

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКАЯ ГОСУДАРСТВЕННАЯ АКАДЕМИЯ АВИАЦИИ»

**«СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ПОЛЕТОВ АВИАЦИИ»**

*Тезисы докладов
XI военно-научной конференции курсантов и молодых ученых
БГАА, 30.04.2021*

Минск
2021

РУКОВОДИТЕЛИ ОРГКОМИТЕТА КОНФЕРЕНЦИИ:

КУЛЬПАНОВИЧ Андрей Павлович, проректор по государственной авиации – начальник военного факультета в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации», кандидат технических наук, доцент;

БЕЛЕКАЛО Игорь Иосифович, заместитель начальника факультета по учебной и научной работе – первый заместитель начальника военного факультета в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»;

МАЛЕРОНОК Владимир Владимирович – секретарь оргкомитета, преподаватель цикла технической эксплуатации беспилотных авиационных комплексов кафедры беспилотных авиационных комплексов и боевого управления военного факультета в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации».

ЧЛЕНЫ ОРГКОМИТЕТА:

Дьяков Д.А. – начальник кафедры беспилотных авиационных комплексов и боевого управления военного факультета в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации», кандидат исторических наук, доцент;

Люев А.С. – начальник кафедры средств наземного обеспечения полетов военного факультета в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»;

Санько А.А. – начальник кафедры воздушных судов и авиационного оборудования военного факультета в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации», кандидат технических наук, доцент;

Лурье В.А. – начальник кафедры тактики и общевоеенных дисциплин военного факультета в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»;

Мягков Д.Ю. – профессор кафедры средств наземного обеспечения полетов военного факультета в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации», кандидат технических наук, доцент.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Малеронок В.В.

С 225 Совершенствование обеспечения полетов авиации : тезисы докладов XI военно-научной конференции курсантов и молодых ученых, Минск, 30 апреля 2021 г. / Белорусская государственная академия авиации ; ред. коллегия : Малеронок В.В. – Минск, 2021. – 225 с.

© БГАА, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

1 СЕКЦИЯ БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ. ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ.....	9
А.В. Лопухов, В.Р. Драгун ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА СОЗДАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ СИЛ И МОМЕНТОВ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	9
В.А. Федоров, В.В. Полшков, З.Н. Агаев ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	11
В.Д. Шурыгин, И.В. Леденева РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ОТ ОБЛЕДЕНЕНИЯ.....	13
Д.А. Жаринов, Д.Н. Лелецкий О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИ-РОТОРНЫХ ДРОНОВ В ОХРАНЕ ОБЪЕКТОВ ВОЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ АЭРОДРОМОВ.....	15
Е.В. Фетисов, В.А. Загорский, Х.М. Рамазанов, А.В. Петухов ОЦЕНКА ТРУДОЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ НА СТАДИИ ИХ РАЗРАБОТКИ.....	18
Е.С. Фурс ГРУППОВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ.....	21
К.Г. Настас, С.А. Кантимиров, С.А. Серебрянский К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДХОДОВ ПО УПРАВЛЕНИЮ КОНФИГУРАЦИЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ.....	22
Р.Н. Агаев, А.М. Салахов, Д.А. Кантемиров БЕСПИЛОТНЫЙ ЭКРАНОПЛАН С ЗАМКНУТЫМ КОНТУРОМ КРЫЛА.....	24
В.Д. Безрученко, И.И. Данилов АКУСТООПТИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ НА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ.....	28
Д.П. Оскерко, В.В. Вашенко МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА ВОЗДУШНОГО ВИНТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	28
Е.В. Фомин, П.А.Буйницкий, Р.Л.Тюпин ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ ВИНТОВ.....	29
Я.С. Машталлер, И.В. Гражевский РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ РАЗВЕДКИ МЕСТНОСТИ.....	30
К.В. Мельникович, И.В. Гражевский РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПЕРЕДОВОГО АВИАЦИОННОГО НАВОДЧИКА.....	32
А.А. Парасевич, Д.В. Зайцев ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ИНТЕРЕСАХ АРТИЛЛЕРИИ И РАКЕТНЫХ ВОЙСК.....	34
А.В. Садовников ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА РАСЧЕТОМ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	35
А.О. Дегтеренко ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛИНЗ В ЦЕЛЕВОЙ НАГРУЗКЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	37
В.С. Семёнов ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКИХ ЛИНЗ В БЛА.....	39
Д.В. Демидович, А.А. Парасевич МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ.....	41
Д.В. Зайцев, А.А. Парасевич РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЕДЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ СРЕДСТВ ОБЪЕКТОЙ ПВО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	43
Е.М. Вечерский, К.Е. Рогачевский АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ПО ПРОВЕРКЕ СЕРВОПРИВОДОВ.....	45
И.А. Крупица, А.В. Садовников РАЗРАБОТКА БЕСПИЛОТНОГО КОНВЕРТОПЛАНА НА ИМПЕЛЛЕРНОЙ ТЯГЕ.....	47

