-134A aircraft commenced. In August 1983, the first Tu-154 aircraft was transferred to the possession of the Minsk Aviation Technical Base.

After the collapse of the USSR and getting the independence of the Republic of Belarus in 1991, the Belarusian Civil Aviation Association "Belavia" was established, inheriting the fleet of aircraft previously belonged to the Belarusian Administration. The structure of the association included all civil aviation enterprises of the Republic of Belarus. Then, on March 5, 1996, the Belarusian Civil Aviation Association underwent a restructuring, as a result the National Airline "Belavia" was formed [3].

Over the past 20 years, the pace of development of civil aviation has increased significantly. The National Airline "Belavia" is a member of the International Air Transport Association (IATA), which unites more than 250 airlines from 140 countries around the world. Its fleet consists of Boeing and Embraer aircraft. These airliners meet the requirements of global safety and noise standards and can operate flights to both near and distant foreign countries without any restrictions.

One of the prominent players in the aviation industry is the leading cargo carrier of Belarus, "TransAviaExport". Its formation was based on conversion parts and units of military transport aviation, consisting of IL-76 aircraft. The crews were formed from the servicemen of the Air Force and specialists of civil aviation of the Republic who underwent special retraining. Currently, the airline also operates aircraft of a more modern class – Boeing types [4].

Today, in order to achieve high growth rates, the aviation industry is being modernized: the fleet of aircraft and air navigation equipment is being updated, the material and technical base of airports is developing and improving, and repairs and maintenance of aviation equipment are

reaching a qualitatively new level. Along with this, the requirements for ensuring the safety of air transport are increasing in terms of the quality of personnel training in this industry. Improvement of the system of training, retraining and upgrading of personnel qualifications, the introduction of new educational technologies will allow to provide the aviation industry of our country with qualitatively new personnel potential.

The basic educational institution for the preparation of domestic highly qualified aviation specialists is the Belarusian State Academy of Aviation (hereinafter referred to as BSAA) – the only higher aviation educational institution in the Republic of Belarus. Over the 49 years of the existence of BSAA, the type and name of the institution changed several times, but its main functional purpose remained unchanged and consisted in providing the aviation industry with engineering and technical personnel. At the current stage, a lot has been done at BSAA to improve the efficiency and effectiveness of scientific research. A department of strategic research in the field of civil aviation and a scientific research laboratory were created. Due to the constant work on improving the quality of educational and scientific activities, the export of educational services of BSAA is successfully carried out. Citizens of more than 10 countries of the world, including Russia, Turkmenistan, Kazakhstan, Israel, Congo and other countries, receive aviation education at BSAA today [5].

The Republic of Belarus made a significant contribution to the development and improvement of civil aviation. The country reached several significant achievements in this area:

- establishment and development of national air carriers;
- reconstruction and modernization of airports of the Republic of Belarus;
- high level of flight safety;
- using new technologies that improve flight efficiency, fuel economy and environmental protection [6].

Belarusian civil aviation keeps striving for new achievements in the field of passenger transportation and the development of aviation infrastructure. The key direction of development is the creation of new flights, both domestic and international, to increase the mobility of the population, and the development of the tourism business. Also, special attention is paid to the modernization of the aviation fleet.

Thus, civil aviation in the Republic of Belarus has a long history of development, starting with the first steps in creating the aviation industry in the Soviet Union. Nowadays, civil aviation in the country keeps developing and improving, using new technologies and standards. The modernization of airports, the acquisition of the latest aircraft and the constant renewal of the technical base let the country successfully fulfill its obligations under various international agreements and safety standards in aviation. Civil aviation in Belarus is becoming an integral part of the national economy, it is an important element of infrastructure. The government of the country promotes the development of the aviation industry and takes measures to improve the level of passenger service. So, we can expect further growth and prosperity of civil aviation in the Republic of Belarus.

REFERENCES

1. Belavia – Wikipedia [Electronic Resource]. – Access mode: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D0%B5%D0%BB%D0%B0%D0%B2%D0%B8%D0%B0> – Access date: 19.10.2023.
2. Shchavlinsky, N. B. History of the creation and development of civil aviation of Belarus (1933 – mid-1980) / N. B. Shchavlinsky. – Minsk : BGATU, 2011. – 188 p.
3. Company history. The official website of Belavia Airlines [Electronic resource]. – Mode of access: <https://belavia.by/o-kompanii/istoriya-kompanii/>. – Date of access: 19.10.2023.
4. To new heights. Civil aviation of Belarus – 85 years [Electronic resource]. – Mode of access: https://aif.by/timefree/history/k_novym_vysotam_grazhdanskoy_aviacii_bearusi_-_85_let. – Date of access: 19.10.2023.
5. Belarusian state Aviation Academy: On the Wings of Time [Electronic resource]. – Mode of access: https://bgaa.by/sites/default/files/inline-files/vysheyshaya-shkola-5_2019.pdf – Date of access: 19.10.2023.

6. Civil Aviation Day of the Republic of Belarus: history and achievements [Electronic resource]. – Mode of access: <https://mdou9-vishenka.ru/den-grazhdanskoj-aviaczii-rb-istoriya-i-dostizheniya>. – Date of access: 19.10.2023.

УДК 93/94+629.7

А.В. Брич, Е.П. Сучкевич, С.Е. Станкевич

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ФЁДОР ФЁДОРОВИЧ ЕВСТАФЬЕВ – ИЗОБРЕТАТЕЛЬ ИЗ БЕЛАРУСИ

Что такое национальная гордость, в чем она проявляется, как закладывается это чувство в сознание молодого поколения, и какой вклад нужно внести, чтобы это вошло в страничку истории? Попробуем разобраться в этих достаточно непростых вопросах.

Национальная гордость – это чувство, которое закладывается путем воспитания в сознание подрастающего поколения путем формирования глубоких знаний исторических событий и подвигов, изобретений и открытий, представляющие собой культурное наследие. Память о достижениях и внесенного вклада на благо своей страны и народа – является не просто ключевым словом, а основным триггером, который как объединяет, так и вкладывает в сердца молодых людей чувство патриотизма и национальной гордости.

Гордость – это положительная эмоция, которую испытывает человек при достижении собственного успеха, а также значимых, важных и ценных свершений, рекордов, побед, как выдающихся, так и простых людей.

В нашей стране есть много достойных и величайших людей, результаты труда которых, их роль и достижения в различных направлениях вносили определенный прогресс и формирования национальной гордости, в истории авиации также есть человек – изобретатель самоучка Фёдор Фёдорович Евстафьев, вклад которого вызывает непоколебимое чувство гордости.

Какой вклад внес этот человек в страничку истории Беларуси, как это связано с авиацией и почему Евстафьева можно назвать покорителем неба из Трубчевска? В истории авиации есть много достижений и побед, есть много первооткрывателей в воздухоплавании и дирижаблестроении, создателей планеров и самолетов. А кто же был первым в идеи создания вертолета, и кому это с практической точки зрения удалось осуществить?

Можно предположить, что первый прообраз вертолета был получен еще в Китае в начале IV века, где было изобретено определенное устройство, своего рода игрушка, имеющая две горизонтальные лопасти из перьев. Крепились они к единому основанию в виде палочки, при раскручивании которой в человеческих ладонях данная конструкция взмывала, и некоторое время могла продержаться в воздухе, подчиняясь силе и направлению ветра, можно сказать дрейфовала. Намного позже в конце XV века Леонардо да Винчи, изучая теорию полета древнекрылатых насекомых – стрекоз, создал чертеж впечатляющего летательного аппарата с инженерным решением того времени, принцип работы которого напоминает физические процессы современных вертолетов. В истории авиации – это был первый проект, идея которого предполагала вертикальный взлет. В середине XVIII века идеей вертикального взлета заинтересовался Михаил Васильевич Ломоносов. Он создал свой проект, а затем и небольшую модель, которую изобретатель назвал «Аэродинамическая машина». В его изобретении имелся встроенный механизм – это часовая пружина. Под ее сильным действием приводились в движение крылья, которые при движении в противоположном направлении, как бы прижимая воздух, поднимали машину вертикально вверх. И 1 июля 1754 г. Ломоносов не только продемонстрировал свою модель, но и провел эксперимент, который увенчался успехом, об этом факте свидетельствует запись в протоколе заседания Академии наук, сделанная на латинском языке. Ученый был намерен использовать свое

изобретение с целью изучения физических явлений земной атмосферы, поэтому он планировал проводить замеры и крепить регистрирующие приборы к аэродинамической машине. Однако силы пружины не хватило, чтобы поднять вверх и устройство, и приборы, поэтому проект не увенчался успехом и вследствие чего Михаил Васильевич больше к нему не возвращался. Проект Ломоносова «Аэродинамическая машина» является уникальным изобретением того времени, однако его модель была далека до создания летательного аппарата, который не просто смог бы вертикально подниматься в воздух, преодолевая гравитацию земного притяжения, но и обеспечивать управляемый полет, то есть пилотирование. Это смогло осуществиться лишь только в начале XX века, когда человеку удалось впервые поднять в воздух лопастной геликоптер (до 1940 года так было принято называть вертолеты). Этот человек – Фёдор Фёдорович Евстафьев белорус и наш соотечественник, который вызывает огромное чувство гордости, так как, являясь обычным человеком, столяром по профессии, работая в паровозном бюро, он увлекался разработками и конструированием и был настоящим изобретателем и к тому же самоучкой. Он первый во всем мире в 1912 г. получил патент на геликоптер. В Российской национальной библиотеке в Санкт-Петербурге хранится привилегия (патент), выданный Ф. Ф. Евстафьеву, жителю города Гомеля, на изобретение геликоптера. Привилегия опубликована 28 августа 1912 г. за номером 22272 [1].

Фёдор Фёдорович родился в конце XIX века в городе Трубчевске, который в те времена относился к Орловской губернии, а в настоящее время данное местечко относится к Брянской области. По новому стилю исчисления его дата рождения считается 12 октября, по-старому 24 этого же месяца 1862 г. Еще, будучи совсем ребенком, будущий изобретатель, постоянно пытался что-то мастерить, используя элементарные подручные материалы из деревянных планок, небольших кусочков жести и обрезков проволоки, даже ниточные катушки тоже могли пойти в ход. Однажды, когда его отец спросил, что же он делает сидя уже долгое время на полу, малыш очень серьезно ответил, что он изобретает самодвижущую повозку. Тогда его считали выдумщиком и фантазером, но отец очень надеялся, что мальчик выучится и действительно смастерит что-нибудь путное. Однако Фёдору пришлось очень быстро повзрослеть, в юном возрасте он стал сиротой, и у него просто не оставалось выхода и выбора в том числе, так он, чтобы не умереть с голоду был вынужден пойти работать. Однажды, когда еще совсем ребенком он работал на барже и ему поручили задание – из трюма необходимо было вычерпать воду, и чтобы не терять время и не бегать вниз и вверх из трюма на палубу с ведрами воды, он придумал механизм и черпал воду как из колодца.

В возрасте пятнадцати лет с 1887 г. он работал на заводе, занимающегося выпуском различного рода орудий, зарядных ящиков, колес и др. Завод находился в Брянске и назывался «Арсенал». На его долю также выпал очень тяжелый труд бурлака на речных судах и плотогона – перегонял плоты от одного берега реки к другому. В 1903 г. в возрасте 41 года Фёдор Фёдорович Евстафьев начал работать столяром в паровозном депо в Гомеле.

Евстафьев обладал уникальными способностями и достигал отличных результатов в разных сферах своей деятельности. Ему были интересны многие направления, и блестящие идеи находили свое воплощение в устройствах, различных приспособлениях и механизмах, например, для чистки паровозных котлов, дымогарных и жаровых труб от сажи, а также их пробивке при засорении. Для очистки от снега железнодорожных путей он придумал своего рода снегоуборочную машину в виде специального экскаватора, им же был изобретен домкрат, позволяющий поднимать вагоны, а для подачи для топки угля на паровозах – эстакаду.

Идея создания летательного аппарата, способного осуществлять подъем по вертикали вверх над землей, неподвижно зависать в воздухе, при этом осуществлять это на требуемой высоте и при необходимости горизонтально перемещаться, а также совершать посадку Евстафьеву пришла в момент, когда он работал по усовершенствованию пароходного гребного колеса. Он задумался и стал размышлять над возможностью создания своего рода воздушного корабля, который имея лопасти, смог бы перемещаться в воздухе, как морские

суда перемещаются по воде. Фёдор Евстафьев заинтересовался увлекательной идеей и переключился с водного транспорта на изобретения в области авиации. Он досконально просматривал выписываемый бюллетень, в котором Императорский всероссийский аэроклуб публиковал немногочисленные конструкции самолетов и аэропланов, внимательно осваивал их и изучал аэродинамику полета. Гомельский столяр детально знал размеры, технические характеристики летательных аппаратов тяжелее воздуха, самостоятельно разобрался в теории воздухоплавания.

В течение шести лет, начиная с 1903 г. он работал над созданием такого аппарата, и в 1909 г. Евстафьеву удастся закончить свою первую модель, размер которой был выполнен в метровую величину. Изобретенный геликоптер (название обозначает винтовое крыло) полностью обладал определенными возможностями современных вертолетов – он мог взлетать и осуществлять посадку вертикально, совершать горизонтальный полет и зависать в воздухе. Модель была отправлена в этом же году на промышленную выставку, которая состоялась в 1910 г. в городе Екатеринославль. Охранное свидетельство за свое изобретение Фёдор Фёдорович Евстафьев получил 16 августа в 1910 г., оно было зарегистрировано под № 44753. На этом изобретатель-самоучка не остановился и передал свои чертежи в Императорский всероссийский аэроклуб. Потребовалось два года на исправление недочетов и в 1912 г. согласно указу Императора Николая II, Фёдор Евстафьев получил привилегию в виде патента на свое изобретение. На основе данного документа конструктор-самоучка имел полное право построить летательный аппарат в натуральную величину. Однако поддержка со стороны правительства не оказывалась, всю работу он должен был выполнить за свои собственные денежные средства, которых у простого мещанина просто не было.

Спустя девять лет в 1921 г. 13 июня Фёдор Фёдорович, будучи уже советским гражданином снова подает заявку на подтверждение своего изобретения с просьбой о получении свидетельства, подтверждающего его право владения. И только через одиннадцать лет (13 июля 1932 г.) было получено подтверждение его заявки и Евстафьеву выдали авторское свидетельство на его собственное изобретение номер, которому был присвоен 1429.

В годы ожидания повторного свидетельства Фёдор Евстафьев в 1922 г. приступил к новому проекту с целью разработки совершенного нового вертолета, предназначенного для перевозки пассажиров. Конструктивно были внесены новые решения, которые смогли бы обеспечить и устойчивое положение летательного аппарата и влиять на скорость вертикального взлета и горизонтального полета. Для этого конструктор предусматривал гироскопические диски, которые в зависимости от необходимости могли играть роль воздушных винтов, а также дополнительные четыре пропеллера, обеспечивающие изменение направления как горизонтального, так и вертикального полета. Данный проект был рассмотрен советскими учеными и авиаконструкторами, в нем было выделено много ценных идей и эффективных узлов, поэтому Евстафьев, получив рекомендации и до 1940 г. дорабатывал и вносил изменения в свой проект. Через год гениальный изобретатель ушел из жизни, и свое детище он так и не успел отправить в небо.

Интересные факты из жизни Фёдора Евстафьева: личной инициативой этого талантливого человека стала организация ячейки изобретателей в Гомеле, в своем доме он создал экспериментальное бюро, в его служебном удостоверении занимаемая должность с 1927 г. значилась как изобретатель. В 1928 г. ему было присвоено почетное звание Героя труда, а также он был награжден за большие заслуги орденом Трудового Красного Знамени [1]. Даже находясь уже на заслуженном отдыхе, очень активно принимал участие в различных объединениях и кружках по конструированию авиапланеров.

Бронзовая мемориальная доска на фасаде здания административного корпуса депо, сообщает, что история Гомельского паровозного предприятия связана с именем гениального конструктора и талантливого изобретателя Ф. Ф. Евстафьева, память и гордость белорусов не только этого города оправдана на долгие века.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Фёдор Фёдорович Евстафьев – первый белорусский изобретатель-самоучка [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rntbcat.org.by/belnames/F_HTML/Evstafev.html. – Дата доступа: 21.10.2023.

УДК 338.27

А.В. Гранчик, А.Д. Игнатович

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ АВИАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

В настоящее время развитие транспортной инфраструктуры в соответствии с потребностями регионов становится все более важным аспектом для обеспечения устойчивого экономического роста и социального развития. В этом контексте региональная авиация выступает важным средством обеспечения связности и эффективности региональных территорий. В Беларуси региональная авиация имеет большой потенциал для развития и может стать ключевым инструментом укрепления социально-экономической интеграции в регионах [1].

Целью данной работы является исследование и анализ текущего состояния и возможностей развития региональной авиации в Беларуси. Для достижения этой цели мы поставили следующие задачи:

1. Анализировать текущую инфраструктуру, роли и функции региональной авиации в регионах Беларуси.
2. Определить факторы, ограничивающие развитие региональной авиации в Беларуси, и предложить возможные стратегии преодоления этих ограничений.
3. Исследовать международный опыт развития региональной авиации и выявить передовые практики, которые можно применить в контексте Беларуси.
4. Сформулировать рекомендации по повышению эффективности и развитию региональной авиации в Беларуси.

В рамках исследования будут использованы различные методы сбора и анализа данных, такие как анализ статистических данных, изучение литературы, анализ международного опыта [4].

С недавнего времени люди снова могут наслаждаться свободой путешествий, общением друг с другом, преодолевая самые разные расстояния. По прогнозам экспертов, к концу 2023 года спрос на авиаперевозки в большинстве регионов будет восстановлен до допандемического уровня или даже превысит его. На самом деле важность авиации стала абсолютно очевидной именно благодаря ограничениям, связанным с пандемией COVID-19. Люди осознали, что качество их жизни ухудшилось, а экономика пострадала.

Теперь же большинство признало жизненно важную роль авиации как экономического стержня, оказывающего финансовую помощь многочисленным сферам бизнеса.

Таким образом, данная работа имеет важное значение для понимания текущего состояния и перспектив развития региональной авиации в Беларуси, а также для предложения конкретных мер для устранения препятствий и повышения эффективности авиационной деятельности в регионах страны.

Важным путем развития авиации в Беларуси становится развитие авиации в областях. Учитывая, что региональные аэропорты сейчас удовлетворяют всем требованиям ИКАО, большое внимание уделяется состоянию ВПП, а также имеют статус международных аэропортов можно задуматься о введении областных маршрутов [2]. Основной задачей является эффективность данных перевозок, так как выполнять полеты на 300–500 километров на таких самолетах как Embraer 175 или Boieng 737 будет затратно для авиакомпании и в

следствии будет принята мера поднять цены на билеты. Однако, 20 августа Беларусь планирует в рамках соглашения с РФ организовать на своей территории производство легкого 12-местного самолета. Благодаря сотрудничеству с Россией мы сможем начать развивать авиацию внутри страны.