И.А. Крупица ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ.....	49
И.В. Рожков, Д.А. Дьяков, И.А. Лукьянчук ИМИТАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ПОЛЕТЕ В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ	52
И.В. Рожков, Д.А. Дьяков МЕТОДИКА СИНТЕЗА ИНВАРИАНТНОГО К ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ И ВНЕШНИМ ВОЗМУЩЕНИЯМ КОНТУРА УГЛОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПО УГЛУ ТАНГАЖА.....	54
К.М. Москвин, В.Ч. Степуль, В.Д. Твердый МОДИФИКАЦИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПЛАНЕРА НА ПРИМЕРЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА «МОСКИТ».....	57
В.А. Лурье, А.В. Михалёв ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ АРМИИ США.....	59
М.В. Василевский, М.А. Полторан, К.Е. Рогачевский КАК РАБОТАЮТ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ КАМЕРЫ.....	60
О.В. Ковриго, А.В. Шарамет МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ, ФОРМИРУЕМОГО НА МБЛА ПРИ НАВЕДЕНИИ НА ЦЕЛЬ В УСЛОВИЯХ ТУРБУЛЕНТНОСТИ АТМОСФЕРЫ И РАЗРЯЖЕННОЙ ФОНОЦЕЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ.....	62
Р.А. Пейган, Д.В. Ермолик ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ	63
Т.А. Тищенко, Д.А. Павлов, В.Ю. Алетурович ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРОВ БЛА.....	64
Т.А. Тищенко, А.А. Пашковский, В.П. Мильто ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАНАЛАХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БЛА	66
Е.А.Шупиков, К.Е.Рогачевский АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ.....	69
К.И. Якуто, А.Г. Боровой АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	72
В.В. Медведев, А.Ю. Прокопченко ВОЗМОЖНЫЕ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ФИЛЬТРА В БЕСПЛАТФОРМЕННУЮ ИНЕРЦИАЛЬНУЮ НАВИГАЦИОННУЮ СИСТЕМУ.....	73
И.С. Свистун РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ К МЕТОДИКЕ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ.....	74
2 СЕКЦИЯ ВОЗДУШНЫЕ СУДА ИХ СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ. КОМПЛЕКСЫ	
ВООРУЖЕНИЯ. БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ.....	76
А.А. Бондарук, П.М. Кондрашов, Л.М. Трофимов ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ КРЫЛА ВОЗДУШНОГО СУДНА	76
А.А. Дейкина, А.В. Гостев, Б.Б. Сафоклов ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ КОЛЛЕКТИВНОГО СПАСЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА САМОЛЕТА	78
А.А. Николаева, М.В. Майсак, Е.И. Плыкин ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ ВХОДНЫХ УСТРОЙСТВ СВЕРХЗВУКОВЫХ САМОЛЕТОВ, ВОЗДЕЙСТВИЕ СКАЧКОВ УПЛОТНЕНИЙ НА РАБОТУ ВОЗДУХОЗАБОРНИКОВ	80
А.В. Переславцев, В.В. Лесков, М.В. Константинов К ВОПРОСУ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ	82
А.В. Петров, Т.И. Головнева РЕМОНТ ОБШИВКИ ПЛАНЕРА ИЗГОТОВЛЕННОЙ.....	83
ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ	83
Б.А. Ясаков, С.Л. Панченко К ВОПРОСУ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В ВОЗДУХО-ВОЗДУШНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ.....	85
ОХЛАЖДЕНИЯ ТУРБИН ГТД.....	85
В.А. Загорский, С.А. Маяцкий, Е.В. Фетисов, М.В. Бледных КОНТРОЛЬ И НОРМАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ	86

Д.А. Корсун, М.Н. Соколов, Л.А. Иваницкий МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ДИНАМИКЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ.....	88
Д.А.Василевский ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОШИБОЧНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ.....	91
Д.Д. Губанов, А.В. Сотников, Л.М. Трофимов ВОЙСКОВОЙ РЕМОНТ ВЕРТОЛЕТОВ МИ-8 С БОЕВЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ.....	92
Д.Ю. Стрелец, Хуан Чжэн, А.В. Гостев ОСОБЕННОСТИ КОМПОНОВКИ ТОПЛИВНЫХ ЁМКОСТЕЙ САМОЛЁТА С УЧЁТОМ ЕГО МАССОВО-ИНЕРЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК.....	93
Е.В. Фетисов, С.А. Шевцов, И.И. Завялик, Д.А. Мокшин АНАЛИЗ ПРИЧИН ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ГИДРО-ГАЗОВЫХ СИСТЕМ ВЕРТОЛЕТА АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ.....	96
А.А. Крылов, М.Е. Востриков МЕТОДЫ, СПОСОБЫ И ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ ОПОР АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	97
А.В. Попов, А.О. Самуйлов АКУСТИКО-ЭМИССИОННОЙ МЕТОД ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ПЛАНЕРА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ОСНОВЕ ИНВАРИАНТОВ.....	99
С.В. Кореньков, А.С. Колесников ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ГАЗОТУРБИННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ.....	101
Е.Д. Азарко, А.М. Коваленко АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВИЗУАЛЬНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ.....	102
З.Н. Агаев, Д.А. Гридасов, Н.З. Агаев, А.В. Сенин ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПОВЫШЕНИЕ ИСПРАВНОСТИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ.....	104
И.В. Трубников, А.А. Дольников, Н.В. Рогов ОСОБЕННОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ АКУСТИЧЕСКИМ ИМПЕДАНСНЫМ МЕТОДОМ КОНТРОЛЯ.....	107
М.В. Майсак, М.И. Панченко, В.А. Гончарова ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВНЕШНЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ САМОЛЁТОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЦЕПЦИИ «БОЛЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ САМОЛЁТ».....	109
М.Г. Коптев, В.В. Лесков ОПЕРАТИВНЫЙ СПОСОБ РЕМОНТА МЯГКИХ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ БОЕВОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА.....	112
Н.В. Шешуков, Ю.И. Попов, В.В. Кременчуцкий МЕТОД ДИАГНОСТИРОВАНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ.....	114
И.А. Потапов, А.В. Косицын ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СЪЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	116
Р.С. Отекин, Н.З. Агаев, А.В. Сенин, З.Н. Агаев ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ПЕРВОЙ СТУПЕНИ КОМПРЕССОРА ДВИГАТЕЛЕЙ ТИПА ТВЗ-117.....	118
С.А. Коршак, В.Р. Вашкевич ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ВОЗМОЖНОСТЬ ПАРИРОВАНИЯ ЛЕТЧИКОМ ОСОБЫХ СИТУАЦИЙ В ПОЛЕТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНОГО РАНЖИРОВАНИЯ.....	121
С.А. Толстов, В.Н. Изотов РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАЗДЕЛЕНИЯ ПОТОКА В ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ.....	124
С.А. Серебрянский, Е.В. Крутова ФОРМИРОВАНИЕ МАССИВА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ.....	125

С.Н. Сергеев, Д.Ю. Захарьяшев, И.Д. Кравцов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТОЕК ШАССИ САМОЛЕТОВ В АВИАЦИОННОМ ПОЛКУ	128
В.Ч. Степуль, В.Д. Твёрдый, К.М. Москвин ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ.....	130
Х.Х. Бобоев, Р.Е. Андреев, З.Н. Агаев ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ АВИАЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ	133
Е.Д. Корней, В.С. Шевченко ГИПЕРЗВУКОВЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ АВИАЦИИ	136
Е.Л. Кохановский, А.А. Кулинка ЗАЩИТА ВОЗДУШНОГО СУДНА ОТ РАКЕТ, ИМЕЮЩИХ ГОЛОВКУ НАВЕДЕНИЯ МАТРИЧНОГО ТИПА	138
В.А. Потапов, Р.И. Хованский, В.Д. Дружинин ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ГАЗОДИНАМИКИ В ИЗУЧЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА ГТД.....	140
И.С. Прокуденко, С.Н. Романёнок МЕТОДИКА ПРОЕКТНОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТВЕРДОТОПЛИВНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ.....	141
3 СЕКЦИЯ ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ. РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. РАДИОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТОВ	144
Д.Д. Марков ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ЭКИПАЖА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА	144
А.Л. Трофименков, Д.М. Мицкевич, К.В. Усов РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРИЕМА СИГНАЛОВ ADS-B	147
М.Г. Конин, И.В. Азаревич ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ.....	150
М.О. Малько ПОЛУЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ВОЗДУШНОМ ПРОТИВНИКЕ С УЧЕТОМ КООРДИНАТНЫХ И ПРИЗНАКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ	152
Я.И. Неверович ОЦЕНКА СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКИ НА ЭТАПЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О ВОЗДУШНОМ ОБЪЕКТЕ.....	153
К.А. Хоменко, О.Ю. Акулов, А.В. Сизов ПРИМЕНЕНИЕ БОРТОВЫХ ОПЕРАТИВНО-СОВЕТУЮЩИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ТИПОВЫХ СИТУАЦИЙ В ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСАХ.....	155
М.А. Боровик, Д.В. Бобровский, А.А.Санько АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ ДАТЧИКОВ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ НА РЕЖИМЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПОЛЕТА ВОЗДУШНОГО СУДНА.....	157
Д.А. Подлужный, В.М. Гостилович, А.С. Маликов ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКИ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЕМА РАДИОСИГНАЛА	159
И.М. Филиппов, Д.С. Прохорычев СОВРЕМЕННЫЙ ПРИЦЕЛЬНО-НАВИГАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ИСТРЕБИТЕЛЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ.....	161
М.И. Марченков, Д.В. Демидович, В.В. Малеронок ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОКА ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БОРТОВОЙ СЕТИ ВОЗДУШНОГО СУДНА	163
4 СЕКЦИЯ ТЫЛОВОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВИАЦИИ. ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ АЭРОДРОМА И ВОЕННЫХ ОБЪЕКТОВ.....	165
В.В. Белоножкин, А.В. Елизаров, К.А. Андричатенко РОЛЬ ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ В ПОДДЕРЖАНИИ ЛЕТНОЙ ГОДНОСТИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ	165
В.В. Сидорович, Я.Г. Гончаренко РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО УЧАСТКА РАЗБОРКИ АВИАТЕХНИКИ.....	167

В.И. Ушаков, М.Н. Мануйлов, А.А. Мишин ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННОГО УГЛЕПЛАСТИКА ВКУ-25 В СРЕДСТВАХ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ	176
В.П. Малыщик, В.О. Харченко КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ БОРЬБЫ СО СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ	179
Д.Н. Дубовец, М.Н. Мануйлов, Р.И. Могилянец НАРУШЕНИЯ ПРАВИЛ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА.....	180
М.В. Гут, И.И. Шикун НЕОБХОДИМОСТЬ ОБСЛЕДОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ЛЕТНОГО ПОЛЯ	182
А.А. Данилов, М.Н. Мануйлов ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ВОЕННЫХ АЭРОДРОМАХ.....	184
Д.С. Диско, М.Н. Мануйлов НАЗНАЧЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОХРАНЫ ВОЕННЫХ АЭРОДРОМОВ.....	189
И.В. Леденева, А.С. Жоров РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ АГРЕГАТОВ И УЗЛОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ.....	191
И.И. Рацкевич, А.С. Люев ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОЙСТВ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЛЬДА С ИСКУССТВЕННОГО ПОКРЫТИЯ АЭРОДРОМА КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ	193
Н.Р. Халимов, А.В. Елизаров, А.И. Синдеев К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ НА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ	195
И.И. Шикун, М.В. Гут ОЧИСТКА ВОДОСТОЧНО–ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ ПНЕВМОВЗРЫВА И СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ.....	197
Р.О. Богданович, К.Ю. Медзер, Д.Ю. Мягков СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ.....	200
5 СЕКЦИЯ АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВУЗОВСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ. ИННОВАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ	202
А.А. Ежов, М.Ю. Коваль, В.В. Лесков К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ.....	202
А.А. Дидюк, Ю.В. Цыплухина ВОЗМОЖНОСТИ КЕЙС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ВОЕННО-МЕДИЦИНСКОЙ ПОДГОТОВКИ	203
А.В. Столяров, Н.Ю. Лыков, Ю.А. Кругов СУЩНОСТЬ ПОНЯТИЯ «МОТИВАЦИЯ».....	206
Д.С. Власов, В.В. Лесков СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ.....	209
Д.С. Серебрянская, Д.Ю. Стрелец, Д.С. Шавелкин АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕВОДА АВИАЦИОННЫХ ТЕРМИНОВ С АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА НА РУССКИЙ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ	210
З.А. Савік, Д.В. Блажко, М.І. Капковіч ПАДРЫХОЎКА КУРСАНТАЎ ВАЙСКОВАНАВУЧАЛЬНЫХ УСТАНОЎ: ІНАВАЦЫЙНЫЯ АДУКАЦЫЙНЫЯ ТЭХНАЛОГІІ Ў ПРАКТЫЦЫ	212
А.Г. Никифоров, А.В. Линник, В.О. Шаранович ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ.....	214
А.Е. Зинкович, А.В. Довгелевич, К.Е. Будько АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВУЗОВСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ.....	215
М.И. Токарева, С.С. Шкурский АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПСИХОЛОГИИ ВОИНСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ	218

М.И. Токарева, В.М. Гостилович, В.Э. Базылев АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ИМПЛИЦИТНЫХ КОНЦЕПЦИЙ ПАТРИОТИЗМА В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ	219
М.И. Токарева, Е.В. Шлык АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПСИХОПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ В СИСТЕМЕ ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ	221
В.А. Шапоров, А.С. Попов, В.О. Шаранович ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ВОПРОСАМ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ (МЕДИЦИНСКОЙ) ПОМОЩИ	223

В
О
О
А
А

1 СЕКЦИЯ

БЕСПИЛОТНЫЕ АВИАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ. ОРГАНИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ

УДК 623.462.22

А.В. Лопухов, В.Р. Драгун

Военная академия Республики Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ КОМБИНИРОВАННОГО СПОСОБА СОЗДАНИЯ УПРАВЛЯЮЩИХ СИЛ И МОМЕНТОВ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Для высокой точности наведения беспилотного летательного аппарата (БЛА) должны создаваться требуемые перегрузки за минимальный промежуток времени (несколько миллисекунд). Данные требования не могут быть реализованы при использовании аэродинамического способа создания управляющих сил и моментов. Появляется необходимость применения более быстродействующих газодинамических устройств для создания сил и моментов (микро-импульсных двигательных установок) [1].