Как пример успешного развития региональной авиации можем взять развитие региональной авиации в России.

Пассажиропоток российских авиакомпаний в январе – мае 2023 года вырос почти на 21 %, до 37,5 млн человек, следует из данных Росавиации. Это максимальный темп роста с начала 2023 года. В частности, за май перевозки сразу подскочили на 30 % к маю предыдущего года, достигнув 8,7 млн пассажиров в месяц [3].

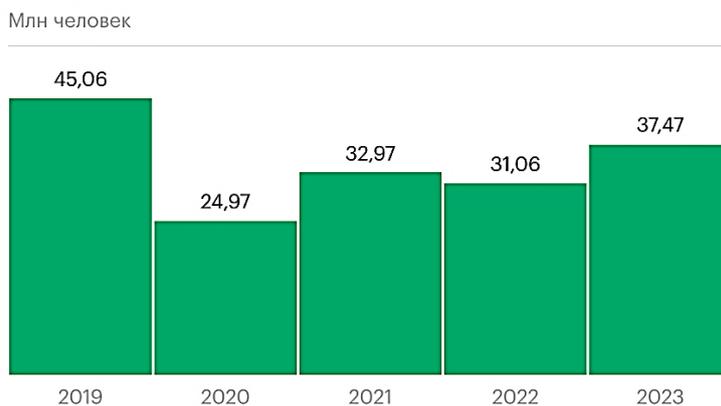


Рисунок – Изменение пассажиропотока российских авиакомпаний за январь – май

Существенный рост вполне отражает стабилизацию рынка и отложенный спрос на туристические путешествия. Основной тренд последнего года – рост внутреннего туризма, доля перевозок в обход Москвы увеличивается. Так, в мае 2023 года аэропорт Пулково (Санкт-Петербург) благодаря росту пассажиропотока на 30 % стал вторым аэропортом страны по числу обслуженных пассажиров (1,75 млн), уступив только Шереметьево.

Как мы можем увидеть благодаря региональной авиации России достигнуты показатели 2019 года и число будет увеличиваться.

На основе проведенного анализа текущего состояния региональной авиации в Беларуси и ее роли в развитии регионов можно сформулировать следующие рекомендации по повышению эффективности и развитию данной отрасли:

1. Развитие сети областных авиалиний: необходимо расширение маршрутной сети областной авиации, включая открытие новых регулярных пассажирских и грузовых маршрутов. Это позволит повысить доступность и связность региональных территорий, способствовать развитию туристической индустрии и облегчить бизнес-перевозки в регионах.

2. Внедрение современных технологий: необходимо осуществлять модернизацию и обновление авиационной техники, внедрение новых технологий и эффективных систем управления, которые позволят повысить безопасность полетов, снизить затраты на эксплуатацию и улучшить обслуживание пассажиров и грузов.

3. Повышение конкурентоспособности региональных авиалиний: для привлечения большего числа пассажиров необходимо осуществлять маркетинговые исследования и проводить активные маркетинговые и рекламные кампании, предлагая конкурентоспособные тарифы, удобные расписания и высокий уровень обслуживания.

4. Повышение доступности и качества аэропортов: необходимо проводить модернизацию и развитие аэропортов, обслуживающих региональные авиалинии, с целью обеспечения высокого уровня сервиса пассажиров и грузовых перевозок. Важным аспектом является улучшение наземной инфраструктуры, расширение таможенных процедур и приземления оборудования.

5. Поддержка со стороны государства: для стимулирования развития областной авиации в Беларуси целесообразно предоставление финансовых поощрений и льготных условий для компаний, занимающихся региональными авиалиниями, а также содействие в привлечении инвестиций и создании партнерских отношений с ведущими авиационными компаниями.

6. Международное сотрудничество: расширение международного сотрудничества в области региональной авиации позволит привлечь опыт и применять передовые практики из других стран. Необходимо активно участвовать в международных авиационных форумах, конференциях и обменах опытом для повышения эффективности и инновационности региональной авиации.

Эти рекомендации направлены на развитие региональной авиации в Беларуси, повышение ее эффективности и конкурентоспособности, а также обеспечение устойчивого развития регионов. Однако, необходимо учитывать особенности регионального контекста и адаптировать данные рекомендации, чтобы они соответствовали конкретным условиям и потребностям Беларуси.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Глобальный план обеспечения безопасности полётов : утв. и опубликовано с санкции Генерального секретаря. – Монреаль : ИКАО, 2022. – 58 с.

2. Об утверждении Программы социально-экономического развития Республики Беларусь на 2021–2025 годы : указ Президента Республики Беларусь, 23 июня 2021 года, № 292. – Минск, 2021. – 75 с.

3. Региональная авиация России [Электронный ресурс] / Cyberlenica. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/regionalnaya-aviatsiya-rossii>. – Дата доступа: 15.10.2023.

4. Что происходит в сфере авиаперевозок [Электронный ресурс] / MYFIN. – Режим доступа: <https://myfin.by/stati/view/turbulentnost-v-sektore-aviaperevozok>. – Дата доступа: 15.10.2023.

УДК 629.7

Ю.Л. Гурецкая

ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407»

ОАО «МИНСКИЙ ЗАВОД ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ № 407: ОТ ЛИ-2 ДО МС-21 И SJ-100»

Заняв нишу на рынке оказания авиационных услуг, ознакомив весь мир с высоким качеством своей работы и получив признание как надежный поставщик услуг и партнера, ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» намерено расширять, реорганизовывать свою деятельность. Современный рынок требователен к компетенциям, и, намереваясь оставаться на респектабельных позициях авиационной организации, ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» заинтересовано в адаптации своей деятельности к актуальному спросу. Кроме того, следует отметить, концепция нерушимости национальной безопасности и выстраивание курса внешней политики создают предпосылки для перехода на качественно новый уровень развития.

История зарождения Минского авиаремонтного завода неразрывно связано с бурным развитием всех промышленных предприятий Беларуси послевоенного периода. Создание авиаремонтного предприятия диктовалось экономической необходимостью. Восстановление и развитие народного хозяйства страны постоянно требовали увеличения парка самолетов гражданского воздушного флота.

В 1946 году с получением Минским авиационным отрядом самолетов Ли-2 из частей ВВС и Ташкентского авиационного завода стали осуществляться регулярные полеты.

Началось строительство Минского аэропорта. Приступили к планировке взлетно-посадочной полосы, строительству аэровокзала, ангара, котельной, силовой подстанции, помещения для линейных эксплуатационно-ремонтных мастерских и других подсобных помещений. И уже в 1952 году Совет Министров СССР принял решение об организации на базе Минского аэропорта авиаремонтной базы.

С 2018 года деятельность завода осуществляется на территории Национального аэропорта Минск, вблизи АТБ «Белавиа», логистическим комплексом, центром деловой авиации, являя собой часть авиационного кластера Республики Беларусь, впереди у которого намечается интенсивное развитие.

Сейчас Минский завод гражданской авиации 407 – это технологически оснащенный ангар по техническому обслуживанию ремонту авиационной техники общей площадью 18 000 м² с прилегающими перроном и иными средствами производства для оказания сопутствующих услуг.

Размеры ангарной части составляют 99,6×84 м и высотой до низа конструкций потолка 23,8 м и позволяют размещать одновременно до шести узкофюзеляжных воздушных судов типа Boeing 737.

Ворота ангара управляются электроприводом или вручную. Для подвода инженерных коммуникаций к зонам ремонта самолетов предусмотрено устройство подземных коммуникационных тоннелей. Ангар оборудован системой отопления для обеспечения минимального уровня температуры +15 °С. Для комфортной работы сотрудников в ангарной части предусмотрено устройство водяного теплого пола. Для обеспечения выполнения работ при естественном освещении, верхняя треть стен ангара застеклена. Для выполнения работ при недостаточном естественном освещении ангар оборудован системой искусственного освещения, которая представлена люминесцентными осветительными лампами, с мощностью света 300 люкс, с возможностью подключения дополнительного (переносного) освещения.

Для обеспечения технического обслуживания ВС энергоносителями ангар оборудован тремя люковыми системами питания (Hatch PIT-Systems) и тремя лифтовыми системами питания (Pop Up PIT-Systems). Каждая система оборудована: розетками электропитания для подключения трансформаторов, оборудования, осветительных приборов, электроинструмента; коннектором для раздачи сжатого воздуха с рабочим давлением.

Система пожаротушения включает в себя стационарную полуавтоматическую водяную и автоматическую пенную системы. Дополнительно к стационарной системе пожаротушения, в ангаре расположены переносные огнетушители.

Платформы и доковая система PERI UP ROSETT обеспечивают доступ к самолетам при выполнении технического обслуживания и ремонта.

В 2024 году ожидается ввод в эксплуатацию еще одного современного, высокотехнологичного ангара технического обслуживания и покраски, общей площадью 14 400 м², позволяющего разместить широкофюзеляжный самолет типа Airbus A350.

Иными словами, современная производственная площадка на территории Национального аэропорта Минск подготовлена к приему воздушных судов на техническое обслуживание любой сложности.

Сертификат 285-16-125 Федерального агентства воздушного транспорта Министерства транспорта Российской Федерации дает право ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» выполнять техническое обслуживание и ремонт воздушных судов и Ту-134, Як-40, Як-42, Ил-76 различных модификаций и их компонентов, техническое обслуживание RRJ-95, а также капитальный ремонт самолетов Ту-134, Як-40, Як-42, Ил-76, выполнять доработки по бюллетеням, изготавливать компоненты для нужд собственного ремонтного производства.

В ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» внедрена СМК, поэтому техническое обслуживание, ремонт, модификация, изготовление компонентов и покраска самолетов выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ Р ИСО 9001:2015, ГОСТ Р 58876–2020.

Для обслуживания авиационной техники иностранного производства с 2020 года осуществляет свою деятельность как организация по техническому обслуживанию и ремонту воздушных судов Boeing 737-300/400/500, Boeing 737-700/800/900, Airbus A320 унитарное предприятие «407 Техникс». Ввиду того, что унитарное предприятие «407 Техникс» сформировано из сотрудников и за счет средств ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407», оба самостоятельных юридических лица сотрудничают на принципах взаимной поддержки и бережливого производства, вовлекая персонал и средства производства друг друга на основании договорных отношений.

Уделяющее значительное внимание высокому уровню квалификации персонала, в структуре унитарного предприятия «407 Техникс» действует отдел инжиниринга и планирования, состоящий из команды квалифицированных, с опытом инженеров, стремящихся реализовывать строго индивидуальный подход к каждому заказчику, делая буквально каждый проект уникальным.

Перрон вместимостью более 20 самолетов и наличие оборудованной производственной базы, используемой по подрядным договорам, позволяют существенно снижать издержки заказчиков.

Навыки работы в различных информационных системах, таких как AMOS, OASES, ORACLE, AMASIS дают преимущества специалистам унитарного предприятия «407 Техникс» в сфере выполнения технического обслуживания и ремонта самолетов.

Филиал ОАО «Минский завод гражданской авиации 407» предприятие «Белдортехника» основано в 1991 как выпускающее современную дорожную технику для строительства, ремонта и содержания автомобильных дорог. В распоряжении предприятия собственные конструкторская и технологическая службы, парк основного оборудования с более 60 единицами специальной техники.

Продукция «Белдортехники» реализуется в Казахстан, Российскую Федерацию и иные страны ближнего зарубежья.

Сегодня о «Белдортехнику» можно с уверенностью называть одним из ведущих производителей дорожно-строительной техники в Республике Беларусь. А коррелируя с предложением услуг ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» в области технического обслуживания и ремонта самолетов, «Белдортехника» осваивает производство, ремонт и техническое обслуживание средств наземного обслуживания.

В настоящий период выстраиваемый политический курс, меняющиеся экономические модели и идеология определяют направление развития ОАО «Минский завод гражданской авиации №407» и, очевидно, предрешают сотрудничество с Российской Федерацией в области авиационного строения и оказания сопутствующих авиационных услуг.

О серьезности и основательности планов в части взаимодействия России и Беларуси в авиационном кластере свидетельствует уже, не первый год, ведущийся на правительственном уровне диалог двух союзных государств.

В мире авиастроения Российской Федерации происходят значительные изменения, гонимые обстоятельствами внешней политики и напряженным экономическим фоном. Российское авиастроение находится на переломном этапе – уход от Boeing и Airbus и преодоление зависимости от импорта и полное оснащение авиакомпаний России и Беларуси отечественными судами, сопоставимыми по качеству, надежности, другим характеристикам с самолетами мировых брендов. Первые поставки самолетов SSJ-NEW и MC-21 в количестве до 400 единиц планируются в 2024 году в полностью импортозамещенном облике – с отечественными системами, двигателями, другими агрегатами. Бремя производства и поставки пассажирских лайнеров до 2030 года в соответствии с комплексной программой развития авиационной отрасли несет «Яковлев», до 2024 года известная как Корпорация «Иркут». Таким образом, ОКБ Яковлева, будучи с 2004 года частью Корпорации «Иркут», увековечит имя А. С. Яковлева в структуре российского гражданского авиастроения. Ведь наследие А. С. Яковлева – это не только свыше 200 разработанных летательных аппаратов, но и создание мощной авиастроительной промышленности из разрозненных предприятий, их

объединение для выполнения задач государственной важности, как это было в годы Великой Отечественной войны. Этот опыт находит отклик в сегодняшнем дне, когда отечественное гражданское авиастроение объединяется перед лицом новых вызовов и амбициозных задач, когда жизненно важно не только сохранять, но и развивать это наследие на основе современных стандартов и требований времени. Следовательно, ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» небезуспешно продолжит обслуживать авиационную технику производства советского периода.

Так, в период 2021–2022 гг. деятельность ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» была одобрена Департаментом по авиации Министерства транспорта и коммуникации Республики Беларусь и Федеральным агентством воздушного транспорта Министерства транспорта Российской Федерации (Росавиацией) для выполнения технического обслуживания и ремонта RRJ-95.

В свою очередь, белорусская сторона в лице главы государства А. Г. Лукашенко анонсировала, что белорусы уже изготавливают для российских пассажирских самолетов – среднемагистрального MC-21 и ближнемагистрального Superjet 100 до тысячи комплектующих с привлечением производственных мощностей и кадровых ресурсов ремонтных заводов Республики Беларусь. А в нынешних условиях импортозамещения в Беларуси будут делать все, чтобы развивать ремонт, обслуживание и строительство самолетов.

Компетенции «Яковлева» по проектированию авиационной техники и современные производственные мощности используются в том числе и по другим проектам дивизиона гражданской авиации ОАК – Ил-114 и Ту-214.

Укореняя сотрудничество и развитие в сторону российского рынка по большей мере, ОАО «Минский завод гражданской авиации №407» находится на стадии подготовки к освоению технического обслуживания воздушных судов типа Ту-214. В целях реализации Дорожной карты проекта «Создание центра технического обслуживания и ремонта воздушных судов Ту-214» между Казанским авиационным заводом и ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» подписаны контракты на поставку 1300 компонентов и деталей для MC-21, 700-800 компонентов для Ту-204 и Ту-214, по освоению процесса технического обслуживания Ту-214 и изготовления комплектующих изделий к нему.

Ожидается, что белорусские заводы будут привлечены для изготовления сопутствующей комплектации для самолета Ту-214, т. к. Казанский авиационный завод планирует выйти на 70 единиц к 2030 году.

Имеются и договоренности между главами Республики Беларусь и России по производству компонентов для Ил-96 на белорусских авиационных предприятиях и дальнейшем их обслуживании в авиационных организациях Республики Беларусь.

Сам ход истории подсказал ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» о продолжении обслуживания авиационной техники производства советского периода, модернизируемой современными российскими авиаконструкторами.

Современное авиастроение представляет собой комплексное направление, заниматься которым Беларуси и России необходимо на уровне Союзного государства. В нашей стране сохранились соответствующие промышленные предприятия, построенные еще в советское время. В сложившихся условиях единственный путь для авиастроения – развивать рынок Союзного государства. Комплексное проектирование и визуализация по этим вопросам позволит приближаться к уровню отдельной программы Союзного государства.

Можно утверждать, что на протяжении всей ленты истории своего существования ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407» готов принимать вызовы в сфере авиации и постоянно выходить на качественно новый уровень функционирования: от обучения и повышения квалификации специалистов и выполнения технического обслуживания и ремонта до поддержания летной годности и сопутствующей технико-правовой поддержки.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Жибуль, А. В. Возрождая полет. 65 лет Минский завод гражданской авиации 407 / А. В. Жибуль. – М. : «БЕЛТА», 2018. – 400 с.
2. Щербаков, В. П. Дороги к высотам. Государственное предприятие Минский авиаремонтный завод 55 лет / В. П. Щербаков. – М. : Дивимедиа, 2008. – 280 с.
3. Историческая справочная информация о предприятии, специфике деятельности, выдающихся личностях, значимых достижениях [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://avia407.by/o-kompanii/istoriya-zavoda/>. – Дата доступа: 14.10.2023.

УДК 378+629.7

А.А. Гурецкий

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

«ПОЛОЖЕНИЕ О ВРЕМЕННОЙ ШКОЛЕ АВИАЦИИ», ПЕРВЫЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЙ ПОСТУПЛЕНИЕ И ОБУЧЕНИЕ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В РОССИИ

По инициативе Великого князя, в марте 1910 года, в составе Особого комитета по восстановлению морского флота был создан Отдел воздушного флота (далее – ОВФ). Перед Отделом была поставлена задача скорейшего создания воздушного флота, путем:

а) обучения офицеров армии и флота, а также, если средства позволят, других лиц искусства летать на приборах тяжелее воздуха;

б) создания запаса самолетов с полным снабжением и оборудованием, в полной готовности для снабжения ими, согласно правилам военного и морского министерства, авиационных отрядов [1].

Первые летные школы появились в России в 1910 г. Этому предшествовало создание авиационных клубов и обществ с целью постройки летательных аппаратов, обучению полетам, разработки теоретических проблем, организации состязаний и пропаганды авиации. Они работали в Петербурге, Москве, Киеве, Одессе, Саратове и других городах Российской империи. Становлению российской военной авиационной школы в значительной степени способствовали Императорский Всероссийский аэроклуб (ИВАК), Московское и Киевское общества воздухоплавания, Одесский аэроклуб.

В связи с ростом интереса русского общества к авиации и созданию школ пилотов Отделом Воздушного флота было разработано и введено в действие 14 сентября 1910 года «Положение о временной школе авиации», согласно которому акцент был сделан на практической подготовке обучаемых и привлечении к ее работе квалифицированных инструкторов [2].

Цели и задачи учебного заведения?

Главной целью школ авиации было «подготовка кадров летчиков для русского воздушного флота». Школы, находящиеся в ведении Отдела Воздушного Флота, содержались на средства «Высочайше учрежденного Особого Комитета по усилению военного флота на добровольные пожертвования» русского общества.