Для обеспечения быстродействия БЛА должен обладать свойством «сверхманевренности», без которого нельзя реализовать точное наведение на средства воздушного нападения. Для современных БЛА максимально-нормальная перегрузка находится в районе 30 единиц, а для перспективных потребная перегрузка может достигать 60 единиц. Что в свою очередь, повлечет за собой применение новых материалов, конструкций и технологий построения БЛА.

В данной статье ключевым вопросом становится применение газодинамического устройства в виде дополнения к существующей системе создания управляющих сил и моментов, который способен улучшить характеристику маневренности БЛА. При этом весомое значение имеет тип используемого газодинамического устройства: моментное или поперечное. Данный тип обусловлен требованиями целостности имеющейся конструкции, компоновки БЛА, распределения масс между соответствующими подсистемами и требований сочетания аэродинамического и газодинамического управления.

Основополагающим свойством применения комбинированного способа является обеспечение неизменности начальных масса-габаритных характеристик БЛА и задания требуемой целевой эффективности модернизируемого базового образца вооружения.

Сохранение масса-габаритных характеристик при реализации комбинированного способа создания управляющих сил и моментов осуществляется оптимизацией (сокращением) массы других подсистем, однако необходимо обеспечить требуемую работоспособность и качества данных подсистем и реализовать в свою очередь рассчитанное газодинамическое устройство.

Для выбора варианта модификации, необходимо выбрать критерий оптимальности [2], который объединит рассмотренные выше требования и параметры БЛА. Таким критерием может служить целевое качество, представляющий результат функционирования, рассчитываемый на единицу массы:

$$W_u = \frac{pm_{цг} \cdot V \cdot L}{m_0}, \quad (1)$$

где $pm_{цг}$ – эффективность использования целевого груза;

V – среднее значение скорости;

L – дальность транспортировки целевого груза.

$$\text{или } \bar{W}_u = \frac{W_u}{W_{цб}},$$

где $W_{цб}$ – целевое качество базового образца.

Производительность БЛА следует связывать не только с L , а также с дальностью точного наведения (определяемой величиной дальностью самонаведения $D_{сн}$). При увеличении высоты и

уменьшении $D_{сн}$ снижается маневренность и производительность БЛА, что влечет уменьшение целевой эффективности, оцениваемая вероятностью попадания.

Взаимная связь между $D_{сн}$ и вероятностью поражения цели, определяется располагаемой энергией на борту БЛА для ликвидации начальной ошибки (промаха) и соответственно на уничтожение (поражение) цели, которую создает газодинамическое устройство, боевая часть (взрывчатое вещество с поражающими элементами) и полезный груз БЛА.

Газодинамическое устройство и полезный груз БЛА связаны соотношением:

$$(m_{ng}^M + m_{зду}) \leq m_{ng}^б, \quad (2)$$

где $m_{ng}^б$ – масса полезного базового образца;

m_{ng}^M – масса полезного модифицированного образца;

$m_{зду}$ – масса газодинамического устройства модифицированного БЛА.

С учетом изложенного критерия (1), который отражает целевой результат, целесообразно связывать с энергией, которую можно реализовать для повышения маневренности. Поэтому постановка задачи модификации БЛА сводится к нахождению варианта управления, который обеспечит максимум располагаемой энергии при заданных ограничительных соотношений.

По расчетным данным в исследуемых моделях параметры каналом как аэродинамического так и газодинамического способов создания управляющих сил и моментов бортовой системы стабилизации БЛА оказываются одинаковыми [3]. Что означает, что к ним можно применить идентичную (одинаковую) систему стабилизации.

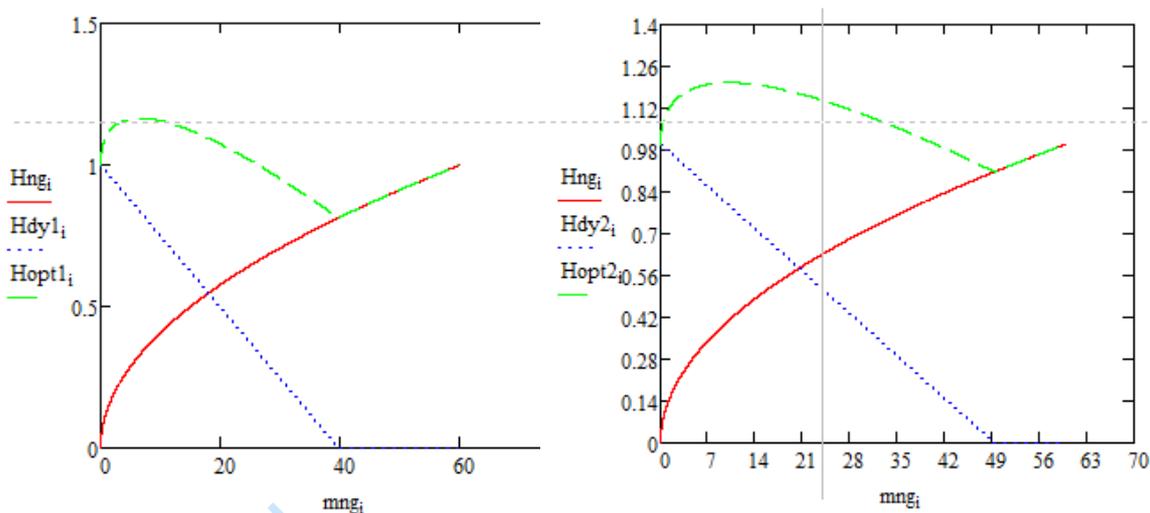
Результаты оптимизации количества микро-импульсных двигателей, требуемые для включения на двух этапах одной стадии регулирования, представленный на рисунке 1, по тяге единичного микро-импульсного двигателя тяга равная 4500 н.



Рисунок 1 – Зависимость количества микро-импульсных двигателей от величины тяги единичного микродвигателя, для определения максимальной тяги

Данная тяга позволяет реализовать классическую модель с условием уменьшения секундного расхода топлива единичного микродвигателя до 1,7 кг/с, что требует большего количества микро-импульсных двигателей, чем для комбинированной модели. Поэтому для ее реализации, кроме выбранной тяги, требуется уменьшить секунднй расход топлива. Данные меры комплексно позволяют уменьшить общую массу БЛА в результате уменьшения массы микро-импульсного двигателя и силовой конструкции импульсной двигателей установки в целом.

Весовая характеристика, которая получается при оптимизации масс полезного груза и двигательной установки, количественно определяет не только оптимальную массу, но и нереализуемую область варьируемой массы газодинамического устройства, представленная на рисунке 2.



Классическая модель

Комбинированная модель

Рисунок 2 – Весовая функция, определяющая оптимальную массу полезного груза и двигательной установки

На рисунке 2 видно, что выявленная нереализуемая область для классической модели возможно лишь при массе полезного базового образца m_{ng}^b масса для импульсной двигательной установки больше 20 кг, а для комбинированного способа создания управляющих сил и моментов свыше 10 кг, что является существенной разницей в двух исследуемых моделях.

В заключении можно сказать, что классическая модель является трудно реализуемой по сравнению с комбинированной. Проверка условий существования доказывает, что как и классическая так и комбинированная модель может быть реализована по всем характеристикам и параметрам БЛА. При этом обеспечивается неизменность начальной массы, но ухудшается статическая устойчивость в двух моделях, однако их значения являются допустимыми. Модифицированный БЛА удлиняется максимум до 0.5м, и не требует перекомпоновки. Целевое качество комбинированного способа создания управляющих сил и моментов повышается по сравнению с классическим аэродинамическим способом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Голубев, И.С. Проектирование зенитных управляемых ракет / И.С. Голубев. – М.: Едиториал УРСС, 2005. – 728 с.
2. Лопухов, А.В. Способ повышения эффективности наведения беспилотного летательного аппарата на высокоскоростные и высокоманевренные цели / А.В. Лопухов, А.А. Бабченко // Системный анализ и прикладная информатика. – 2020. – №1. – С. 4–10.
3. Кун, А.А. Основы построения систем управления ракетами / А.А. Кун, В.Ф. Лукьянов, С.А. Шабан. – М.: Изд. академии, 2016. – 232 с.

УДК 629.7.02:623.746.4-519:629.7.03

В.А. Федоров, В.В. Полшков, З.Н. Агаев

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

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ В РАЗВИТИИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Беспилотные летательные аппараты (БЛА) являются уникальным, бурно развивающимся во всем мире видом авиационной техники [1], предназначенным в основном для применения в

условиях, когда применение пилотируемых летательных аппаратов (ЛА) невозможно либо нецелесообразно.

В настоящее время в Российской Федерации и за рубежом БЛА в основном используются в задачах ведения воздушной разведки и доразведки выявленных целей. Одним из перспективных направлений в области беспилотной авиации является создание боевых БЛА, основным предназначением которых будет обнаружение, идентификация и поражение наземных стационарных и мобильных целей, огневое подавление средств системы ПВО противника, а в отдаленной перспективе – и борьба с воздушными целями. Основными требованиями к таким БЛА являются сравнительно невысокая стоимость производства, простота технического обслуживания и эксплуатации.

Для определения технического облика БЛА необходимо провести анализ сфер его применения, проанализировать конфигурации существующих ЛА, представляющие интерес в части применения технических решений в рамках проводимой разработки.

На данный момент перед разработчиками беспилотных ЛА стоят несколько путей совершенствования:

- повышение дальности полета, что может позволить избежать возможности столкновения с противником и увеличить охватываемую площадь разведываемой местности;

2. Снижение инфракрасного излучения для уменьшения вероятности обнаружения средствами ПВО противника.

3. Повышение продолжительности полета для получения информации о передвижении сил противника в реальном времени.

4. Совершенствование массогабаритных характеристик, обеспечивающие размещения большего количества аппаратуры.

Одним из наиболее перспективных направлений в авиационной инженерии является переход к концепции ЛА с гибридной силовой установкой (ГСУ).

Схема, представленная на рисунке 1, позволяет наглядно показать принцип работы такого устройства.



Рисунок 1 – Схема БЛА с гибридной силовой установкой

В данном случае под ГСУ понимается совокупность электродвигателя, двигателя внутреннего сгорания и генератора, а также систем и устройств, обеспечивающих создание необходимой для полёта тяги. Использование данной СУ позволяет не только снизить затраты на топливо, но и увеличить продолжительность и дальность полёта.

В случае проектирования БЛА с ГСУ надо сначала определиться со спектром, стоящим перед ним задач. Будь то разведка, перевозка грузов, десантирование, нанесение авиаударов и т.п.

Второе что следует учитывать это внутреннее наполнение БЛА. В случае с ГСУ нам необходимо разместить системы и агрегаты для работы двигателя внутреннего сгорания, а также для работы электродвигателей, топливные баки и аккумуляторы.

Третье это вид ГСУ: гибридные (параллельный гибрид, серийный гибрид, параллельный частичный гибрид) и турбоэлектрические (полностью турбоэлектрический, частично турбоэлектрический).

Эти архитектуры основаны на различных электрических технологиях (батареи, двигатели, генераторы и т.д.). Все они подразумевают использования различных узлов и агрегатов. От этого напрямую зависит будущий вид ЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дракин, И.И. Основы проектирования беспилотных летательных аппаратов с учетом экономической эффективности / И.И Дракин. – М: Машиностроение, 1973 – 224 с.

УДК 623.74+62.761

В.Д. Шурыгин, И.В. Леденева

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

РАЗРАБОТКА НОВЫХ ВЫСОКОТЕХНОЛОГИЧНЫХ ПОКРЫТИЙ ДЛЯ ЗАЩИТЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ОТ ОБЛЕДЕНЕНИЯ

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) рассматриваются в качестве одного из важнейших средств повышения боевых возможностей вооруженных сил любой страны. Их применение рекомендовано при выполнении задач, характеризующихся высокой продолжительностью полета, повышенной опасностью и сложностью. В то же время, для БПЛА могут быть существенно расширены диапазоны эксплуатационных перегрузок и увеличена продолжительность выполнения задания, которые у пилотируемых аппаратов ограничены.

Беспилотные летательные аппараты в процессе своего функционирования подвергается различного рода воздействиям, среди которых наибольшее негативное влияние оказывают факторы природного происхождения. Среди них особо важное влияние оказывает обледенение [1, 2]. БПЛА, как правило, имеют датчики обнаружения льда, но не всегда имеют противообледенительные системы. Накопление льда на внешних поверхностях летательного аппарата может нарушить нормальные условия аэродинамического обтекания до такой степени, что пределы устойчивости воздушного судна уменьшаются и, в некоторых случаях, самолет может заглохнуть или стать неуправляемым. Эти потенциальные риски усугубляются также тем, что пилоты и операторы БПЛА в наземных кабинах не имеют традиционных сигналов ситуационной осведомленности, связанных с ручным пилотированием воздушного судна. Кроме того, обледенение ухудшает управляемость летательного аппарата, увеличивает расход топлива, а попадание льда в его двигатель и вовсе может привести к катастрофе. Таким образом, без защиты от воздействия обледенения эффективность работы БПЛА ограничена и сопряжена с риском невыполнения боевой задачи.