Согласно учебному плану, основное внимание в работе школы было уделено практическому изучению аэропланов и моторов, управление ими и обучению полетов на них. Преподавание теоретических курсов не предполагалась, но оно могло быть введено по особому постановлению Отдела Воздушного Флота.

Как управлялось учебное заведение, и кто в нем работал?

Руководство учебного заведения возлагалось на Совет школы во главе с председателем, назначенным Отделом Воздушного Флота из числа инструкторов, заведующих мастерскими

и аэродромом, и личным составом обучаемых. В подчинении председателя Совета школы находились все служащие и учащиеся учебного заведения.

Все вопросы, возникшие в ходе деятельности учебного заведения, рассматривались и решались на Совете при помощи голосования, простым большинством «за» или «против». А в случае разделения их поровну – председатель имел «два» голоса.

Совет школы утверждал общий план обучения и распределял занятия между персоналом школы, контролировал ход проведения обучения и назначал комиссию в составе трех человек из «преподавательского состава школы для производства экзаменов», готовил предложения о необходимости возведения новых зданий и сооружений, приобретении новых самолетов, моторов и запасных частей к ним, а также разрабатывал бюджет школы на учебный год. Он имел право входит в ОВФ с предложениями о проведении мероприятий и выделения необходимых ассигнований на них. Все члены Совета школы имели право принимать участие в работе Отдела Воздушного Флота на правах членов, по вопросам касающимся их учебного заведения.

Заведующий аэродромом назначался ОВФ. В его функции входило руководство всем хозяйством и деньгами, выданными ОВФ на содержание школы, отчетностью и канцелярией школы, сохранностью имущества Отдела, а также личным составом обучающимся в школе в административном отношении. Фактически по должности он являлся заместителем Председателя Совета школы и исполнял его обязанности в его отсутствие.

В помощь заведующему аэродромом ОВФ назначал делопроизводителя, в непосредственном ведении которого находилось делопроизводство канцелярии учебного заведения и общая бухгалтерия школы. Он ежегодно представлял в Совет школы отчет об расходовании денежных средств на содержание учебного заведения и представлял его на утверждение в Отдел Воздушного Флота.

Заведующий школьными мастерскими также назначался ОВФ, из числа инструкторов школы или других лиц, не являющимся сотрудником учебного заведения.

Инструктора школ, число которых определял ОВФ, назначались его приказами. Вакантные должности нижних чинов замещались по решению заведующих аэродромом и мастерскими по мере необходимости. Они назначались и увольнялись Советом школы и подчинялись в административном порядке заведующему аэродромом, а в техническом – по месту службы.

Условия службы и содержание вольнонаемных служащих определялись особыми постановлениями ОВФ и вносились в годовую смету.

В случае ранения или возможного увечья ОВФ принимал расходы по лечению на себя и выдавал единовременные пособия.

Кто имел право поступать и обучаться в школах авиации?

Состав обучаемых в школе комплектовался преимущественно из числа лиц, состоящих на действительной военной и морской службе. Число вакансий определялся Советом школы в зависимости от числа наличия аэропланом, необходимых инструментов для их ремонта и представлялся на утверждение в ОВФ.

Далее по команде Отдел об имеющихся свободных вакансиях сообщал Военному и Морскому министру. Отдел имел право на имеющиеся свободные вакантные должности зачислять в школу лиц, подавших соответствующее прошение, если найдут этих кандидатов наиболее подготовленными к обучению.

К прошению (заявлению) должны быть приложены: документы об отношении к отбытию воинской повинности; об образовательном цензе; об практической подготовке; о политической благонадежности. Данные документы, после снятия копии в Отделе, возвращались просителю (заявителю).

Лица, не служившие в армии и военно-морском флоте, в школу не принимались. Поступившие в школу обучаемые должны были дать подписку, что по окончании учебного заведения они обязуются подчиниться требованию учреждения, на учете которых они состоят, и в случае вызова немедленно явиться.

О всех окончивших школу ОВФ сообщал Военному и Морскому министрам для постановки их на особый учет. В случае отсутствия вакантных должностей в летных частях, они направлялись в те воинские части и подразделения, где служили раньше.

Никакой платы за обучение не взималось, никакого содержания от ОВФ обучающиеся не получали.

Если обучающий будет признан Советом школы недостаточно подготовленным, неспособным или недостаточно серьезно относящимся к занятиям, то обучение его тем самым приостанавливается до решения ОВФ, который по представлению Совета школы, имеет право разрешить продолжить обучение или его прекратить.

Обучающий имел право заявить Совету школы, на каком аппарате он желал бы обучаться, причем это заявление, по возможности, принималось Советом во внимание.

В авиашколах, для обучения полетам в основном использовали двухместный биплан «Фарман-IV» и одноместный моноплан «Блерио-XI». В соответствии с этим существовали две методики обучения: «школа Фармана» и «школа Блерио». У Блерио ученик начинал самостоятельно рулить на специальном самолете со снятой обшивкой крыльев, который вообще не был способен взлететь. Затем он переходил на другой самолет, который мог «подлетывать», и так – от простого к сложному – ученик постепенно осваивал пилотирование.

В соответствии с методикой Фармана ученик сидел за спиной инструктора и держался за ручку управления через его руку. Получив некоторый навык движений ручкой, будущий пилот делал рулежки для освоения работы рулем направления, а затем начинал летать с инструктором. Последний в этом случае уже сидел сзади ученика и мог исправлять его ошибки движениями ручки. Через 20-30 полетов ученика выпускали самостоятельно [3].

Обучение считалось законченным, когда учащийся представал перед испытательной комиссией при участии представителей Военного и Морского ведомства и сдавал экзамен на звание военного летчика по особо установленной программе, причем к сдаче экзамена учащийся мог быть допущен лишь в том случае, если Совет школы признает его достаточно подготовленным.

Таким образом, «Положение о временной школе авиации» от 14 сентября 1910 года впервые в истории русской авиации регламентировала деятельность учебных заведений (военных и граждански) по подготовке авиационных специалистов.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пилоты Его Величества / сост. С. В. Грибанов. – М. : Центрполиграф, 2007. – 382 с.
2. Положение о временной школе авиации // Вестник воздухоплавания. – 1910. – № 18–19. – С. 53–54.
3. Дёмин, А. А. Ходынка: взлетная полоса русской авиации / А. А. Дёмин. – М. : РУСАВИА, 2002. – 320 с. + 48 с. на вкладке.

УДК 93/94+629.7

В.Д. Гурин, С.Е. Станкевич

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ АВИАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

С появлением первых авиаторов и самолетов, авиация прочно закрепилась в жизни человека, и является ее неотъемлемой частью в современном мире. На сегодняшний день она относится к числу одного из видов самого безопасного транспортного сообщения на планете, перед которым не существует каких-либо преград. Также, при использовании гражданской

авиации человек решает самые непростые задачи в обеспечении безопасности полетов, обеспечивая перевозку пассажиров и грузов. Для выполнения этих задач требуются квалифицированные и подготовленные авиационные специалисты – порядочные и образованные люди, способные к качественному и дисциплинированному выполнению поставленных требований. Так как в настоящее время именно ошибки человека, а не отказы техники представляют собой наибольшую угрозу, поэтому одной из главных задач авиационного технического персонала в ходе проведения технического обслуживания авиационной техники является поддержание ее технического состояния на уровне, соответствующем предъявляемым требованиям [1]. Следовательно, сотрудники авиационной отрасли должны решать поставленные цели и задачи по повышению уровня образования в учебных заведениях, увеличению объемов производства на предприятиях, а также повышать свою профессиональную компетенцию в процессе рабочей деятельности.

Работа в авиации – приоритетная и стратегически важная отрасль в нашей стране, имеющая большие перспективы развития. В настоящее время приоритетными направлениями в развитии авиации Беларуси являются подготовка специалистов по беспилотным авиационным комплексам, инженеров-пилотов, бортинженеров, специалистов-авиатехников. В современное время, авиационная отрасль играет большую роль во всестороннем развитии Республики Беларусь.

Какие этапы пришлось пройти, и как осуществлялась подготовка авиационных специалистов до образования в Беларуси Минского авиационного технического училища гражданской авиации и становления Белорусской государственной академии авиации?

Развитие гражданской авиации тесно связано с развитием военной авиации, поэтому в период существования СССР создавалось множество учебных заведений по подготовке как гражданских, так и военных специалистов в авиации. В 1920–1930 годы авиационная отрасль также набирала темпы роста в Беларуси.

В 1934 году постановлением народных комиссаров БССР в населенном пункте Медвежино (пригород г. Минска) было создано первое авиационное учебное заведение в Беларуси – Минский аэроклуб Осоавиахима (в настоящее время – «Центральный аэроклуб» ДОСААФ). К 1938 году в аэроклубе было создано два летных звена. 31 октября 1939 года аэроклубу было присвоено наименование Героя Советского Союза, уроженца Брестской области, Сергея Ивановича Грицевца. Еще в период БССР времен Советского Союза до начала Второй Мировой войны белорусский летчик С.И. Грицевец, защищая республиканцев в Испании, участвовал в воздушных боях фашистскими мятежниками Франко.

В 1940 году в Гомеле с целью подготовки кадров летного состава было создано учебное подразделение гражданского воздушного флота (ГВФ). С наступлением войны деятельность данного подразделения была прервана, само подразделение расформировано. После освобождения первых белорусских территорий в 1944 году деятельность гражданской авиации в Белорусской Республике начала заново возрождаться и первые самолеты с авиаподразделениями снова обосновались в Гомеле. В июне этого же года было заново организовано Белорусское управление гражданского воздушного флота (БУГВФ). Руководство гражданской авиации БССР (Белорусское управление гражданской авиации БУГА) до освобождения г. Минска базировалось в Гомеле, а в июле после его освобождения перебазировалось в столицу Белорусской Республики.

За годы оккупации инфраструктура гражданской авиации (ГА) практически полностью была разрушена, и поэтому для Белорусской Республики наступило тяжелое и непростое время восстановления не просто самой структуры ГА, но и самой страны, которая практически полностью была в руинах. Необходимо было изначально создать для людей хотя бы минимальные условия труда, после чего началось возрождение парка авиационной техники (воздушных судов) и создания новых авиационных отрядов.

Первые показатели безопасности полетов, зафиксированные в 1945 году, были совсем не удовлетворительными. В первом полугодии в структуре «Аэрофлота» произошло 32 авиационных происшествия, половина которых случилось по вине недостаточной

квалификации летной службы и технического персонала. Кроме этого, также было установлено ряд причин произошедших происшествий, одна из которых – недостаточное метеобеспечение. К июню 1945 года данная проблема решалась путем установки гражданских метеорологических станций в Минском и Гомельском аэропортах.

Для прохождения летной подготовки и повышения квалификации авиационных кадров в мае в 1946 году было создано учебно-тренировочное авиационное подразделение, которое вошло в состав БУГА. В подразделении обучали авиационный персонал и с других Республик Советского Союза. С целью улучшения качества подготовки теоретических знаний и практических умений личного состава (летного и инженерно-технического) были разработаны методические указания и программа обучения для проведения технической учебы и повышения как теоретического, так и практического уровня. Учебная программа включала: особенности летной эксплуатации и теорию полета, конструкцию и регламенты обслуживания авиационной техники.

Период тяжелых испытаний первых послевоенных лет для гражданской авиации выпал белорусам, как на земле, так и в небе. Несмотря на многие трудности, авиационная отрасль постепенно стала набирать как скорость, так и высоту. По всей стране строились и сдавались в эксплуатацию новые аэропорты, взлетно-посадочные полосы, открывались новые авиалинии, обновлялся парк самолетов. В 1955 году реактивный самолет ТУ-104 совершил свой первый полет, открыв новую эру скоростного воздушного транспорта.

История создания Минского авиационного технического училища гражданской авиации (МАТУГА) связана с историей гражданской авиации именно в эти годы – годы зарождения, когда на воздушные трассы «Аэрофлота» вышло новое поколение скоростных реактивных и турбовинтовых самолетов [2]. Учитывая, что интенсивность воздушного движения возросла, а массовая эксплуатация более сложных типов воздушных судов предполагала проведение качественного технического обслуживания современной техники, и тем самым возникла потребность в квалифицированном инженерно-техническом персонале. Поэтому определилась необходимость наличия соответствующего учреждения образования и организации учебного процесса с учетом требований соответствующих знаний.

В 1970-е годы, Министерством гражданской авиации СССР был поставлен вопрос о создании учебного заведения в столице Белорусской ССР – городе Минске, для подготовки специалистов в авиационной отрасли. Предложение было поддержано правительством Беларуси и Первым секретарем ЦК КПБ П. М. Машеровым. 9 августа 1974 года Министром гражданской авиации Союза ССР был подписан приказ № 154 «Об организации Минского авиационного технического училища гражданской авиации» [2].

В сжатые сроки руководством была проведена работа по подбору кадров всего преподавательского и состава из сотрудников наиболее близких авиационных учреждений гражданской авиации, специалистов техников и инженеров из авиационных предприятий. В 1975–1976 учебном году в училище началась подготовка техников-электриков и радиотехников по эксплуатации электро- и радиооборудования воздушных судов. Коллектив училища продолжал пополняться молодыми специалистами из учебных заведений гражданской авиации СССР.

Впервые, в 1977 году, прошло распределение курсантов первого набора на предприятия «Аэрофлота». В 1983 году начальником училища был назначен Сидорович Николай Андреевич, возглавлявший учреждение образования на протяжении 16 лет. Новое руководство стремилось к всестороннему развитию учреждения образования, что способствовало его выходу на передовые рубежи. Второй этап государственных экзаменов на авиапредприятиях показал результаты стараний руководства и всего преподавательского коллектива училища – свыше 90 % курсантов-выпускников сдали на отметки «хорошо» и «отлично». Во многих полученных из авиационных предприятий характеристик отмечается высокая подготовка выпускников училища и их порядочность в выполнении своих обязанностей. В 1986 году за достижения в воспитании и в высоком уровне подготовки курсантов, училищу было присуждено первое место среди всех учебных заведений среднего специального образования

гражданской авиации. В последующие годы перестройки в СССР, несмотря на ряд проблем во всех сферах общества, руководству удалось обеспечить дальнейшее развитие заведения. В 1991 году Минское училище МАТУГА было преобразовано в Минский авиационно-технический колледж (МАТК). После распада СССР, в 1992 году, постановлением Совета министров Республики Беларусь, МАТК был переведен в систему образования Республики Беларусь. Начиная с 1993 года, в колледже проводится крупномасштабная работа по открытию специальностей и учебно-материальных баз для них, а также по структурным преобразованиям внутри учебного заведения. 3 апреля 1995 года указом Президента Республики Беларусь МАТК получил статус высшего учебного заведения и был переименован в Минский государственный высший летно-технический колледж (МГВЛТК). Но по некоторым обстоятельствам и причинам (отсутствие учебно-методической базы для подготовки летных специалистов) в колледже так и не приступили к подготовке пилотов гражданской авиации. В результате чего, в 2001 году учебное заведение было переименовано в «Минский государственный высший авиационный колледж». В период с 2009 по 2015 год коллектив колледжа продолжил добиваться значительных успехов в усовершенствовании авиационно-технической базы учреждения образования. Также, в указанный период в колледже курсантами и преподавателями проводилась активная научно-исследовательская работа – был подготовлен и издан ряд монографий и учебных пособий. Позже, в 2015 году в соответствии с постановлением правительства Республики Беларусь, в целях повышения качества образовательной деятельности, МГАВК был преобразован в Белорусскую государственную академию авиации. В процессе реорганизации в БГАА, поднялись на новый уровень научно-методическая и учебно-воспитательная работа на факультетах и кафедрах, а также на цикловых комиссиях ОССО по выходу на соответствующий стандарт по организации образовательного процесса. Белорусская государственная академия авиации на данном этапе развития, с учетом последних достижений, является значимым и единственным учебным заведением, из стен которого выходят востребованные авиационные специалисты.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Актуальные проблемы и перспективы развития авиации : сб. материалов международной научно-практической конференции учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации», Минск, 8–9 июня 2017 г. / [сост.: А. А. Говин (и др.)] ; Министерство транспорта и коммуникаций Республики Беларусь, учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации». – Минск : Национальная библиотека Беларуси. 2018. – 215 с.
2. 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, О. М. Борздовой. – Минск : Колорград, 2019. – 180 с.

УДК 629.7+93/94

К.А. Гурская, С.Е. Станкевич

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПЕРВЫЕ БЕЛОРУССКИЕ ЛЕТЧИКИ. КТО ОНИ?

Небо покоряется смелым! Да действительно, подняться в воздух, сидя на стульчике, на плоскости почти без страховки – это верх героизма или полное безрассудство. Но такова была авиация начала XX века. Первоначально она не делилась на военную, гражданскую или какую-то еще. Сперва авиация была просто развлечением – средством экстремальной забавы.

Аттракцион, собиравший большое количество зрителей, был довольно небезопасен. Об этом свидетельствует такой случай: 22.08.1910 на Комаровском поле (в то время это был пригород Минска) предприниматель Ранк и авиатор Мартольс пытались совершить полет на самолете «Блерио». Летчик забрался в самолет, но не мог взлететь из-за толпы зрителей, когда освободили место для взлета, пилот разогнал машину и взлетел. Толпа бросилась за ним, но аэроплан, не пролетев и двухсот метров, рухнул на зрителей. В результате чего пострадало большое количество людей, один был убит и двое тяжело ранены. Но не смотря на плачевный исход многих полетов, первые авиаторы не опускали руки продолжая усовершенствовать летательные аппараты и оттачивать мастерство полета. Постепенно авиация становится видом спорта. Проводятся международные соревнования пилотов, конкурсы аэропланов и авиаторов. В которых принимают участие лучшие летчики Российской империи. Среди первых асов были и наши земляки-белорусы.

Харитон Никанорович Славороссов (урожденный Семененко) родился 29.09.1886 (ст. ст.) в маленькой деревеньке на юго-востоке белорусского Полесья. Отец, Никанор Данилович Семененко, из беднейших крестьян. Мать, Акулина Логиновна происходила из обедневшей белорусской шляхты. В начале 90-х годов семья переезжает в Одессу. Там Харитон с отличием оканчивает народную школу и поступает в ремесленное училище. Затем учится в школе корабельных машинистов-механиков. После окончания школы, (в пятнадцатилетнем возрасте), служит на пароходе в качестве машиниста. Но вскоре был уволен. Позже работает механиком в велосипедной мастерской. Увлечшись велоспортом, участвует в гонках на велосипеде, собранном своими руками. Знакомится с гонщиками Уточкин и Ефимовым. Слава чемпиона-велогонщика растет. Его приглашают работать в цирк (номер «гонки по вертикали»). Для яркого гонщика нужна яркая фамилия и так появляется псевдоним – Славороссов от слов «Во славу России».