В настоящее время процедуры удаления/защиты от обледенения любого летательного аппарата (ЛА) преследует следующие цели: 1) удаление любой замерзшей или полузамерзшей влаги с критических внешних поверхностей самолета на земле перед полетом; 2) защита этих поверхностей от воздействия влаги в полете; 3) удаление любой замерзшей или полузамерзшей влаги из воздухозаборников двигателя и лопастей винта и защита внешних поверхностей от последующего загрязнения перед взлетом.

Следует отметить, что лед на лопастях винта, который может накапливаться после предпускового визуального осмотра, в том числе во время работы двигателей на малой тяге перед взлетом, удаляется в соответствии с предписанными процедурами обращения с двигателем.

В общем случае процесс обработки самолетов против обледенения может осуществляться по двум направлениям: 1) удаление обледенения («de-icing») и 2) предотвращение обледенения («anti-icing»). В первом случае обработка выполняется различными механическими

приспособлениями, сжатым воздухом или с помощью подогретых жидкостей. При этом жидкость наносится вдоль осевой линии верхней части фюзеляжа и затем на боковые поверхности. Во втором случае применяется обработка реагентами на основе гликолей (этиленгликоля, диэтиленгликоля и пропиленгликоля) или этилового спирта. Жидкость наносится непосредственно перед взлетом распылением от передней кромки крыла к задней, эффективно около 30 минут.

В процессе предполетной подготовки летательный аппарат должен быть осмотрен на предмет наличия признаков обледенения на поверхностях, и если они обнаружены, их необходимо удалить с помощью рекомендованной антиобледенительной жидкости. Такие жидкости предназначены для очистки поверхностей самолета, на которые они были нанесены, не позднее момента, когда самолет приступает к взлету. Это означает, что нанесение антиобледенительных жидкостей перед полетом не влияет на риски, возникающие в результате нарастания замерзших отложений на воздушном судне в любое время после взлета.

В настоящее время различными научными группами во всем мире ведутся работы по созданию материалов, способствующих предотвращению обледенения самолетов. В частности, в авиационном материаловедении особое внимание уделяется разработке специальных антиобледенительных покрытий [3-5].

В связи с тем, что аэродинамические поверхности БПЛА выполнены в основном из композиционных материалов, предлагаемые системы защиты от обледенения в основном связаны со специальной технологией изготовления композиционного материала и должны быть частью первоначальной конструкции БПЛА. Например, сверхгидрофобные покрытия [4] являются весьма перспективными в качестве пассивной защиты от обледенения, так как нивелируют процесс замерзания капли на поверхности, обеспечивают малую смачиваемость водой поверхности и повышают антикоррозионные свойства. В работе [5] описан подход к созданию антиобледенительных покрытий, который заключается в пропитке структурированной поверхности слоем смазки, которая образует тонкую пленку, отталкивающую воду. Однако надежный антиобледенительный эффект может быть обеспечен лишь в случае постоянного возобновления слоя смазывающего материала, что существенно ограничивает область применения данной разработки. Также известны антиобледенительные покрытия на основе кремнийорганических эластомеров, которые обладают малой поверхностной энергией и обеспечивают высокую адгезию льда к гладкой подложке с покрытием. Основным недостатком таких покрытий является их малая стойкость к абразивному износу [3].

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что использование сверхгидрофобных покрытий, увеличивающих время замерзания капли воды на поверхности и снижающих адгезию льда, являются весьма перспективными. Однако такие покрытия имеют ряд недостатков, а именно: увеличение смачиваемости поверхности при понижении температуры и увеличении влажности, малая стойкость к воздействию знакопеременных температур и различных эксплуатационных нагрузок.

Принципиально новым веянием в решении проблемы обледенения БПЛА является разработка нагревательного покрытия из углеродных нанотрубок с высокой проводимостью, которое формируется на существующей обшивке ЛА и использует интеллектуальные датчики и элементы управления для уменьшения накопления льда без ущерба для летной производительности. Такая технология (рис. 1) реализуется за счет нанесения на поверхность ЛА серии слоев, которые можно распылять (как лакокрасочное покрытие) или наносить в виде ламинированного листа.

Первый слой представляет собой грунтовочное покрытие, за которым следует нагревательное покрытие, состоящее из углеродных нанотрубок. Последние покрываются защитным слоем, а затем наносится финишный слой пленкообразователя.

Углеродное покрытие может быть нанесено в виде тонкой пленки или распылено на поверхности. Нагревательный элемент также может устанавливаться как на новые БПЛА, так и дооснащаться на существующих платформах.

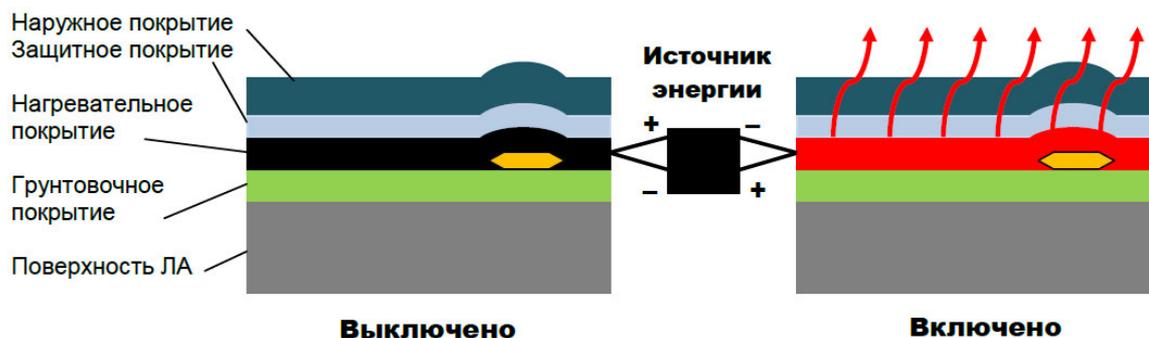


Рисунок 1 – Принципиальная схема работы антиобледенительного покрытия с применением слоя углеродных нанотрубок

После нанесения покрытие контролируется с помощью интеллектуальных элементов управления, установленных на устройстве. Органы управления контролируют температурный режим и наличие льда для обеспечения минимального уровня потребления энергии для текущих условий, в то время как активируется нагревательный элемент.