В Петербурге в октябре 1910 года проходил первый всероссийский праздник воздухоплавания. На Комендантском аэродроме демонстрировали свое мастерство лучшие летчики страны. Среди участников Уточкин и Ефимов. Славороссов не хочет отставать от своих друзей и решает во что бы то ни стало стать авиатором. Для этого он едет в Петербург и устраивается на работу аэродромным механиком. Через некоторое время Славороссов перебирается в Варшаву и работает в летной школе общества «Авиата». Там он и начал летать. Однажды самовольно взлетев на самолете «Фарман». Но не смог посадить машину – врезался носом в землю. Самолет разбит, летчик, к счастью, цел и чудом избегает увольнения. С этого дня Харитон Никанорович начинает осваивать небесные просторы. Собственноручно ремонтирует уже списанный «Фарман» и потихоньку осваивает мастерство пилотажа. Чуть поднимется и идет на посадку, тренируется до тех пор, пока, поднявшись на рекордную для ученика высоту (200 м), не совершает идеальную посадку. Вскоре Славороссов самостоятельно осваивает моноплан «Этрих». И 28.08.1911 получает диплом Всероссийского аэроклуба сдав экзамен в Петербурге. После этого владелец «Авиаты» князь Любомирский назначает Харитона Славороссова первым пилотом – основным инструктором с жалованием 100 рублей. Летчик быстро завоевывает симпатию посетителей аэродрома, выделяет разные «штучки» в полете. И желая удивить публику мастерством и отвагой, однажды пролетает на самолете под мостом через Вислу – первый в мире трюк подобного рода. За что в последствии Харитон Никанорович заплатил крупный штраф.

Начинается Первая мировая война и Славороссов, незадолго до этого перебравшийся во Францию, добровольно вступает в ряды французской армии. Он служит в 1-м авиационном полку и выполняет разведывательные вылеты в глубокий тыл противника.

В октябре 1914 года французский летчик Эмиль Реймон, производя разведку, был ранен и посадил машину на нейтральной полосе ближе к немецкой территории. Это заметил Славороссов, возвращавшийся с боевого вылета, и посадил рядом свою машину. Перетащив летчика в свой самолет, к которому уже бежали немцы, Харитон взмыл в воздух и доставил раненного на перевязочный пункт. За этот подвиг Славороссов был награжден французским крестом – высшим знаком военной доблести.

Алехнович Глеб Васильевич родился 30 октября 1886 г. (ст. ст.) в Смоленске. Происходил из древнейшего шляхетского рода ВКЛ герба «Лелива». Учился в Полоцком кадетском корпусе. По его окончании (в 1904 г.) стал юнкером Константиновского артиллерийского училища в Петербурге. В 1906 г. оканчивает училище в чине подпоручика и служит в третьей резервной артиллерийской бригаде в Смоленске. В 1909 г. Алехнович произведен в поручики. В 1910 г. Проходит первоначальную летную подготовку в аэроклубе Севастополя. Будучи близоруким, Глеб Васильевич не мог поступить в военную авиационную школу. Поэтому он самостоятельно осваивает биплан «Гаккель-VI» и 29 июля 1911 г. получает диплом пилота-авиатора Всероссийского аэроклуба (№ 30). В мае того же 1911 года на аэроплане «Гаккель-VI» Алехнович совершил первый в России междугородний перелет Петербург-Гатчина. В 1912 г. Глеб Васильевич выходит в отставку и работает летчиком-испытателем первых в мире тяжелых многоцелевых самолетов «Русский витязь» и «Илья Муромец» на Русско-Балтийском заводе. Попутно учится в Петербургском политехническом институте. В том же году Алехнович устанавливает общероссийский рекорд высоты – поднялся на аэроплане «Гаккель-VIII» на высоту 1350 м. Вскоре Глеб Васильевич произвел первый в Российской империи ночной полет приземлившись на освещенное поле.

В 1917 г. Талантливый летчик установил еще один рекорд подняв на аэроплане «Илья Муромец» груз весом 2948,4 кг.

Вступив в ряды Красной армии, летал на самолетах «Илья Муромец». Погиб

17.11.1918 перегоняя машину из Лилецка в Этиль. По некоторым данным машина попала в снежный циклон.

Лидия Виссарионовна Зверева Уроженка крепости Осовец, родилась в 1890 г. близ Белостока Гродненской губернии. С детства мечтала покорять воздушные просторы. Еще будучи гимназисткой, поднялась в воздух на аэростате близ Осовецкой крепости. С этого момента Лида твердо решает связать свою жизнь с авиацией. Но отец против. Он привык к разным шалостям дочери – к набегам на соседские сады, увлечению велосипедом и футболом. Но авиация – совсем не женское дело. Решено отправить Лиду в Петербург к родне и заставить поступить на женские курсы. А девушке только этого и надо. В Петербурге она не пропускает ни одно выступление авиаторов. В 1910 г. на международной авиационной неделе демонстрировали фигуры пилотажа иностранные летчики. Среди них была француженка Раймонда де Ларош – победительница состязаний авиаторов в Египте и первая в мире женщина-пилот. Все бы хорошо, но в тот день прославленной летчице так и не удалось оторвать самолет от земли. Зверева же, видевшая это, поклялась, что у нее получится. И в 1911 г. Лидия Виссарионовна поступает в летную школу 1-го русского товарищества «Гамаюн» в Гатчине. Зверева летала смело, расчетливо и вместе с тем очень аккуратно, с чисто женским изяществом. 23.08.1911 после сдачи экзаменов Всероссийский аэроклуб вручил Лидии диплом пилота-авиатора.

Первая в России женщина-пилот набирает популярность. Она летает над Гатчиной, участвует в авиапоездке по Кавказу, устраивает показательные полеты в Баку и Тифлисе. Но грандиозный успех не прельщает Лидию, она мечтает об открытии летной школы и мастерских. И в апреле 1913 г. это ей удается. В Засенгофе (пригород Риги) вторая в мире женщина-авиатор (авиатрисса) вместе с мужем Слюсаренко обучает молодых пилотов и испытывает новые машины на поле завода «Мотор». Среди учеников были и женщины. Но с началом Первой мировой войны школу пришлось закрыть.

Российская империя перестала существовать, на смену ей приходит СССР. И опять на первом месте военная авиация, так как на дворе гражданская война. Этот период был довольно сложным для отечественной авиации. Это и неудивительно, нехватка техники, средств и летного состава (на 1920 г. в авиации насчитывалось больше всего перебежчиков), да и моральное состояние оставляло желать лучшего.

Но война закончилась, встал вопрос о создании советского гражданского флота. И 9.02.1923 совет труда и обороны постановил организовать совет гражданской авиации при

Главном управлении воздушного флота СССР. С этого момента начинает отсчет отечественная гражданская авиация. Создается Всероссийское добровольное общество друзей воздушного флота (ОДВФ), а вместе с ним БОДВФ – Белорусское общество друзей воздушного флота. Это общество пользуется большой популярностью среди населения молодой республики. И к 1925 г. насчитывает более 150 тыс. членов. Создаются авиауголки, специализированные библиотеки, читаются лекции на авиационные темы. БОДВФ активно сотрудничает с добровольным обществом воздушного флота (Добролет). На средства общества строятся самолеты и аэродромы, появляются первые аэроклубы. Создается Авиахим, в его состав входят многие граждане нашей страны. На свои средства Авиахим строит самолет «Беларуская гаспадарка» для использования в борьбе с вредителями растений. Выходцы из Авиахима, а позже Осоавиахима, становятся передовыми авиаторами республики.

7 ноября 1933 г. в Минске был открыт аэропорт (в последствии аэропорт Минск-1). А весной 1934 г. на его аэродром приземлились и первые суда – три самолета У-2. Эти самолеты вместе с экипажем составили минское авиазвено. Его задачей было обеспечение республики почтово-пассажирскими и санитарными перевозками. В первый состав звена вошли: Б. Лемберг, П. Скрычев, Я. Тесчленко, Г. Федоров, первым командиром был М. Белов, главным авиамехаником – Л. Кравцов.

Говоря о развитии первой авиации Восточной Европы, вспоминают сразу русских пилотов Нестерова и Уточкина, а вот про первых белорусских летчиков почему-то забывают. Хотя среди белорусов было немало талантливых авиаторов. Они устанавливали рекорды, усовершенствовали машины, открывали школы, занимались инструкторской деятельностью. Каждый внес свой вклад в развитие отечественной авиации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Ермоленко, В. А. Асы – белорусы : очерки / В. А. Ермоленко. – Минск : Мастацкая літаратура, 2014. – 407 с. : ил.
2. Дегтев, В. С. Крылья Белоруссии / В. С. Дегтев. – Минск : Беларусь, 1973. – 176 с. : ил.

УДК 93/94+629.7

К.М. Дратковская, С.В. Ситникова, С.Е. Станкевич

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ДЕНЬ ОСНОВАНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ В БЕЛАРУСИ И В СОЮЗНОМ ГОСУДАРСТВЕ

В каждой стране есть свои даты основания гражданской авиации, которые имеют особое значение и связаны с современным государством историческими событиями, конкретизирующие определенные цели патриотического воспитания национальной истории.

Например, в России авиаторы (летный состав, авиадиспетчера, бортпроводники, инженера и другие работники авиационной структуры) отмечают свой профессиональный праздник в День Воздушного флота России, который каждый год имеет разные даты, так как праздник отмечается в августе и это всегда третье воскресенье этого месяца. Так как создание Воздушного флота заключалось изначально в научно-исследовательских целях, а затем с целью реализации военных целей, то этот день в России является общим и достигает максимального эффекта при совмещении праздника с показательными авиационными выступлениями. Исторически зафиксированы несколько дат. Первую дату, в которую и начали отмечать и воздавать почести воздухоплателям ввел император Всероссийский Николай II. Это произошло в начале XX века, и день 2 августа был выбран не случайно, так как этот день считается Днем самого почитаемого святого пророка Ильи. Первую дату

изменили в 1924 году, и торжество было перенесено на 14 июля, этот день обозначил Михаил Васильевич Фрунзе – советский военачальник. Третье изменение дня празднования Воздушного флота было сделано Иосифом Виссарионовичем Сталиным в 1933 году по предложению Якова Ивановича Алкнуса, который с 1931 года являлся командующим Военно-воздушными силами (ВВС). Он был уверен в том, что новая дата 18 августа является идеальной, так как новые специалисты – летчики пополняли ряды ВВС, закончив свое обучение. Яков Иванович также считал, что необходимо в честь праздника проводить авиационные воздушные парады, в которых летчики покажут виртуозные элементы пилотирования. Это зрелище вдохновляло и воодушевляло, а также вызывало чувство гордости воздушным флотом среди простых людей. С течением времени развитие гражданской авиации набирало обороты, поэтому, чтобы разграничить ее с военной авиацией (военным флотом) в 1980 году было введено изменение и установлена новая нефиксированная дата (третье воскресенье августа) Дня Воздушного флота. К истории этого праздника относится еще одна дата – это День Аэрофлота, который отмечали с 1979 года (второе воскресенье февраля), а в 1988 году он был упразднен и совмещен с Днем Воздушного флота.

Также в России, кроме Дня Воздушного флота 9 февраля отмечается День Гражданской авиации, который официально был утвержден Указом № 98 Президента РФ Владимиром Владимировичем Путиным в 2013 году, однако корни этого праздника уходят в историю советского времени. Ровно сто лет назад 9 февраля в Советском Союзе была утверждена новая структура, название которой в то время носило – Совет по Гражданской авиации, а также в этот день был создан официально воздушный флот, который обеспечивал перевозку, как пассажиров, так и грузов. Поэтому эта дата исторически является памятной для российской авиации.

Согласно традициям, в День Гражданской авиации командиры воздушных кораблей поздравляют по громкоговорящей связи пассажиров во время полета, в авиакомпаниях и аэропортах торжественно проходят мероприятия, в образовательных учреждениях проводятся обряды посвящения первокурсников в курсанты и встречи с ветеранами авиационной отрасли.

Стремительное развитие гражданской авиации осуществлялось и на территории Беларуси. Основным импульсом становления авиации на первоначальном этапе молодой Республики, входящей в состав Советского Союза, послужило создание в 1923 году (8 марта) Всероссийского добровольного общества друзей воздушного флота (ОДВФ). Это послужило толчком для образования Белорусского добровольного общества друзей воздушного флота (БОДВФ), которое возглавил Александр Григорьевич Червяков (председатель Центрального исполнительного комитета БССР). Первое организационное собрание состоялось 11 апреля в 1923 году и во всех областях Республики, а также в белорусских городах (Минск, Витебск, Гомель и др.) активно создавались БОДВФ, которые активизировались в направлении военно-патриотической и общественной деятельности, выполняя поставленную задачу – распространение научных знаний в области авиации среди трудящихся. Этапами всестороннего саморазвития белорусской авиации заключалось в создании модельных и планерных кружков, авиасекций и авиауголков. Трудовые коллективы и простые граждане оказывали добровольную помощь фонду авиации. Внесенные средства использовались с целью строительства на территории Республики посадочных площадок и аэродромов, организации демонстративных полетов, издательства и распространения в библиотеки авиационной литературы.

1 мая 1925 г. газета «Звезда» поместила заметку «Первомайский подарок Воздушному флоту». В ней сообщалось, что Белорусское общество друзей воздушного флота передало авиации три самолета, построенных на средства, собранные трудящимися Республики [2].

Самое знаменательное событие, которое в Беларуси вошло в историю, и определило официальную дату рождения гражданской авиации в Республике, является открытие первого аэропорта «Минск». Торжественное событие состоялось 7 ноября в 1933 году и проходило на южном пригороде г. Минска. За день до этого (6 ноября 1933 г.) законодательно Постановлением Совета Народных Комиссаров были определены критерии первых воздушных трасс

авиасообщений, и в день триумфального открытия гражданского аэропорта в Минске свой первый рейс выполнил самолет К-5. Авиалайнер обеспечил перелет по маршруту «Минск – Москва». Это памятное событие позволило заложить традицию праздника Дня работников гражданской авиации, которое ежегодно отмечается в ноябре (первое воскресенье) и на законодательном уровне зафиксировано и утверждено Указом Президента Александром Григорьевичем Лукашенко от 26.03.1998 № 157.

Каждый год свой значительный профессиональный праздник отмечают работники в сфере гражданской авиации: пилоты и авиадиспетчеры, стюардессы и стюарды, инженеры и технический персонал, от которых зависит надежность и исправное техническое состояние авиационной техники; безопасность полетов, которая взаимосвязана с тремя главными составляющими «человек (человеческий фактор) – машина (диспетчерский пункт, оборудование, воздушное судно) – среда». Традиционно в этот день в Республике Беларусь проходят демонстрационные полеты и авиационные шоу, прыжки с парашютом, вручение наград и памятных подарков, праздничные концерты.

Этот знаменательный день для белорусских авиаторов в начале пути стал символом побед и достижений, придавая новые силы и возможности развития авиационной отрасли в Беларуси (открытия новых аэропортов (Брест, Витебск, Гомель, «Минск-2»), авиаремонтных заводов (Минск, Орша, Барановичи), авиакомпаний, воздушных линий транспортного сообщения и многое другое. Сегодня авиация в Республике Беларусь играет огромную роль и значимый вес при выполнении определенных задач в соответствующей отрасли, а также для государства является – визитной карточкой.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. К новым высотам. Гражданской авиации Беларуси – 85 лет [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://aif.by/timefree/history/k_novym_vysotam_grazhdanskoy_aviacii_bielarusi_-85_let. – Дата доступа: 25.10.2023.

УДК 656.7:629.13.003 (09)

К.К. Крамник, А.А. Мишин

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИСТОКИ ШКОЛЫ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ

О развитии и становлении системы подготовки авиационных кадров в Республике Беларусь фрагментарно освещено в литературных источниках, публикациях и средствах массовой информации.

21 января 1921 г. Председатель Высшего Совета народного хозяйства направил в Совет Труда и Оборона проект постановления СТО об учреждении Комиссии для разработки программы-максимум воздухоплавания и авиастроительства. К проекту постановления прилагалась программа работ комиссии, которая предусматривала планирование строительства авиационных заводов, подготовки авиакадров, организацию применения авиации в народном хозяйстве. 26 января 1921 г. было принято постановление СТО об учреждении комиссии для разработки программы-максимум воздухоплавания и авиастроительства при Главвоздухфлоте. Несмотря на тяжелое экономическое положение, в котором находилась страна, на осуществление этой программы Советское правительство ассигновало 3 миллиона рублей золотом. Эти документы имели огромное значение для создания советской гражданской авиации. Они явились началом планового государственного руководства деятельностью воздушного флота страны. Для его создания требовались квалифицированные научные и летно-технические кадры. В основу комплектования авиашкол был положен классовый

принцип. К началу 1921 г. в стране функционировало 12 авиационных учебных заведений. На 1 сентября 1920 г. в рядах советской авиации уже насчитывалось 1120 человек летно-подъемного состава и 845 – технического.

В трудные годы гражданской войны все авиашколы и курсы подготовили 1100 летчиков и 250 летчиков-наблюдателей. Летные кадры ГВФ создавались в годы гражданской войны, в те дни, когда красные военлеты защищали с воздуха советскую землю. Фридрих Каминский, Иосиф Лапоногов, Людвиг Юрашек, Владимир Романов, Фрол Бывалов, Сергей Троепольский и еще десятки других славных летчиков пришли в Гражданский Воздушный флот в первые же дни его становления. Зачисленный в 1918 г. в Московскую авиашколу Н. П. Шебанов после ее окончания героически сражался на фронтах гражданской войны в мирное время он летал на самолетах гражданской авиации и в 1936 г. одним из первых в стране налетал более миллиона километров без аварий и летных происшествий, за что был награжден орденом Ленина.

9 февраля 1923 г. Совет Труда и Оборона принял постановление об организации при Главном управлении воздушного флота Совета по гражданской авиации. В состав Совета вошли представители Главвоздухофлота, высшего Совета Народного хозяйства, народного Комиссариата путей сообщения, Народного Комиссариата почт и телеграфов и Народного Комиссариата иностранных дел. Этот день – 9 февраля 1923 г. – стал официальной датой образования гражданской авиации как самостоятельной отрасли народного хозяйства.

В 1940 году в Гомеле было создано учебное авиаподразделение ГВФ, которое с началом войны было передано в ВВС КА. В фонде 1005 национального архива Республики Беларусь хранятся документы отображающие архивные реляции того времени. За четыре месяца 1946 года, для восстановления гражданской авиации в послевоенное время управление кадров ГУ ГВФ направило из различных управлений ГВФ 88 специалистов в том числе: командиров отрядов – пилотов – 52; инженеров по эксплуатации – 3; авиатехников – 12; других специалистов – 20. Неукомплектованным оставались три единицы инженеров по спецприменению, а из 11 инженеров по эксплуатации, только 6 имели высшее образование. Значение гражданской авиации в народном хозяйстве республики продолжала возрастать. Поэтому в этом году в Минске был создан учебно-тренировочный отряд, на его базе в 1949 году была организована первая отдельная учебная авиэскадрилья, которая переучивала летный и технический состав для работы на самолетах Ли-2, ИЛ-12, ИЛ-14.

Набор курсантов осуществлялся со всего СССР и проходил сложно. Так в 1951 году, занятия начались с опозданием в 10 дней, установленный план был выполнен на 77 %, а на февральский сбор прибыло менее 30 % пилотов. Всего за 1951 год было выпущено 125 пилотов, примечательно, что среди них были 37 человек с образованием 7 классов, 47 человек с образованием 9 классов, 41 человек с образованием 11 классов.

В середине 50-х годов вместо учебной авиэскадрилии был вновь создан учебно-тренировочный отряд. На 1 декабря в Белорусском территориальном управлении ГВФ трудилось 1260 человек из них инженерно-технических работников – 412; в том числе со среднеспециальным образованием 188 человек, с высшей подготовкой 55 человек.

Появление современной реактивной техники потребовало дальнейшего совершенствование системы подготовки кадров. В 1974 году было создано Минское авиационное училище гражданской авиации. Значительное количество источников о советском периоде деятельности учебного заведения хранятся в архиве Федерального агентства воздушного транспорта.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Пиджаков, А. Ю. Комсомол – помощник партии в развитии Гражданского Воздушного флота в годы довоенных пятилеток (на материалах Северо-Запада РСФСР) : дис. ... канд. ист. наук / А. Ю. Пиджаков. – Л., 1988. – 226 л.
2. Сергеев, А. В. 5 лет строительства и борьбы Воздушного флота. 1917–1922 гг. / А. В. Сергеев. – М., 1926. – Кн. 2. – 320 с.

3. Гражданская авиация СССР в документах партийных, государственных и правительственных органов. – М., 1982. – 570 с.

УДК 316:629.7

А.И. Листопад, Р.Г. Смогоржевская

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ТРУД И ГЕНДЕР: СОЦИАЛЬНОЕ ПОЛЕ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ (НА ПРИМЕРЕ АВИАЦИИ)

Человек и труд – понятия взаимозависимые, начиная с древних времен, когда природный фактор формировал среду обитания, диктовал и ставил границы любому сформированному габитусу, высшим проявлением которого стала способность к коммуникации. Именно благодаря общению передавались из поколения в поколение технические и технологические открытия и навыки, в результате чего человек преодолел страх перед явлениями природы и стал самостоятельной свободной личностью, со всеми присущими личности правами, ответственностью и идентичностью. Марксизм убедительно раскрыл трудовую сущность антропогенеза в теории Энгельса и сегодня развивает так называемые «надстроечные» уровни этой теории, с учетом вклада Г. Зиммеля, Ф. У. Тейлора, Э. Мэйо и других. Речь идет об обновленном подходе главы франкфуртской школы неомарксизма Акселя Хоннета и включении в дискуссию о труде и трудовых отношениях тематических полей «суверенитета в профессии», «признания», «уважения», «справедливости», «доверия», «благодарности», «понимания» и т. п. Ракурс обсуждения всякий раз уточняется. И если в XX веке актуальным было выяснение феномена работы «с прохладцей» и интерпретация результатов Хоторнского эксперимента, то в XXI веке вырисовывается новейший «след» в системе управления предприятием и формировании новейших принципов научной организации труда, с появлением сотрудников с высочайшей производительностью труда (с английского *top-performance employees*). Высокоэффективных работников выделяет из среды так называемых «рядовых» коллег несколько характерных черт: работа таких сотрудников соответствует их талантам, они вовлечены в свою работу и заинтересованы в оптимальном взаимодействии всех служб специалистов, в проявлении синергетического эффекта в организации, как на личностном уровне, так и в целом всего персонала. Следует признать, что все чаще такими высокоэффективными – и, как следствие, высокооплачиваемыми – работниками становятся женщины, особенно если это связано, как доказала нобелевский лауреат 2023 года Клаудиа Голдин, с возможностью перехода на более гибкий график рабочего времени [4].

В современном обществе достижение гендерного равенства объявлено одной из целей устойчивого развития, утвержденных ООН [2]. В Беларуси эта цель последовательно и успешно реализуется. И речь идет в первую очередь о более весомом трудовом вкладе женщин в экономику страны, их участии в овладении так называемыми «мужскими» профессиями [3].

В авиации нет объективных преград для реализации задач достижения гендерного равенства. Существуют яркие примеры успешного участия женщин в менеджменте и руководстве авиакомпаний. В целом от Востока (в частности, в Индии) до Запада укрепляется тенденция увеличения числа женщин-пилотов в гражданской авиации. В Беларуси выбрана стратегия последовательного и неуклонного включения женщин в транспортную, в частности в авиационную отрасль: от технических работников до служащих, от руководителей до пилотов. В Белорусской государственной академии авиации девушки проходят обучение наряду с юношами по всем имеющимся специальностям. Курсантки представлены во всех органах управления и самоуправления академии, участвуют в научной и общественной

жизни, занимают призовые места в конкурсах, олимпиадах, им присваиваются звания «лучший курсант года» и т. д. Начиная с 2021 года летные специальности по управлению воздушным судном доступны и девушкам. Эксперимент успешно продолжается и имеет перспективы своего развития по всем направлениям.

Авиационная отрасль, которая по праву занимает одно из первых мест по своей сложности организации, способна весьма эффективно использовать синергетическую парадигму, например, для совершенствования и автоматизации управления воздушным движением, для учета работы авиационных комплексов и наилучшего взаимодействия работников между собой, в целях обеспечения безопасности полетов. В этом ключе особое значение сегодня приобретают личностные качества авиарботников, их способность взаимодействовать не только внутри команды экипажа и с наземными службами, но и с пассажирами. Таким образом, чтобы снизить возможные риски авиапроисшествий необходимо выделить определённые подсистемы, модернизация и совершенствование которых положительно скажется на уровне безопасности. Ведь при совершении полёта происходит взаимодействие нескольких подсистем, касающихся не только технических составляющих самолёта, но и взаимодействие диспетчеров и пилотов.

Большинство авиакомпаний стараются набирать в свой штат мужчин в силу их стрессоустойчивости. Однако каждый из полов имеет свои определённые преимущества и недостатки. Поэтому важно отметить, что гендерный фактор при выборе сотрудников играет меньшую роль, чем их профессиональные данные [1]. Для оптимизации управления воздушным движением необходимо оценивать персонал и возможности каждого работника в комплексе.

В настоящее время в мире увеличивается количество женщин-пилотов, стереотипы о «плохом управлении» тоже постепенно стираются, поэтому, как представляется, важно учитывать уровень подготовки и усвоения знаний при рассмотрении кандидатуры на лётную вакансию.

Для обеспечения безопасности полётов необходимо придерживаться синергетического направления в организации рабочей деятельности, поскольку именно он позволяет создать сбалансированный подход к управлению воздушным движением и производству полётов. Благодаря отлаженной структуре главенства на рабочих местах обеспечивается надлежащий уровень безопасности, повышения которого способствует дальнейшему развитию авиационной отрасли. Эффект инновационного синергетического подхода во много крат возрастает, если базируется на инклюзивном принципе, то есть включенности работников в обсуждение и дальнейшее принятие решений, существенных для организации.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Антропология профессий : сб. науч. ст. / под ред. П. В. Романова и Е. Р. Ярской-Смирновой. – Саратов : Центр социальной политики и гендерных исследований: Изд-во «Научная книга». – 2005. – 74 с.
2. Национальная стратегия устойчивого развития Республики Беларусь на период до 2035 года [Электронный ресурс] : протокол заседания Президиума Совета Министров Республики Беларусь от 04 февраля 2020 года, № 3. – Режим доступа: <https://economy.gov.by/uploads/files/NSUR/NSUR-2035.pdf>. – Дата доступа: 29.09.2023.
3. О Национальном плане действий по обеспечению гендерного равенства в Республике Беларусь на 2021–2025 годы [Электронный ресурс] : постановление Совета Министров Республики Беларусь, № 793 от 30.12.2019. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=C22000793>. – Дата доступа: 09.10.2023.
4. The Sveriges Riksbank Prize in Economic Sciences in Memory of Alfred Nobel 2023 was awarded to Claudia Goldin «for having advanced our understanding of women’s labour market outcomes» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.nobelprize.org/prizes/economic-sciences/2023/advanced-information/>. – Дата доступа: 23.10.2023.

УДК 93/94 + 629.7

С.Е. Станкевич, А.В. Касаревич, С.Д. Сацукевич

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПОКОРЕНИЕ ПЯТОГО ОКЕАНА: ПЕРВЫЕ ИДЕИ И ОТКРЫТИЯ, СВЕРШЕНИЯ И ПОДВИГИ

Долгое время человечество училось летать. Со времен античности одни хотели подняться в небо при помощи крыльев и повторить полет птиц, другие пытались создавать различные приспособления и прыгали с высоких башен. А так как в далеком прошлом химические процессы возникновения подъемной силы и физические процессы скользящего полета людям того времени были еще не известны и во многом не поняты, поэтому большинство попыток либо заканчивалось простыми неудачами в виде серьезных травм, либо гибелью энтузиастов «авиаторов». И только лишь в конце XVII века начали появляться первые реальные проекты «воздушных кораблей», полет которых в разной степени зависел от воли человека. Это время принято считать зарождением эры воздушных полетов и авиации [1].

Период воздухоплавания – это одна из интересных страничек в истории авиации. Этот период является научным триумфом и стартом новых идей, открытий, свершений и подвигов. Например, в 1766 году значительную роль сыграло открытие британского ученого (физика и химика) Генри Кавендиша, который во время своих экспериментов, используя контакт определенных кислот и металлов, растворяющих в них, смог получить воспламеняющийся газ, получивший в то время название «горючий воздух» или «флогистон». Последний термин ввел немецкий ученый Георг Шталь, так как при переводе с греческого языка «флогистон» – воспламеняющийся. Полученный элемент был во много раз легче воздуха. Этим открытием заинтересовался французский химик Антуан Лавуазье и с 1774 года он начал заниматься изучением горения «горючего воздуха». В своей теории он предполагал, что при горении данного газа реакция будет противоположная и поэтому должна быть получена кислота, но такой реакции не происходило. Однако проведенные опыты позволили ученому сделать предположение относительно состава обычного воздуха, который он разделил на «плохой воздух» (впоследствии получивший название азот) и «хороший воздух» (в дальнейшем получивший название кислород). Это направление одновременно изучали Джозеф Пристли (британский физик и химик, открывший кислород в 1774 г.) и Генри Кавендиш, который проводя химические исследования горения обычного воздуха и «горючего воздуха» (открытого им) во время опытов получил чистую воду. Лавуазье в 1783 году повторяет опытные исследования Кавендиша и подтверждает полученный результат британского ученого. Таким образом, британский ученый Генри Кавендиш смог не просто сделать открытие, но и дать описание свойств обнаруженного им газа «горючего воздуха». Газ, позже названный французским химиком Лавуазье водородом, дал ключ к управляемому полету [1], а шотландский ученый (химик и физик) Джозеф Блэк удостоверялся на практике в его подъемной силе.

Оболочка первых воздушных шаров наполнялась нагретым воздухом за счет, которого образовывалась подъемная сила. Эта идея принадлежала братьям Монгольфье Жозефу-Мишелю и Жаку-Этьенну. Их первый воздушный шар, впоследствии названный в их честь – монгольфьер, поднялся в воздух 5 июня 1783 года. В этом же году 27 августа, почти два месяца спустя в небо поднялся шарльер – воздушный шар, наполненный водородом, который был назван в честь Жака Шарля, также французского изобретателя, как и братья Монгольфье.

Аэростаты (неуправляемые воздушные шары) в истории сыграли огромную роль, так как это дало возможность проводить различного рода научные эксперименты, изучать атмосферные явления, при этом увеличивалась как высота подъема, так и дальность полета.

Многие ученые, искренне преданные науке, осознанно рисковали с целью получения очень важных научных результатов и открытий, поэтому несчастные случаи не были исключением в истории воздухоплавания. Причины трагических событий очень часто были связаны с техническими неисправностями, которые приводили к очень быстрой утечке заполняемого газа, создающего подъемную силу. Это в свою очередь приводило к гибели аэронавтов или в результате воспламенения оболочки воздушного шара или его разрыва, после которого быстрое падение не могло обеспечить благополучное приземление. Одержимость научными исследованиями, а также гонкой свершения первых перелетов в истории, порой приводили к нарушению правил безопасности и гибели отважных первооткрывателей.

В историю воздухоплавания вошли такие имена, как Кроче-Спинелли и Теодор Сивель, которые пытались на воздушном шаре совершить впервые подъем на высоту более 8000 метров (15 апреля 1875 г.) и из-за нехватки кислорода их смелый и отважный поступок привел к их гибели. Французский физик Жан-Франсуа Пилатр де Розье вошел в историю воздухоплавания, как первый человек, который совершил полет на воздушном шаре братьев Монгольфье (21 ноября 1783 г.). А спустя два года он также стал первым, кто погиб в катастрофе (15 июня 1785 г.), пытаясь повторить перелет Жан-Пьера Франсуа Бланшара через Ла-Манш (из Англии во Францию 7 января в 1785 году), проделав его в обратном направлении. Этот трагический случай в конце XVIII века заставил задуматься о безопасности людей и приступить к созданию специальных устройств, с помощью которых возможна экстренная эвакуация человека и безопасный спуск из воздушного шара, если он лопнет или воспламенится.

Идея такого устройства возникла еще задолго до изобретения и полета первого монгольфьера и шарльера. В XV веке известны эскизы парашюта Леонардо да Винчи (1485 г.), в XVI веке идеи проекта и модель собственного парашюта предложил хорватский ученый Фаусто Веранцио, который в 1597 году успешно совершил прыжок с колокольни, высотой более 80 метров. Были и другие идеи изобретения в XVIII веке: «летающий плащ» профессора де-Фонтаня (1777 г.), «управляемый плащ» Тибо де-Сента-Андрэ (1784 г.), парашют Луи-Себастьяна Ленормана (1783 г.) и Жан-Пьера Бланшара (1785 г.). В XIX веке демонстрация первых полетов воздушных шаров и прыжков с парашюта проходили в городе Минске.

Начало воздухоплавания в Беларуси связано с именами Станислава, Юзефа и Ольги Древницких [2]. Известные воздухоплататели и парашютисты XIX века родом из Островеччины (ныне Республика Беларусь). Они освоили управление аэростатом и устраивали демонстрацию прыжков при помощи парашюта. Впервые их имена появляются в газетах «Гродзенская прада» в 1891 году. Станислав, Юзеф и Ольга Древницкие начинали свою деятельность с малого. Первое время это были полеты на монгольфьерах, во время которых к ним пришло осознание того, что передвижение по воздуху на воздушных шарах – это очень рискованное и опасное занятие. Те воздухоплататели, которые имели на борту парашют, имели больше шансов на выживание, поэтому Древницкие упорно работали над созданием средства спасения.

Станислав разработал парашют собственной модели. Испытания должны были состояться 17 сентября 1891 г. в Вильнюсе во время демонстрационного полета на воздушном шаре. Однако в этот день произошел серьезный инцидент из-за халатности одного из солдат, который взмыл в воздух вниз головой, так как его нога оказалась в петле одной из веревок. Подъемная сила воздушного шара не была рассчитана на двоих человек, баланс сил был нарушен, шар терял равновесие и в любой момент мог упасть, поэтому возникла угроза жизни, как аэронавта, так и солдата. Станиславу пришлось постараться и приложить все свои силы для того, чтобы спасти жизнь, повисшего вниз головой человека: достать, схватить и посадить его прямо к себе на колени, продолжить полет и безопасно приземлиться. Хотя Древницкий мог просто воспользоваться парашютом и не рисковать собственной жизнью, однако этого он не стал делать.

26 сентября 1891 г. Станислав совершил повторный демонстрационный полет на воздушном шаре и удачный прыжок с парашютом в Губернаторском саду города Минска (парк имени Горького). Прыжок в тот день прошел успешно. Однако он показал на практике, как парашютистам, так и зрителям, что такой род занятия очень рискованный, так как во время стремительного подъема оболочка шара сморщилась, шар резко наклонился и стал стремительно падать вниз. В этот момент Станислав Древницкий потерял контроль над ситуацией, однако с ужасом наблюдавшая публика замерла в тот момент, когда парашют отделился от аэростата и начал стремительно снижаться к земле. Открытый купол парашюта немного стал замедлять падение, фигура, подвешенного человека напоминала маятник, ближе к земле парашют порвался, так как зацепился за крышу дома, однако полетел дальше. На следующей улице Крещенской (часть ул. Интернациональная) Станислав успешно (в то время так считали) приземлился на крышу дома, а воздушный шар, который ветром стало относить к реке, упал в Свислочь.

Свой парашют Станислав Древницкий назвал «Сирена», потому что на нем было изображено это мифологическое существо. В связи с этим корреспондент «Минского листка» отмечал: «сирены заманивают людей с целью погубить их. Сирена тоже манит С. Древницкого и, наверное, рано или поздно погубит его» [2]. Эта строка оказалась, как пророчество. Удача покинула парашютиста летом 1895г. в Витебске. Во время очередного прыжка Станислав срывается с шара и разбивается. Это был его 124 полет.

Даже после потери брата Юзеф Древницкий не бросил любимое дело. Он отработал технику прыжков до идеала и смог усовершенствовать имеющийся на тот момент парашют, всегда выступал самостоятельно и был отважным и рискованным. После случившейся трагедии с братом (три месяца спустя) Юзеф продемонстрировал в Баку (1895 г.) свой отработанный прыжок с парашютом, во время которого он мог утонуть в Каспийском море, так как парашют опустился прямо на воду. На следующий год в Тбилиси (1896 г.) во время полета началась буря, опускаясь, парашют, несло ветром к жилым домам, и он упал на крышу одного из зданий, Юзеф остался жив, но при этом сломал ногу. В Самаре произошло возгорание купола воздушного шара, и в очередной раз на глазах людей была продемонстрирована безопасность и возможность сохранения человеческой жизни благодаря парашюту. Выступление в Калуге (1897 г.) могло закончиться трагически. Пуск и часть подъема проходила успешно, но на высоте 100 метров воздушный шар лопнул, и Юзеф стал падать вниз, так как парашют не раскрылся. Казалось бы, что это верная смерть, но к счастью, за 30 метров от земли парашют раскрылся, и приземление произошло успешно, хоть и с небольшими ушибами. На момент 1910 года Юзеф Древницкий имел более 400 удачных прыжков, что в то время являлось мировым рекордом. Последний его подъем (27 августа 1913 г.) состоялся в Нижнем Новгороде. Сильным ветром его парашют занесло на телефонные провода, в которых он запутался, Юзеф смог оборвать только один из трех проводов, так как одна из веревок его парашюта причинила ему серьезную травму, после которой он потерял сознание. В 1913 году аэронавт выполнил свой 506 прыжок.