Применение вышеописанной технологии позволит снизить опасность попадания льда в двигатель летательного аппарата, разрушения обшивки самолета, тем самым повысит экономичность и безопасность полетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика учета влияния метеорологических факторов на эффективность применения беспилотных летательных аппаратов на основе системного анализа / И. Е. Кузнецов [и др.] // Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. – 2018. – № 45 (2). – С. 134–149.
2. Моделирование процессов обледенения летательных аппаратов в аэроклиматических трубах / Г.П. Клеменков [и др.] // Теплофизика и аэромеханика. – 2008. – Т. 15. – №4. – С. 563–572.
3. Особенности получения антиобледенительных покрытий (обзор) / Л.В. Соловьяничик [и др.] // Труды ВИАМ. – 2018. – №6 (66). – С. 77-99.
4. Экспериментальные и теоретические исследования процессов обледенения наномодифицированных супергидрофобных и обычных поверхностей / Э.С. Гринац [и др.] // Вестник МГОУ. Сер.: Физика – Математика. – 2013. – №3. – С. 84–92.
5. Liquid-infused nanostructured surfaces with extreme anti-ice and anti-frost performance/ P. Kim [et al.] // ACS nano. – 2012. – Vol. 6. No. 8. – P. 6569–6577.

УДК 623.746.

Д.А. Жаринов, Д.Н. Лелецкий

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

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ МУЛЬТИ-РОТОРНЫХ ДРОНОВ В ОХРАНЕ ОБЪЕКТОВ ВОЕННОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ АЭРОДРОМОВ

В настоящее время особую опасность для объектов военной инфраструктуры (таких как аэродромы) представляют различные действия, как физических лиц (террористов, диверсантов), так и беспилотных воздушных средств (квадрокоптеров, дронов) для ведения разведки и нанесения ударов по объектам военной инфраструктуры. Спектр их действий может быть

различен: от сбора информации об объекте, хищения материальных средств до создания локальной чрезвычайной ситуации (разрушение, пожар, авария, затопление и т.п.).

К объектам военной инфраструктуры в авиации относятся аэродромы. Они представляют собой комплекс специально подготовленных земельных участков (достаточно больших по площади и удаленных друг от друга) с размещенными на них взлетно-посадочными полосами (площадками), специальными сооружениями, зданиями и оборудованием, которые обеспечивают его жизнедеятельность. Поэтому в ходе любого вооруженного конфликта он будет представлять собой основной объект для удара противника с целью разрушения объектов инфраструктуры аэродрома, уничтожения летательных аппаратов (самолетов, вертолетов, беспилотных летательных аппаратов) и средств аэродромно-технического обеспечения.

Как показывает опыт вооруженных конфликтов, самой важной и сложной задачей для командира авиационной части является обеспечение надежной охраны и защиты объектов военной инфраструктуры аэродрома. Сегодня данная задача приобрела еще большую актуальность и значимость в связи с появлением такого явления, как диверсионно-террористический акт с применением беспилотных воздушных средств (объектов).

Данное обстоятельство вызывает необходимость комплексного подхода к обеспечению высокой степени защищенности военной инфраструктуры аэродрома.

Проводимые организационные, технические, инженерные и другие мероприятия, направленные на повышение живучести военной инфраструктуры аэродрома увязываются с требованиями по поддержанию высокой боевой готовности базирующихся авиационных частей и подразделений, с учетом экономической обоснованности и эффективности ее эксплуатации. К данным мероприятиям относятся, организация внутренней и караульной служб, выполнение мероприятий по противодействию терроризму, фортификационное и инженерное оборудование позиций в интересах надежной охраны и обороны объектов военной инфраструктуры аэродрома, а также оснащение данных объектов техническими средствами охраны.

В настоящее время существующая система охраны объектов военной инфраструктуры аэродрома не позволяет обеспечить стопроцентную защиту от проникновения (в первую очередь – на летное поле) посторонних лиц и объектов.

Причиной тому являются следующие факторы:

1. Круглосуточная охрана объектов военной инфраструктуры аэродрома личным составом подразделений охраны с целью обнаружения вероятных нарушителей или объектов требует привлечения дополнительных сил и средств, что не вполне целесообразно, учитывая то, что большая часть личного состава данных подразделений уже выполняет задачи по охране важнейших объектов военной инфраструктуры аэродрома в составе суточного наряда.

2. В связи с большой протяженностью охраняемого периметра, экономически не выгодно устанавливать по всему периметру технические средства охраны (ТСО) (инженерные заграждения, периметровые средства обнаружения, технические средства наблюдения) так, как увеличение количества ТСО влечет за собой увеличение количества обслуживающего персонала и времени на их обслуживание.

3. Проблемы в организации контроля за периметром аэродрома группами охраны, ввиду неразвитой автомобильной дорожной сети, ограниченного количества автотранспорта и лимита горюче-смазочных материалов, выделяемых группам охраны для несения службы.

Учитывая большую протяженность объектов военной инфраструктуры аэродрома, их удаленность от мест несения службы суточным нарядом и принимая во внимание вышеперечисленные факторы, для повышения надежности охраны объектов военной инфраструктуры аэродрома требуется изыскание дополнительных возможностей.

Одним из способов решения указанной проблемы, в развитие уже имеющихся и внедряемых стационарных технических средств видеонаблюдения, возможно применение мульти-роторных дронов (МРД), оснащенных оптико-электронными камерами и инфракрасными датчиками с передачей информации на рабочее место оператора. Это позволит обеспечить наблюдение за наиболее уязвимыми объектами военной инфраструктуры аэродрома, а также осуществить контроль за воздушным пространством в районе аэродрома.

Технические возможности МРД позволяют вести разведку на всю глубину охраняемого района военной инфраструктуры аэродрома. Способность МРД обнаруживать, как можно большее количество объектов-нарушителей зависит от ряда параметров. Эти параметры можно разделить на тактические и технические [1].

К тактическим параметрам относятся:

размер охраняемого района;

способ поиска;

количество МРД одновременно ведущих разведку в охранной зоне;

количество ложных объектов в зоне поиска.

К техническим параметрам можно отнести:

размер области просмотра оптико-электронной системы;

вероятность обнаружения нарушителя (объекта);

технические характеристики МРД.

Размер области просмотра оптико-электронной системы зависит от технических возможностей оптической системы, установленной на МРД и параметров его полета. К таким возможностям относятся углы поля зрения оптической системы, характеристики полета (направление, скорость, высота), продолжительность полета.

Прилегающая территория и расположение объектов военной инфраструктуры аэродрома позволяют обеспечить соответствие МРД вышеуказанным параметрам. МРД имеют взлетную массу до 5 килограммов, дальность полета до 40 километров, высоту полета до 250 метров [2]. Их можно применять для охраны таких объектов инфраструктуры аэродрома, как: склады (хранилища) авиационных средств поражения, технические позиции подготовки управляемых авиационных средств поражения, стоянок с авиационной техникой, а также подойдут для наблюдения за прилегающей к летному полю территорией.