С парашютом Ольга Древницкая совершила свой прыжок 14 мая в 1895 г, который был первым в ее жизни, пусть она это сделала гораздо позже Станислава и Юзефа, однако в Российской Империи она признана первой женщиной-парашютисткой. Ольга смогла показать, что в небе и для девушек есть место, хоть это и опасное занятие.

Семья Древницких внесла огромный вклад в развитие авиации, этих людей можно назвать героями. Благодаря им безопасность человека во время полета перешла совсем на иной уровень.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Все об авиации / авт.-сост. Л. Е. Сытин. – М. : Астрель ; СПб. : Полигон, 2011. – 656 с. : ил.

2. Становление и развитие воздухоплавания в Беларуси в конце XIX – начале XX века. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/stanovlenie-i-razvitie-vozduhoplavaniya-v-belarusi-v-kontse-hih-nachale-hh-veka/viewer>. – Дата доступа: 23.09.2023.

UDC 614.883

A. Reut, D. Tarasik

Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”

THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF SANITARY AVIATION IN THE USSR AND BELARUS

Medical air travel is not just one of the means of transport. This is a health service operating in complex and constantly changing circumstances. Such air travel is of great importance in emergency situations, for example, when evacuating victims from areas of natural disasters. Thus, air ambulance is extremely necessary for patients in need of first aid. This type of aviation plays a key role in transporting a patient to a specialized medical center, which is located at a considerable distance. In addition, there is a special state supervision regulating the activities of sanitary aviation.

The history of the development of sanitary aviation is subsidized around the beginning of the XX century. One of the fundamental reasons for the need for rapid transportation by aircraft and, as a result, air logistics were military conflicts, or rather a huge number of wounded patients in them. It was also noted that such transportation has a number of advantages: it does not depend on the condition of roads and the presence of traffic jams, it allows you quickly deliver the patient to the hospital [1].

The creation of an air ambulance in the Union of Soviet Socialist Republics (hereinafter – USSR) was initiated in 1925. By the Red Cross and Red Crescent Society of the USSR. The basis was the Dobrolet Joint-Stock Company of the Russian Voluntary Air Fleet, established on March 17, 1923. The 1st specialized sanitary aircraft in the USSR for the transportation of bedridden patients and accompanying medical staff was equipped with the stretcher installed in 2 tiers. For example, when transporting bedridden patients, the stretcher together with the patient was loaded into the sanitary compartment through a long rectangular hatch in the left side of the fuselage, and then attached. The doctor was located at the feet of the patient on a folding chair. A container containing medicines and an oxygen bottle was fixed behind his back. The walls of the cabin were sheathed with warm sound-absorbing felt, and there was also heating from the engine in the cabin. The floor and all the devices of the sanitary compartment allowed to provide regular thorough cleaning and disinfection.

A further step towards the development of sanitary aviation was the creation of the K-4 sanitary modification aircraft. In April 1928, the Kharkov Plant was instructed to prepare an air ambulance for demonstrations at the III International Aviation Exhibition in Berlin by the autumn. The task was extremely important, so they approached it with maximum responsibility. It is also known that Kalinin was given the following condition: the car must be made exclusively from domestic materials and components, as a result of which a new Soviet M-6 300 hp engine was installed on the sanitary version of the K-4 instead of the German BMW-IV engine. The authoritative jury of the exhibition awarded K-4 a gold medal. During the following years, sanitary K-4s were widely used to provide medical care in various regions of the USSR. They also found combat use. During the Soviet-Finnish War, these aircraft participated in the evacuation of the wounded. It is worth noting that the flights were carried out in harsh winter conditions, with minimal visibility and severe frosts, which sometimes reached minus 45 °C, but the K-4 worked reliably.

SH-2 is an aircraft that was also used for the needs of sanitary aviation in the USSR. Serial production of the SH2 was organized at Taganrog Plant No. 31, the first one was built on April 1, 1932.

During the Second World War, air ambulance was used quite actively. The main sanitary aircraft C-1, C-2, and C-3 were specialized modifications of the famous U-2. The main one was the C-2. The aircraft was developed in 1940. The main differences from the U-2 was the fuselage design. It was lengthened and expanded. There was a more spacious cabin behind the pilot. Accordingly, there could be one healthcare professional and one wounded serviceman on a stretcher, or two seated passengers. The most important thing was the appearance of special wing cassettes (also called containers, cradles) for transporting the wounded. They could be installed on almost any light aircraft and were often used during the war. The weight of the structure together with the stretcher was 26 kg. The carrier could accommodate one lying wounded. The C-2 aircraft with such construction could transport three lying wounded and one sitting (if without an accompanying medical staff).

Among the main structural units of the sanitary aviation Separate sanitary aviation squadrons and Separate sanitary aviation regiments can be distinguished. At least nineteen were formed.

It is necessary to mention the 1009th Transport and Sanitary Aviation Regiment. It was formed in 1943 and became part of the 4th Special Operations Aviation Division. The regiment was armed with such aircraft as the S-2, Yak-6, S-2, Li-2. The regiment mainly solved the tasks of delivering medical supplies and transporting medical personnel.

Since 1963, the formation of departments of planned and emergency advisory assistance began. The air ambulance brigades were made up of them. By 1968, there were 164 hospitals operating throughout the USSR, which had specialized Mi-2 helicopters, as well as An-2, An-28, Tu-104 and L-410 aircraft at their disposal [1].

Air ambulance played an extremely important role during the fighting. The total number of seriously wounded soldiers, officers and partisans transported is estimated at approximately 350 thousand people (possibly more). A huge amount of medicines and other cargo was also delivered.

Sanitary aviation appeared in Belarus even before the war, in early 1935. Doctors flew by plane from Minsk to hard-to-reach areas, the seriously ill were taken to the capital. There were only two medical airplanes, and they could carry no more than one passenger.

In 1939, the medical aviation service decided to expand. They were going to create air sanitary stations in Vitebsk, Gomel, Pinsk and Bialystok, and instead of two planes to use 12 for rescue. However, due to the war, plans had to be postponed. In the early 50s, there are more and more medical flights. At the very beginning, sanitary aviation was subordinate to the Ministry of Civil Aviation, and in 1963 it was transferred to the Ministry of Health.

At the beginning of the 80s, offline support and therapy equipment appeared in sanitary aviation planes and helicopters, which helped make flights safer for the seriously ill.

In December 1986, following figures from the order of the Health Ministry of the Belorussian Soviet Socialist Republic were given: from 1981 to 1985, air ambulance evacuated 8,129 people from districts to republican specialized centers and departments of regional and city hospitals. Some districts were under the patronage of medical institutes and specific professors.

Nowadays sanitary aviation is represented by the aviation of the Ministry of Emergency Situations, which has the ability to transport medical equipment and medicines, as well as transporting passengers who need emergency medical care. Sanitary aviation is represented by Mi-8 and Mi-26 helicopters. Since 2009, the aviation of the Ministry of Emergency Situations has carried out 98 flights for the transportation of patients and donor organs, including three people transported using a medical module. Basically, the aviation of the Ministry of Emergency Situations transports victims without the medical module on helicopter Eurocopter AS350 accompanied by a medical staff with equipment, only the patient lies on a special stretcher. A small helicopter is particularly good for working in cramped urban conditions and can easily do without a special landing pad. Their construction is planned near regional and even district hospitals. And a start has been made. The first helipad is built near the Republican Clinical Medical Center in Zhdanovichi. In 2017, the Ministry of Health handed over a medical module to the Ministry of Emergency Situations aviation. It is installed on the Mi-8 helicopter, which, if necessary, will immediately transport patients and an

intensive care team – a doctor and two paramedics of the Republican Emergency Medical Center to any point in the country [4].

REFERENCES

1. Sycheva, T. A. Questions of studying the works of PANKH (the use of aviation in the national economy) in the domestic historiography of the second half of the XX century / Sycheva T. A. // Theory and practice of social development. – 2011. – № 6. – P. 248–251.
2. Miroshnichenko, A. G. Selected issues of the history of sanitary aviation abroad / A. G. Miroshnichenko, M. I. Goryainov, A. L. Ershov // Emergency medical care. – 2012. – № 1. – P. 74–80.
3. Howell, F. J. Aeromedical evacuation: remembering the past, bridging to the future / F. J. Howell, R. H. Brannon // Journal of Military Medicine. – 2000. – Vol. 165 (6). – P. 429–433.
4. Material about the emergency medical aviation [Electronic resource] / The Ministry of Emergency Situations of the Republic of Belarus // Respublika. – 2019. – Mode of access: <https://mchs.gov.by/glavnoe/335655/>. – Date of access: 20.10.2023.

СОДЕРЖЕНИЕ

СЕКЦИЯ 1

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ В АВИАНИКЕ, СИЛОВЫХ УСТАНОВКАХ И КОНСТРУКЦИЯХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

А.М. Айтупов, Р.Ю. Черников

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

**К ВОПРОСУ О СОЗДАНИИ ЭЛЕКТРОННОГО ОБУЧАЮЩЕГО КОМПЛЕКСА
«РУЛЕВЫЕ ПРИВОДЫ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ» 4**

М.А. Асаёнок

Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи»

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА БОРТУ
ВОЗДУШНОГО СУДНА В УСЛОВИЯХ ПЛОХОЙ ВИДИМОСТИ..... 5**

М.А. Асаёнок

Учреждение образования «Белорусская государственная академия связи»

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА БОРТУ
ВОЗДУШНОГО СУДНА В ДНЕВНОЕ ВРЕМЯ СУТОК 7**

Ю.Ю. Бокорев, И.А. Струговщиков

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

УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТОРМОЗНЫХ ДИСКОВ КОЛЕС 9

Д.А. Волков

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

**АДАПТИВНЫЙ АЛГОРИТМ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
КРЕНОМ НЕМАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА..... 10**

Д.А. Волков, А.Д. Кузнецов

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

**К ВОПРОСУ АДАПТИВНОЙ КОРРЕКЦИИ КОЭФФИЦИЕНТОВ
УСИЛЕНИЯ ЗАКОНА АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ
КРЕНОМ НЕМАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА..... 12**

Д.А. Волков, А.Д. Кузнецов

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

**К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПИЛОТАЖНЫХ СТЕНДОВ 13**

Д.А. Ганичкин, В.А. Асташов

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

**СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ В РАЗВИТИИ АВИАНИКИ
В ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ 15**

М.С. Гущеня, С.Г. Куклицкий

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

К ВЫБОРУ ШАССИ ДЛЯ АМФИБИЙНОГО ЛЕГКОГО САМОЛЕТА 18

А.Е. Горловой, П.С. Костин, Д.Е. Скоробогатов <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ КОРОТКОХОДОВОЙ РУЧКИ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ ДЛЯ АВИАЦИОННОГО ТРЕНАЖЕРА.....	20
А.И. Ефименко, И.В. Чуприков <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ВЕРТОЛЕТА НА ГРУЗОПОДЪЕМНОСТЬ.....	23
К.А. Журавский, А.В. Демьянов, А.А. Сердитов <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ТРАНСПОРТНАЯ АВИАЦИЯ ТОГДА И СЕЙЧАС	24
С.С. Ивашков, В.А. Голубев, В.В. Дворников <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> К ВОПРОСУ О ПРОБЛЕМЕ ОГРАНИЧЕНИЯ УГЛА АТАКИ И НОРМАЛЬНОЙ ПЕРЕГРУЗКИ НА МАНЕВРЕННЫХ САМОЛЕТАХ.....	27
М.Е. Жданов, С.М. Баранцев <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ ПАРАМЕТРОВ КРЫЛА ПО КРИТЕРИЮ МИНИМАЛЬНОЙ МАССЫ.....	29
И.И. Завялик, Е.Д. Белецкий, М.С. Стороженко <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ОБЕЗВОЖИВАНИЕ РАБОЧИХ ЖИДКОСТЕЙ ТОПЛИВНЫХ, ГИДРАВЛИЧЕСКИХ И МАСЛЯНЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	31
А.Г. Капустин <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВАРИЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	32
В.Н. Макаренко, Г.С. Киселев <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> К ВОПРОСУ ЗЕМНОГО РЕЗОНАНСА.....	35
А.А. Колот, П.С. Костин, В.В. Дворников <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ОСНОВНОЙ ОПОРЫ И ТОРМОЗНОГО КОЛЕСА САМОЛЕТА	38
А.А. Колот, П.С. Костин, В.В. Дворников <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ТРЕХМЕРНАЯ МОДЕЛЬ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА	40

И.И. Завялик, Р.С. Корчагин, А.Н. Школьников <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ОБЕСПЕЧЕНИЕ НАДЕЖНОСТИ ГИДРО-ГАЗОВЫХ СИСТЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	42
П.С. Костин, А.А. Мальченко, А.А. Федотов <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НАСОСА ПРИ ИМИТАЦИОННОМ МОДЕЛИРОВАНИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	44
А.М. Кривицкий, А.И. Рипинский <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ КРЫЛА В АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ТРУБЕ	46
А.А. Нагула, П.В. Лашевский, М.Д. Манкевич <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ И ПОРШНЕВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	47
А.Д. Кузнецов <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> АВТОМАТИЧЕСКОЕ ПАРИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ ПОПАДАНИЯ НЕМАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА В СПУТНЫЙ СЛЕД	50
Д.П. Литвинов, З.Н. Агаев, Н.А. Ивахненко <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> СОЗДАНИЕ СИСТЕМЫ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ПОДДЕРЖКИ ЭКИПАЖА ВЕРТОЛЕТА	51
Д.Т. Магомедов, В.В. Берулин <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ОСОБЕННОСТИ РЕМОНТА ОБШИВКИ ВОЗДУШНОГО СУДНА В УСЛОВИЯХ ПОВЫШЕННОЙ ВЛАЖНОСТИ.....	53
В.Н. Макаренко, А.А. Ильин <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА ОГРАНИЧЕНИЕ МАКСИМАЛЬНЫХ СКОРОСТЕЙ ПОЛЕТА СОВРЕМЕННЫХ ВЕРТОЛЕТОВ	56
А.Н. Сажин, В.А. Макаренко, И.Ю. Калашников <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КРЫЛА.....	59

И.К. Макаров, Д.В. Разуваев <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ПРИМЕНЕНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ИМИТАЦИОННОЙ НАТУРНОЙ МОДЕЛИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЦИФРОВОГО ИНДИКАТОРА	60
А.А. Мальченко, В.В. Дворников, А.А. Федотов <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО КЛАПАНА	63
С.В. Синявская, А.А. Олейникова, Д.А. Гамза <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ИЛ-76 И ЕГО МОДИФИКАЦИИ В СРАВНЕНИИ С ЕГО АМЕРИКАНСКИМ АНАЛОГОМ	66
Э.Ж. Павлушкин, Д.Д. Леде, В.А. Красковский <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ СБОРА ПОЛЕТНЫХ ДАННЫХ С ВНЕДРЕНИЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ «ГОНЕЦ» НА ВОЗДУШНЫЕ СУДА BOEING 737.....	69
А.И. Маслиев, М.А. Корнеев, А.С. Фимушин <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ О НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВАХ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СИСТЕМ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	72
Э.Ж. Павлушкин, А.Н. Леванович, А.А. Клименко <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ОБУЧАЮЩАЯ ПРОГРАММА ДЛЯ ОПТИМАЛЬНОГО ПОИСКА ОТКАЗОВ ПРИЕМНИКА ВОЗДУШНОГО ДАВЛЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ КОНТРОЛЬНО-ПОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРЫ	75
А.В. Некрасов, С.А. Боридько <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> К ВОПРОСУ НАПИСАНИЯ ПРОГРАММЫ РАСЧЕТА УСИЛИЙ В СТЕРЖНЯХ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМОЙ ФЕРМЫ КРЕПЛЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ	77
В.И. Поддячий, О.В. Шинкаренко <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> ПРИОРИТЕТНЫЕ КОНСТРУКТИВНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА	79
Н.В. Рогов, З.А. Лукожев <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> К ВОПРОСУ О ПОВЫШЕНИИ НАДЕЖНОСТИ СВАРКИ В ПОЛЕВЫХ УСЛОВИЯХ	81

М.А. Роднов, О.Н. Болдырева <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
ВОССТАНОВЛЕНИЕ ДЕТАЛЕЙ ОСТЕКЛЕНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА.....	83
В.Н. Макаренко, А.В. Савонник <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ВЕРТОЛЕТА	85
А.Н. Сажин, В.А. Макаренко, А.Г. Алисов <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
О ВЫБОРЕ НЕОБХОДИМОЙ СТРУКТУРЫ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЕРЕГРУЗКИ САМОЛЕТА.....	87
О.С. Порожнюк, Н.И. Пучко <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ТВВД НА СОВРЕМЕННЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ	88
Д.Е. Скоробогатов, П.С. Костин, В.В. Дворников <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
СОЗДАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КАРТЫ ПО РАЗБОРКЕ/СБОРКЕ КОЛЕСА САМОЛЕТА НА ОСНОВЕ ЦИФРОВОЙ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ	91
Д.Е. Скоробогатов, П.С. Костин, В.В. Дворников <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
СОЗДАНИЕ ТРЕХМЕРНОЙ МОДЕЛИ НЕТОРМОЗНОГО КОЛЕСА ШАССИ САМОЛЕТА.....	94
О.И. Стороженко, А.Д. Дьяков, Д.И. Лицкевич <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСА АКТИВНОЙ ЗАЩИТЫ ВЕРТОЛЕТОВ.....	96
О.В. Тарасов, И.А. Федоркевич <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
РАЗРАБОТКА ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ ТОПЛИВНОЙ СИСТЕМЫ САМОЛЕТА С РАЗДЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ ТОПЛИВА	97
С.С. Усарчук, Л.А. Сиротинцев <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
ПРОБЛЕМЫ ЭРГОНОМИЧЕСКОГО СОПРОВОЖДЕНИЯ ВНЕДРЕНИЯ «СТЕКЛЯННЫХ КАБИН» В СОСТАВ КОМПОНОВКИ ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	99
А.С. Фимушин, З.А. Алиев, Н.И. Зайцев <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
АССИСТЕНТ КОМАНДИРА ЭКИПАЖА В ЗАДАЧАХ АВАРИЙНОГО ПОКИДАНИЯ ВОЗДУШНОГО СУДНА	101

Д.В. Разуваев, М.С. Тимошенко <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ПИЛОТАЖНЫХ СТЕНДОВ В ПРОЦЕССЕ ПОДГОТОВКИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	104
А.А. Федотов, П.С. Костин, А.А. Мальченко <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ПРИМЕНЕНИЕ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ ДЛЯ ВЫВОДА САМОЛЕТА НА ТРАЕКТОРИЮ ГЛИССАДЫ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ТОЧЕК ПРОСТРАНСТВА.....	105
С.В. Синявская, Д.И. Тарасик, В.В. Рутковская <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КАБИНЫ ПИЛОТА САМОЛЕТОВ TU-154 И BOEING 737 NG.....	107
И.В. Чуприков, А.И. Ефименко <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА САМОВРАЩЕНИЯ НА РАБОТУ ЛОПАСТЕЙ НЕСУЩЕГО ВИНТА ВЕРТОЛЕТА	110
Т.Н. Довбышева, С.О. Канашиц <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТОГО ТОПЛИВА В АВИАЦИИ.....	113
С.С. Ивашков, В.С. Шабельский, Д.В. Разуваев <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> К ВОПРОСУ О ПРИМЕНЕНИИ АКТИВНЫХ КОРОТКОХОДОВЫХ РУЧЕК УПРАВЛЕНИЯ В САМОЛЕТАХ ТРАНСПОРТНОЙ КАТЕГОРИИ	115

СЕКЦИЯ 2

РОЛЬ И МЕСТО БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ РАЗВИТИЯ НАУКИ И ТЕХНИКИ

Abdujabarov Nuriddin Anvarovich, Shokirov Rakhimjon Azamjon ugli <i>Tashkent State Transport University, Republic of Uzbekistan, Tashkent</i> AUTOMATIC OBJECT DETECTION AND TRACKING METHODS BASED ON IMAGES OBTAINED FROM UAVS.....	118
Р.Н. Агаев, А.В. Чариков, С.В. Масалыкин <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ВЕРТИКАЛЬНОГО ВЗЛЕТА	120

И.П. Аниськов ¹ , А.Р. Понтус ² <i>¹Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси</i> <i>²Государственное научное учреждение «Институт экспериментальной ботаники Национальной академии наук Беларуси»</i>	
ДВУХУРОВНЕВЫЙ МОНИТОРИНГ ЛЕСОПАТОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ В ХВОЙНЫХ ЛЕСАХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА.....	123
И.О. Антонюк, К.Е. Рогачевский, А.Р. Михайлов <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «МЕТЕОПЛАНШЕТ».....	126
О.В. Александров, А.В. Подберёзская <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ: БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ.....	128
С.В. Бабамов, М.Э. Умяров <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
НЕОБХОДИМОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В СОВРЕМЕННОЙ ЖИЗНИ: ПРИМЕНЕНИЕ В НАУКЕ И ТЕХНИКЕ.....	130
Е.В. Булатова ¹ , Д.А. Дьяков ² <i>¹Учреждение образования «Национальный детский технопарк»</i> <i>²Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ИНЕРЦИАЛЬНО-ОПТИЧЕСКАЯ НАВИГАЦИОННАЯ СИСТЕМА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ КАК ПРЕДМЕТ ИССЛЕДОВАНИЯ МОЛОДЫМИ УЧЕНЫМИ.....	132
В.Г. Бутенко, Д.В. Бухтиаров <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОПТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ОТ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ ПРОТИВНИКА.....	133
Д.Р. Быченко, Р.А. Вишневецкий <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ИНТЕГРАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ В ОБЩЕЕ ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ НА СОВРЕМЕННОМ ЭТАПЕ	136
Д.Ю. Вешторг <i>Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси</i>	
О ТОПОЛОГИЧЕСКОЙ ОПТИМИЗАЦИИ ДЕТАЛЕЙ И УЗЛОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	138

Д.В. Верещиков, Д.В. Васильев, В.В. Дворников <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
О НЕКОТОРЫХ РЕЗУЛЬТАТАХ ПОЛУНАТУРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДИНАМИКИ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ВНЕШНИМ ПИЛОТОМ	139
А.В. Губернатенкова ¹ , И.В. Рожков ² , Д.А. Дьяков ² ¹ <i>Учреждение образования «Национальный детский технопарк»</i> ² <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ НА ОСНОВЕ ЭФФЕКТА КОАНДА	141
А.С. Гринюк, А.В. Косицын, И.А. Потапов <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
ОБОСНОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПУЛЬСИРУЮЩИХ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ НА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ ПОСРЕДСТВОМ МОДЕЛИРОВАНИЯ ВНУТРЕННИХ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ	142
Я.А. Демиденкова, Д.А. Беляев <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ПРОТИВОДЕЙСТВИЕ МАЛЫМ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТАМ	144
Г.И. Гайда, С.В. Лойко, А.Л. Желудкевич <i>Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси, Государственного научно-производственного объединения «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по материаловедению»</i>	
О МОДИФИКАЦИИ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ «БУСЕЛ М» НА ОСНОВЕ МАГНИТОПРОВОДОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННОГО МАТЕРИАЛА....	146
С.Г. Дубовский, А.И. Антонов, А.В. Рожок <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
БАРРАЖИРУЮЩИЕ АВИАЦИОННЫЕ БОЕПРИПАСЫ И ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИХ БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ	152
Е.А. Закревский ¹ , Д.А. Дьяков ² ¹ <i>Учреждение образования «Национальный детский технопарк»</i> ² <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ПРОЕКТ БЕСПИЛОТНОГО КОСМИЧЕСКОГО ПЛАНЕТОХОДА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СПУТНИКОВ МАРСА.....	153
Л.А. Иваницкий, А.А. Шейников <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	155
А.С. Ишутин, Ю.Д. Пещенко <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В КАЧЕСТВЕ СРЕДСТВ ВНЕШНЕГО ЦЕЛЕУКАЗАНИЯ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯМ ВЕРТОЛЕТОВ.....	158

О.В. Ковриго <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФОРМАЛИЗАЦИЯ И РЕШЕНИЕ В ОБЩЕМ ВИДЕ ЗАДАЧИ СИНТЕЗА ЭТАЛОНА ИЗОБРАЖЕНИЯ	159
В.В. Копытков, Д.В. Безмен, И.И. Коваленко <i>Университет гражданской защиты МЧС Беларуси</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ	160
А.А. Лобатый <i>Белорусский национальный технический университет</i> ОБЗОР АНАЛИТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ СИНТЕЗА РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ	161
И.И. Коваленко, В.В. Копытков <i>Университет гражданской защиты МЧС Беларуси</i> ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ	164
И.С. Маркова <i>Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси</i> ОБ АВТОНОМНОМ ФУНКЦИОНИРОВАНИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА	166
И.С. Новичихин, А.В. Сухопличев, А.А. Аверин <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ЭЛЕКТРОННЫЙ ОБУЧАЮЩИЙ КОМПЛЕКС «БЕСПИЛОТНЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ «ОРИОН»	167
В.В. Медведев, И.В. Рожков <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ОСОБЕННОСТИ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЛЕКСНОГО АЛГОРИТМА ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ С УЧЕТОМ ПЕРЕРЫВОВ ИНФОРМАЦИИ	168
В.В. Цыбулько, А.И. Федоров <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ БЛА	170
В.В. Панасюк, В.В. Копытков <i>Университет гражданской защиты МЧС Беларуси</i> ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ВОЗГОРАНИЙ В ВЫСОТНЫХ ЗДАНИЯХ	172
П.И. Савёлов <i>Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси</i> ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СИСТЕМ СТАБИЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	173

Ю.И. Семак, А.В. Амброжевич <i>РУП «НПЦ многофункциональных беспилотных комплексов» НАН Беларуси</i> О КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ РАБОЧИХ ПРОЦЕССОВ В ПУЛЬСИРУЮЩЕМ ВОЗДУШНО-РЕАКТИВНОМ ДВИГАТЕЛЕ.....	174
А.В. Петухов, М.А. Калинин, Е.А. Верютин <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ОЦЕНКА НАДЕЖНОСТИ ПЛАНИРОВАНИЯ РАБОТ ПО ПОДГОТОВКЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ К ПРИМЕНЕНИЮ	176
С.В. Синявская, М.Д. Аскарбек <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ВОЕННЫХ КОНФЛИКТАХ	179
Э.А. Смоленский, А.А. Шейников <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> ОСОБЕННОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ НАВИГАЦИИ СОВРЕМЕННЫХ ВОЗДУШНЫХ БОЕВЫХ РОБОТОВ.....	181
Е.В. Снитков <i>Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси</i> ОБ ОБОСНОВАНИИ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА НАЗЕМНОГО ПУНКТА УПРАВЛЕНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫМ БЛА	184
А.В. Спесивцев <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ ГРАЖДАНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ	186
С.А. Хилькевич, О.Н. Скрыпник <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	189
Ю.Ф. Яцына, А.А. Щавлев, М.В. Максимова <i>Республиканское унитарное предприятие «Научно-производственный центр многофункциональных беспилотных комплексов» Национальной академии наук Беларуси</i> О РАЗРАБОТКАХ НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ЦЕНТРА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ БЕСПИЛОТНЫХ КОМПЛЕКСОВ И ПЕРСПЕКТИВАХ РАЗВИТИЯ.....	192
В.В. Цыбулько, Е.Ю. Бертош <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> МАСКИРОВКА, КАК НАПРАВЛЕНИЕ СНИЖЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЛА ПО ОПЫТУ СВО	193
С.В. Синявская, А.Д. Прохоров, В.С. Пачковский <i>Учреждения образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> СОВРЕМЕННОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В МИРНЫХ ЦЕЛЯХ	194

СЕКЦИЯ 3

ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ И УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ, БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

D. Vychanok, V. Paletayeva

Educational institution "Belarusian State Academy of Aviation"

USE OF AIRFIELD ROAD SECTIONS IN THE REPUBLIC OF BELARUS..... 198

Д.В. Верещиков, А.А. Широ, И.К. Макаров

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

К ВОПРОСУ О ЛЕВОМ САМОВРАЩЕНИИ ВЕРТОЛЕТА 199

Е.А. Волк¹, В.В. Шаталова²

¹*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»*

²*Учреждение образования «Белорусский государственный университет информатики
и радиоэлектроники»*

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ..... 201

Г.А. Гаспарян, И.А. Чехов

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего
образования «Московский государственный технический университет гражданской
авиации» (МГТУ ГА) (г. Москва, Российская Федерация)*

**ПОНЯТИЕ НАДЕЖНОСТИ ПРОЦЕДУР И УПРАВЛЕНИЯ
С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЛОБАЛЬНОЙ НАДЕЖНОСТИ
АВИАЦИОННЫХ ПЕРЕВОЗОК..... 203**

И.В. Рожков¹, Т.А. Шарай², Е.С. Грабовская²

¹*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»*

²*Учреждение образования «Национальный детский технопарк»*

**ПРОБЛЕМЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА
БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ И ПУТИ
ИХ РЕШЕНИЯ 206**

О.Г. Жданович, О.Н. Скрыпник

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

**СПОСОБЫ ВЫЯВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ЛИЦ
ПРИ ОБЕСПЕЧЕНИИ АВИАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ 208**

Л.С. Ильина, З.В. Машарский

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

**НОРМАТИВНО-ПРАВОВОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ЭКСПЛУАТАНТОВ, ОСУЩЕСТВЛЯЮЩИЕ АВИАЦИОННЫЕ ПЕРЕВОЗКИ..... 210**

Е.И. Капцевич, М.Н. Мануйлов

Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»

**МЕРОПРИЯТИЯ ПО ОРНИТОЛОГИЧЕСКОМУ ОБЕСПЕЧЕНИЮ ПОЛЕТОВ,
НАПРАВЛЕННЫЕ НА СНИЖЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПОВРЕЖДЕНИЯ
ПОСТОРОННИМИ ПРЕДМЕТАМИ И ПТИЦАМИ ДВИГАТЕЛЕЙ 213**

С.А. Коршак, Р.В. Шиман, А.Н. Марчук

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

**КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА РИСКА ДЛЯ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ НЕЧЕТКОГО ЛОГИЧЕСКОГО ВЫВОДА 214**

В.Н. Костров, А.О. Ничипорук, А.П. Бафанов <i>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)</i>	
СКОРОСТНЫЕ ПАССАЖИРСКИЕ ПЕРЕВОЗКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СУДОВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ И ПОДВОДНЫХ КРЫЛЬЯХ И ЗАДАЧИ РАЗВИТИЯ ИХ ИНФРАСТРУКТУРЫ	217
А.И. Листопад, О.Н. Скрыпник <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИЙ CNS ДЛЯ ИНТЕГРАЦИИ ПИЛОТИРУЕМОЙ И БЕСПИЛОТНОЙ АВИАЦИИ В ОБЩЕЕ ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО	220
М.Н. Мануйлов, В.В. Щанович <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ПРОБЛЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ ПОЛЕТОВ	223
О.В. Александров, К.А. Никитич <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ	225
Р.И. Могилянец, Д.А. Кисель <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА ИСКУССТВЕННЫХ ПОКРЫТИЙ АЭРОДРОМОВ	227
С.В. Минаев, Д.Ю. Мягков <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
АНТИГОЛОЛЕДНЫЕ РЕАГЕНТЫ, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В АВИАЦИОННЫХ ОРГАНИЗАЦИЯХ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ.....	228
Д.А. Можжухин, В.Н. Нечаев <i>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) (г. Москва, Российская Федерация)</i>	
МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ РЕЖИМОВ СДО/ССО НА ПРИМЕРЕ ПОТОКОВ ВОЗДУШНОГО ДВИЖЕНИЯ ПРИБЫТИЯ И ВЫЛЕТА АЭРОПОРТА ВНУКОВО В НОВОЙ СТРУКТУРЕ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА	230
В.В. Овчинникова, Р.А. Вишневецкий <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОЗДУШНОГО ПРОСТРАНСТВА В МИРЕ ПРИ ИНТЕГРАЦИИ В ОБЩЕЕ ВОЗДУШНОЕ ПРОСТРАНСТВО БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ.....	235
A. Oleinikova, A. Reut <i>Education institution «Belarusian State Academy of Aviation»</i>	
HUMAN FACTOR IN AIRCRAFT MAINTENANCE	237
А.С. Порожняк, О.Н. Скрыпник <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ПРОБЛЕМЫ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ GNSS И СПОСОБЫ ЕЕ ПОВЫШЕНИЯ	240

О.Н. Скрыпник, Р.А. Вишнеvский <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> АРХИТЕКТУРА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	243
Y. Tarasevich, V. Paletayeva <i>Educational institution «Belarussian State Academy of Aviation»</i> ADVERSE METEOROLOGICAL PHENOMENA AND THEIR IMPACT ON FLIGHT SAFETY	245
Е.В. Фетисов, Р.Н. Агаев, С.В. Поцелуйкин <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ЗАПРАВКИ САМОЛЕТА МАСЛАМИ	247
Е.В. Фетисов, Р.Н. Агаев, С.В. Поцелуйкин <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> РАСЧЕТ ПОТРЕБНОГО КОЛИЧЕСТВА СРЕДСТВ НАЗЕМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ОБЩЕГО ПРИМЕНЕНИЯ ДЛЯ ЗАПРАВКИ САМОЛЕТА ГАЗАМИ	250
С.А. Шевцов, Е.В. Фетисов, Д.М. Сапунов <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> СПОСОБ ГЕОТЕРМАЛЬНОГО ОБОГРЕВА ВЗЛЕТНО-ПОСАДОЧНОЙ ПОЛОСЫ ПАРОКОМПРЕССИОННЫМ ТЕПЛОВЫМ НАСОСОМ	254

СЕКЦИЯ 4

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ В АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

З.Н. Агаев, Д.В. Богомолов <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА ПАРКА АВИАЦИОННЫХ ГАЗОТУРБИНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРИ ВЫПОЛНЕНИИ АВИАЦИОННОЙ ЧАСТЬЮ ПЛАНА ЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ.....	258
А.В. Белоусов, А.И. Науменко <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ДИНАМИЧЕСКОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ЦЕН НА АВИАБИЛЕТЫ	261
А.И. Кириленко, И.Л. Бурдин <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ВОДОРОДА	264
Н.Р. Ванскович, А.И. Кириленко <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> АППРОКСИМАЦИЯ ПЕТЛИ МАГНИТНОГО ГИСТЕРЕЗИСА ГИПЕРБОЛИЧЕСКИМ ТАНГЕНСОМ.....	265

К.А. Журавский, Д.В. Васильев, А.А. Широ <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
ОЦЕНКА ПОСАДКИ САМОЛЕТА В ПОЛУНАТУРНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТАХ.....	269
А.О. Воложин, А.И. Кириленко <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ИНФРАЗВУК.....	271
А.Г. Капустин, Д.А. Гладкий <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ОСОБЕННОСТИ АВАРИЙНЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ОСНОВЕ ЛИТИЕВЫХ АККУМУЛЯТОРНЫХ БАТАРЕЙ.....	273
Ю.А. Гурвич, И.Л. Бурдин, М.В. Редько <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ПАРАДОКС ЛОГАРИФМИЧЕСКОГО ДЕКРЕМЕНТА КОЛЕБАНИЙ.....	276
Ю.А. Гурвич, И.Л. Бурдин, Г.А. Сенокосов <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ВТОРОЕ СЕМЕЙСТВО ПРИКЛАДНЫХ КРИТЕРИЕВ УСТОЙЧИВОСТИ.....	277
Е.А. Дехтяренко, Ф.С. Южаков, А.И. Котенко <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
РОЛЬ И ПРИМЕНЕНИЕ ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ В АВИАЦИИ.....	279
В.П. Дорошков, А.А. Кулешов <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
УЧЕТ РЕЛЬЕФА МЕСТНОСТИ ПРИ ОПРЕДЕЛЕНИИ ДАЛЬНОСТИ ДО НАЗЕМНОГО ОБЪЕКТА.....	281
Ю.О. Жуков, Е.Н. Мальцев, И.Н. Решетников <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗА В ЗАДАЧЕ УПРАВЛЕНИЯ ЗАПАСАМИ АГРЕГАТОВ ДЛЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ.....	283
К.А. Журавский, П.С. Костин, В.В. Дворников <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
К ВОПРОСУ МОДЕЛИРОВАНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ МАНЕВРЕННОГО САМОЛЕТА.....	286
Е.Л. Ивановская, А.А. Санько <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЕТРОВЫХ ВОЗМУЩЕНИЙ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА БЛОК ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ В ВЕРТИКАЛЬНОМ КАНАЛЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	288
С.С. Ивашков, Н.А. Савельев, А.А. Широ <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i>	
К ВОПРОСУ О МОДЕЛИРОВАНИИ УПРАВЛЯЮЩИХ ДЕЙСТВИЙ ЛЕТЧИКА ПРИ ПОСАДКЕ.....	289

О.А. Конопелько, Д.Г. Буянов, Н.С. Земляков <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> ФОРМУЛИРОВКА НАЧАЛЬНЫХ И ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ ЗАДАЧИ НЕСТАЦИОНАРНОЙ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ АВИАЦИОННЫХ АРТИЛЛЕРИЙСКИХ СТВолоВ	291
А.И. Кириленко, М.Ю. Ганчаров <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ВЛИЯНИЕ ПРИРОДНЫХ ФАКТОРОВ НА АВИАЦИОННУЮ БЕЗОПАСНОСТЬ. ОБЛЕДЕНЕНИЕ ВС. БАЛАНС ТЕПЛА ОБЛЕДЕНЕВАЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ	293
В.А. Малкин <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> МЕТОД НЕГРАДИЕНТНОГО СЛУЧАЙНОГО ПОИСКА В ЗАДАЧЕ ОПТИМИЗАЦИИ УПРАВЛЕНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКИМ ОБЪЕКТОМ	296
А.Г. Капустин, А.В. Махов <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> НЕЙРОННЫЙ РЕГУЛЯТОР НАПРЯЖЕНИЯ АВИАЦИОННОГО СИНХРОННОГО ГЕНЕРАТОРА.....	299
Ю.О. Жуков, Н.В. Стручков, Д.А. Богданов <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ ПРОЦЕССОВ ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ	302
С.В. Цуприк ¹ , А.С. Солонар ² , П.А. Хмарский ³ ¹ <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»,</i> ² <i>ОАО «КБ Радар» – управляющая компания холдинга «Системы радиолокации»,</i> ³ <i>Институт прикладной физики Национальной академии наук Беларуси</i> КОМПЛЕКС МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПРОВЕРКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОРРЕЛЯЦИОННО-ЭКСТРЕМАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ СОПРОВОЖДЕНИЯ НАЗЕМНЫХ ОБЪЕКТОВ	306
А.И. Кириленко, А.И. Листопад <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ВЛИЯНИЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗЛИЧНЫХ СИСТЕМ БАРИЧЕСКОГО ДАВЛЕНИЯ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ	309
А.И. Бибик ¹ , С.В. Попко ¹ , С.И. Петренко ² ¹ <i>Белорусский национальный технический университет,</i> ² <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССОВ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ СТУДЕНТАМИ ИНЖЕНЕРНЫХ СПЕЦИАЛЬНОСТЕЙ.....	311
А.Н. Шинкевич <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ЭРГОНОМИКА ЗРИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	315
О.С. Филиппенко <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВИАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ	317

СЕКЦИЯ 5

СОЦИАЛЬНО-ГУМАНИТАРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ В АВИАЦИИ

- Д.А. Беляев, Е.А. Ероменко, А.В. Савченко
Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»
ЭЛЕКТРОННЫЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ НА УРОВНЕ СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО АВИАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ321
- А.И. Кириленко, М. Мирлан кызы, Е.С. Ледник
Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»
ИСТОКИ РЕАКТИВНОЙ ТЕХНИКИ.....322
- Е.Д. Бойко, А.Д. Минаева, Е.Н. Кравченко
Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»
ВАРИАТИВНОСТЬ ОЦЕНКИ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ ВЫНОСЛИВОСТИ И ГИБКОСТИ КУРСАНТОВ.....326
- А.С. Журавский, О.С. Полетаева
Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»
ПОСЛЕДСТВИЯ ВЛИЯНИЯ ПАНДЕМИИ COVID-19 НА ГЛОБАЛЬНЫЙ АВИАЦИОННЫЙ СЕКТОР ЭКОНОМИКИ329
- А.В. Белоусов, А.В. Найдович
Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»
ОЦЕНКА ПРОЯВЛЕНИЙ СТРЕССА У КУРСАНТОВ БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ АВИАЦИИ НА РАЗНЫХ ЭТАПАХ ОБУЧЕНИЯ.....331
- М.В. Данилюк, А.И. Земницкий, А.В. Найдович
Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»
МОТИВАЦИЯ ДОСТИЖЕНИЯ УСПЕХА У КУРСАНТОВ БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ АВИАЦИИ.....334
- А.А. Климович¹, Д.А. Дьяков²
¹*116 гвардейская штурмовая авиационная база,*
²*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»*
ОСОБЕННОСТИ МОТИВАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛЕТЧИКОВ ШТУРМОВОЙ АВИАЦИИ336
- Т.В. Кокина¹, А.И. Кунцевич¹, Д.А. Дьяков²
¹*223 центр авиационной медицины Военно-воздушных сил и войск противовоздушной обороны Вооруженных Сил Республики Беларусь*
²*Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»*
МЕДИКО-ПСИХОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ОБРАЗА ПОЛЕТА У ОПЕРАТОРА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА339
- В.А. Ксенофонтов
Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»
ВОЕННАЯ СФЕРА НАЦИОНАЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ И ПРИНЦИПЫ РАЗВИТИЯ.....342
- О.Г. Петровская, Н.В. Гаврильчик, С.А. Дулич
Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»
ПРОБЛЕМНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В ЗДОРОВЬЕСБЕРЕЖЕНИИ345

А.В. Найдович <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПРОБЛЕМА СОЦИАЛЬНОЙ ЖЕЛАТЕЛЬНОСТИ В ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЯХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ САМООТЧЕТНЫХ МЕТОДИК.....	347
А.В. Найдович <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ЭМОЦИОНАЛЬНЫЙ ИНТЕЛЛЕКТ КАК СОСТАВЛЯЮЩАЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОМПЕТЕНЦИИ БУДУЩИХ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	349
V. Paletayeva, A. Zhurausky <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i> MARKETING POLICY OF “EASYJET” AND “RYANAIR” LOW-COST AIRLINES	351
В.Н. Сивицкий <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ДУХОВНО-НРАВСТВЕННЫЕ ОСНОВАНИЯ АВИАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ	353
С.А. Савик, М.И. Капкович <i>Белорусский национальный технический университет</i> ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ, СТАНОВЛЕНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ ВОЕННОЙ ДОВУЗОВСКОЙ ПОДГОТОВКИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКА	356
Г.А. Сенокосов, А.В. Найдович <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ИЗУЧЕНИЕ КОММУНИКАТИВНЫХ И ОРГАНИЗАТОРСКИХ СПОСОБНОСТЕЙ У КУРСАНТОВ БЕЛОРУССКОЙ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АКАДЕМИИ АВИАЦИИ.....	359
С.В. Синявская, А.Д. Липень, Д.С. Белявская <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПЕРВЫЕ ЖЕНЩИНЫ КОСМОНАВТКИ.....	362
С.В. Синявская, Р. Гюнтер, Е.И. Матусевич <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> МЕСТО ПОДВИГУ ЕСТЬ ВСЕГДА	364
В.А. Станкевич, Н.С. Максимов, Н.В. Кудрявцева <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> АВИАПАССАЖИРЫ: ПРОБЛЕМЫ КУЛЬТУРЫ ОБЩЕНИЯ И ПОВЕДЕНИЯ	366
С.Е. Станкевич, К.А. Шостак, А.А. Батюшко <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ГОРОД ПОД НАМИ: ГЕРОИ НАШЕГО ВРЕМЕНИ, КТО ОНИ?	369
В.С. Тарасов, А.Г. Мазур <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОКАЗЫВАЮЩИХ ВЛИЯНИЕ НА СИСТЕМУ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА В ХОДЕ ОСВОЕНИЯ НОВЫХ (МОДЕРНИЗИРОВАННЫХ) ОБРАЗЦОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ.....	372

М.И. Токарева, В.М. Гостилович, И.В. Мельников <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФАКТОРОВ ТВОРЧЕСКОГО ВОЕННО-ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ ЛИЧНОСТИ КУРСАНТОВ.....	375
И.А. Фолынсков, А.В. Белько, Я.Д. Пасиницкая <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ОСОБЕННОСТИ ФИЗИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПИЛОТА.....	376
А.И. Чмуневич, А.И. Горох, Д.А. Корниевич <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДСТВ ВИЗУАЛИЗАЦИИ НА УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЯХ ПРИ ПОДГОТОВКЕ СПЕЦИАЛИСТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ.....	379

СЕКЦИЯ 6

РАДИОЛОКАЦИЯ, РАДИОНАВИГАЦИЯ И СВЯЗЬ В АВИАЦИИ

Э.А. Болелов, К.И. Галаева <i>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) (г. Москва, Российская Федерация)</i> КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТЕОЯВЛЕНИЙ В НАЗЕМНЫХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ РАДИОЛОКАТОРАХ ДЛЯ ЗАДАЧ АЭРОНАВИГАЦИИ.....	382
Н.А. Абдужабаров, Ж.Ш. Нариманов <i>Ташкентский государственный транспортный университет (г. Ташкент, Узбекистан)</i> ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ СОЗДАНИЕ ЛИНЕЙНОГО УПРАВЛЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ КВАДРОКОПТЕРНОГО ТИПА	384
А.В. Белоусов, О.Н. Скрыпник <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОБЛАЧНОСТИ НА ТОЧНОСТЬ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ GPS-ПРИЕМНИКА	386
Е.Я. Валушко, С.Б. Калитин <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> АНАЛИЗ ОШИБОК ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ИСТОЧНИКОВ РАДИОЛОКАЦИОННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ПРИ ФРОНТАЛЬНОМ СПОСОБЕ ВЕДЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ РТР	388
В.В. Медведев, С.Л. Соколов, Я.Е. Солтан <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ФОРМИРОВАНИЕ РАЗРЫВНОЙ ЗОНЫ РАДИОЭЛЕКТРОННОГО ПОДАВЛЕНИЯ СПУТНИКОВОГО ПРИЕМНИКА БЕСПИЛОТНОГО АВИАЦИОННОГО КОМПЛЕКСА СТАНЦИЕЙ ПОМЕХ	392
А.Г. Боровой ¹ , Д.В. Морозов ² ¹ <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ² <i>Государственное научное учреждение «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Республики Беларусь»</i> СПОСОБ ОБНАРУЖЕНИЯ ШИРОКОПОЛОСНЫХ ЛИНЕЙНО-ЧАСТОТНО-МОДУЛИРОВАННЫХ СИГНАЛОВ.....	394

Д.В. Желобкович ¹ , В.А. Красковский ² , Э.Ж. Павлушкин ² <i>¹РУП «Белаэронавигация»</i> <i>²Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ВИРТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЯЮЩЕГО КОМПЛЕКСА ГЛИССАДНОГО РАДИОМАЯКА	396
А. Kozich, Т. Boika <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i>	
POSITIONING IN A CELLULAR NETWORK.....	400
Е.Н. Буйлов ¹ , А.С. Солонар ² <i>¹Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> <i>²ОАО «КБ Радар» – управляющая компания холдинга «Системы радиолокации»</i>	
АДАПТИВНЫЙ К УСЛОВИЯМ НАБЛЮДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ ОБНАРУЖИТЕЛЬ ИСТОЧНИКА РАДИОИЗЛУЧЕНИЯ.....	401
В.М. Морозов <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ МОДЕЛИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ РЛС С СИНТЕЗОМ АПЕРТУРЫ АНТЕННЫ ДЛЯ БЛА.....	405
В.В. Нечаев <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
ОЦЕНКА ВОЗДЕЙСТВИЯ ВАРИАЦИЙ ПАРАМЕТРОВ АЛЬМАНАХА НА ТОЧНОСТЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МЕСТОПОЛОЖЕНИЯ.....	406
А.Г. Боровой ¹ , В.В. Ковалевич ² , К.В. Пожога ² <i>¹Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> <i>²Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i>	
АКТУАЛЬНОСТЬ ОБНАРУЖЕНИЯ ИЗЛУЧЕНИЯ РАДИОВЫСОТОМЕРА МАЛЫХ ВЫСОТ РАЗЛИЧНЫХ ОБРАЗЦОВ ВООРУЖЕНИЯ	408
Е.Д. Полетаева, В.С. Скрипко <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ПРИНЦИПЫ РАБОТЫ РАДИОНАВИГАЦИИ В АВИАЦИИ	411
А.А. Русак, Н.В. Ситников, Д.Н. Козел <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ИМПУЛЬСНОГО ПОВЫШАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА	413
Е.В. Савич, В.А. Красковский, В.И. Майчук <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
РОЛЬ ИНТЕРАКТИВНОЙ МОДЕЛИ БОРТОВОГО МЕТЕОНАВИГАЦИОННОГО РАДИОЛОКАТОРА В ОБУЧЕНИИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА	415
А.Н. Лысый, А.В. Шарамет <i>ОАО «КБ Радар» – управляющая компания холдинга «Системы радиолокации»</i>	
КОМПЕНСАЦИЯ НЕИДЕНТИЧНОСТЕЙ КАНАЛОВ АНТЕННОЙ РЕШЕТКИ НА ОСНОВЕ БЕСФАЗОВЫХ МЕТОДОВ	418
Н.В. Ситников, А.А. Русак, Д.Н. Козел <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i>	
ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛИ ИМПУЛЬСНОГО ПОНИЖАЮЩЕГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ПОСТОЯННОГО ТОКА	421

Т.А. Тищенко, А.С. Маликов <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ОБОБЩЕННАЯ СТРУКТУРНАЯ СХЕМА ИНЕРЦИАЛЬНО-РАЗНОСТНО-ДАЛЬНОМЕРНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПОДВИЖНОГО ОБЪЕКТА ..	423
А.Л. Трофименков, П.В. Бойкачев, М.И. Полещук <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> ПРИМЕНЕНИЕ КОММУТАТОРА АНТЕНН В ДВУХКАНАЛЬНОМ ФАЗОВОМ РАДИОПЕЛЕНГАТОРЕ	425
С.А. Федукевич, А.С. Ткаченко <i>Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»</i> РАСЧЕТ ИМИТИРУЮЩИХ СИГНАЛОВ ПОСАДОЧНОЙ РАДИОМАЯЧНОЙ ГРУППЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗМЕРЕНИЯ ПОСАДОЧНОГО РАДИОЛОКАТОРА.....	428
Е.И. Токарь ¹ , В.А. Красковский ² , Э.Ж. Павлушкин ² ¹ <i>РУП «Белаэронавигация»</i> ² <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ВИРТУАЛИЗАЦИЯ УСОВЕРШЕНСТВОВАННОЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ И УПРАВЛЕНИЯ НАЗЕМНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ	430

СЕКЦИЯ 7

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

A. Belavusau, V. Paletayeva <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i> TERMS TRANSLATION: TYPES AND SPECIFICITY	436
D. Beliauskaya, M. Rakitsky, T. Yatsko <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i> THE ENGLISH LANGUAGE AVIATION TERMINOLOGY IN TRANSLATION ASPECT	438
Т.И. Бойко <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> АРГУМЕНТАТИВНЫЙ ДИСКУРС КАК ПРОЦЕСС СОЦИАЛЬНОЙ КОММУНИКАЦИИ.....	441
D.A. Hladki, T.I. Boika <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i> SPECIFICITY OF TRANSLATING AND TECHNICAL TEXTS MANIPULATION IN THE CONTEXT OF CIVIL AVIATION	443
A. Ivanyuk, V. Paletayeva <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i> LANGUAGE AND LINGUISTIC FEATURES IN RADIO-TELEPHONE COMMUNICATION.....	445
Н. Tsitova, U. Kalybenka <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i> REMOTE TOWER SYSTEM: ITS CONCEPT AND POSSIBILITY OF IMPLEMENTATION IN THE REPUBLIC OF BELARUS.....	448

О.В. Лабзина <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> К ВОПРОСУ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ДИСТАНЦИОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБУЧЕНИИ АВИАЦИОННОМУ АНГЛИЙСКОМУ ЯЗЫКУ	450
A.I. Listopad, E.P. Shvaiko <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i> SOME FEATURES OF WORD FORMATION IN AVIATION PHRASEOLOGY	453
V. Paletayeva <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i> STYLISTIC DIFFERENTIATION OF AVIATION ENGLISH VOCABULARY	455
A. Reut <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i> THE FEATURES OF PROFESSIONAL LANGUAGE TRAINING OF FLIGHT ATTENDANTS	457
В.В. Садоха, В.А. Балашевская, Е.П. Швайко <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> THE IMPACT OF STRESS ON THE WORK OF AN AIR TRAFFIC CONTROLLER	458
Л.А. Сиротинцев, С.С. Усарчук <i>Военный учебно-научный центр ВВС «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (г. Воронеж, Российская Федерация)</i> ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТОЯТЕЛЬНОСТИ КОНЦЕПЦИИ «ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА»	461
Ю.Р. Гуро-Фролова <i>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волжский государственный университет водного транспорта» (г. Нижний Новгород, Российская Федерация)</i> ПРОБЛЕМНЫЕ АСПЕКТЫ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННОМУ ЯЗЫКУ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ АВИАЦИОННОГО И ВОДНОГО ТРАНСПОРТА В РАМКАХ ЦИФРОВИЗАЦИИ ОБРАЗОВАНИЯ	464
А.И. Кириленко, Д.Н. Смирнов <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> АУДИТ СИСТЕМ ИНФОРМАЦИОННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ, В ТОМ ЧИСЛЕ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В СФЕРЕ КОММУНИКАЦИИ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ	466

СЕКЦИЯ 8

СТАНОВЛЕНИЕ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Т. Boyka, A. Kavalenka <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i> ESTABLISHMENT OF CIVIL AVIATION OF THE REPUBLIC OF BELARUS	472
А.В. Брич, Е.П. Сучкевич, С.Е. Станкевич <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ФЁДОР ФЁДОРОВИЧ ЕВСТАФЬЕВ – ИЗОБРЕТАТЕЛЬ ИЗ БЕЛАРУСИ	474

А.В. Гранчик, А.Д. Игнатович <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ АВИАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ	477
Ю.Л. Гурецкая <i>ОАО «Минский завод гражданской авиации № 407»</i> ОАО «МИНСКИЙ ЗАВОД ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ № 407: ОТ ЛИ-2 ДО МС-21 И SJ-100»	479
А.А. Гурецкий <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> «ПОЛОЖЕНИЕ О ВРЕМЕННОЙ ШКОЛЕ АВИАЦИИ», ПЕРВЫЙ НОРМАТИВНЫЙ ДОКУМЕНТ, РЕГЛАМЕНТИРУЮЩИЙ ПОСТУПЛЕНИЕ И ОБУЧЕНИЕ АВИАЦИОННЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ В РОССИИ	483
В.Д. Гурин, С.Е. Станкевич <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ АВИАЦИОННОГО ОБРАЗОВАНИЯ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	485
К.А. Гурская, С.Е. Станкевич <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПЕРВЫЕ БЕЛОРУССКИЕ ЛЕТЧИКИ. КТО ОНИ?.....	488
К.М. Дратковская, С.В. Ситникова, С.Е. Станкевич <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ДЕНЬ ОСНОВАНИЯ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ В БЕЛАРУСИ И В СОЮЗНОМ ГОСУДАРСТВЕ.....	491
К.К. Крамник, А.А. Мишин <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ИСТОКИ ШКОЛЫ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....	493
А.И. Листопад, Р.Г. Смогоржевская <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ТРУД И ГЕНДЕР: СОЦИАЛЬНОЕ ПОЛЕ ДЛЯ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ (НА ПРИМЕРЕ АВИАЦИИ).....	495
С.Е. Станкевич, А.В. Касаревич, С.Д. Сацукевич <i>Учреждение образования «Белорусская государственная академия авиации»</i> ПОКОРЕНИЕ ПЯТОГО ОКЕАНА: ПЕРВЫЕ ИДЕИ И ОТКРЫТИЯ, СВЕРШЕНИЯ И ПОДВИГИ	497
A. Reut, D. Tarasik <i>Educational institution “Belarusian State Academy of Aviation”</i> THE HISTORY OF THE DEVELOPMENT OF SANITARY AVIATION IN THE USSR AND BELARUS	500