В систему охраны объектов военной инфраструктуры аэродрома можно встроить МРД с передачей видеoinформации с них на рабочее место должностных лиц дежурной службы. Для МРД потребуется минимальная взлетно-посадочная площадка (или запуск будет осуществляться с рук). Маршрут облета охраняемых объектов задается заранее оператором с учетом нахождения МРД в воздухе.

После посадки на МРД меняются аккумуляторы, и он готовится к дальнейшей работе по охране военных объектов.

В случае обнаружения нарушителя (объекта) оператор докладывает об этом случае старшему дежурной службы и изменяет маршрут полета МРД с целью наблюдения за нарушителем (объектом) до прибытия группы охраны. В том случае, если следы нарушителя (объекта) обнаружены личным составом группы охраны или у них есть информация о вероятном характере его действий, в этом случае оператор МРД по команде старшего дежурных сил изменяет маршрут патрулирования и ведет оптико-электронную разведку в предполагаемом районе нахождения нарушителя (объекта).

При необходимости МРД можно задать определенный район поиска, и он будет с определенным перекрытием «прочесывать» выбранный район.

На МРД может располагаться, как оптико-электронная камера, так и инфракрасные датчики, что позволит намного расширить возможности по поиску и засечке нарушителя (объекта), особенно ночью.

Включение охранных МРД в существующие группы охраны не потребует изменения (что немаловажно) их организационно-штатной структуры. Имеющийся в настоящее время в их составе контингент военнотружущих после соответствующей подготовки может выполнять задачи в качестве операторов МРД. Возможности помещений дежурных служб по охране объектов военной инфраструктуры аэродрома позволят разместить в них необходимую аппаратуру, которая не займет слишком много места. Там же возможно организовать хранение и ежедневное техническое обслуживание МРД.

Организацию учета, хранения, эксплуатации и ремонта МРД, можно регламентировать в таком же порядке, что и для ТСО.

Таким образом, применение МРД для охраны объектов военной инфраструктуры аэродрома технически и организационно возможно, и даже целесообразно так, как повышение надежности охраны и сокращение численности личного состава дежурных сил является первостепенной задачей командиров (начальников) всех степеней, принципы применения МРД для охраны объектов военной инфраструктуры, изложенные в данной статье, в полной мере применимы и для других родов войск, имеющих в своем составе удаленно размещенные по площади объекты.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жаринов, Д.А. О возможности применения беспилотных летательных аппаратов для охраны военных аэродромов / Д.А. Жаринов // Воздушно-космические силы. Теория и практика. – 2018. – № 5. – 216 с.
2. Многофункциональный учебно-методический комплекс [Электронный ресурс] / Геоскан Пионер. – Режим доступа: <https://pionner-doc.readthedocs.io> – Дата доступа: 29.03.2021.

УДК 629.7.017.1

Е.В. Фетисов, В.А. Загорский, Х.М. Рамазанов, А.В. Петухов

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

ОЦЕНКА ТРУДОЗАТРАТ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ КОМПЛЕКСОВ С БЕСПИЛОТНЫМИ ЛЕТАТЕЛЬНЫМИ АППАРАТАМИ НА СТАДИИ ИХ РАЗРАБОТКИ

Роль комплексов с беспилотными летательными аппаратами (БПЛА) в составе современных и перспективных систем вооружения армии определяется их боевыми свойствами, которые существенно отличаются от свойств других систем и средств. Возможность использования БПЛА для решения различных задач в зависимости от варианта целевой нагрузки, допустимость повышенного риска потерь по сравнению с пилотируемой авиацией делает их более эффективным и универсальным средством вооруженного противостояния.

Успех в применении БПЛА во многом определяется тем, насколько эффективно проводятся мероприятия специалистами инженерно-авиационной службы (ИАС) по поддержанию авиационной техники в постоянной исправности и боевой готовности [1]. Важным условием для выполнения работ ИАС является наличие в подразделениях и частях рациональной организационно-штатной структуры (ОШС) ИАС с необходимым количеством специалистов, имеющих требуемый опыт и уровень подготовки. Соблюдение этих условий позволяет обеспечить высокий уровень боевой готовности комплексов с БПЛА, что является одним из основных требований, предъявляемых к современным беспилотным авиационным комплексам военного назначения.

Наблюдаемая в настоящее время высокая «загруженность» личного состава ИАС в отдельных подразделениях и частях беспилотной авиации (БПА) при выполнении работ по подготовке комплексов к применению порождает спешку, упущения в контроле за качеством выполнения работ или сокращения необходимого объема осмотров и проверок. Это создает условия, при которых специалисты могут не выявить имеющиеся неисправности на АТ или сами внести повреждения и отказы, что в конечном итоге приведет к угрозе безопасного выполнения полетного задания. В руководстве [2] отмечено, что наиболее характерными опасными факторами в инженерно-авиационном обеспечении (ИАО) являются несоответствие ОШС ИАС подразделений, частей, соединений и объединений объему и сложности решаемых задач. Причиной такой ситуации может быть в том числе отсутствие научно-обоснованных методик по

формированию ОШС ИАС, учитывающих реальные трудозатраты на подготовку комплексов к применению.

Результаты проведенных коллективом авторов исследований позволяют сделать вывод о наличии объективного противоречия, обусловленного с одной стороны, высокими требованиями к исправности и боевой готовности комплексов с БпЛА, а с другой стороны отсутствием достаточно совершенных математических моделей расчета трудозатрат, а также расчетно-аналитических методик формирования ОШС ИАС, позволяющих учитывать реальные тактико-технические характеристики (ТТХ) разрабатываемых комплексов.

Разрешение данного противоречия возможно за счет разработки методического аппарата по созданию ОШС ИАС подразделений (частей) беспилотной авиации, формирование которой будет начинаться на ранних стадиях создания комплекса. По мере уточнения облика комплекса с БпЛА в процессе разработки и испытаний требуется проводить необходимые корректировки в структуре и штатной численности ИАС.

Используемые на сегодняшний день методики расчета предполагаемых трудозатрат на техническое обслуживание (ТО) комплекса с БпЛА на стадии опытно-конструкторских работ и в частности на этапе эскизного проекта, как правило, основываются на результатах экспертных оценок, поскольку на этом этапе только формируется компоновочная схема, геометрические, летно-технические характеристики. Поэтому получить данные о трудозатратах на техническое обслуживание другими методами проблематично. Так для получения первичных трудозатрат на подготовку к применению комплекса с БпЛА коллективом авторов использовался корреляционно-регрессионный анализ ТТХ объектов авиационной техники, в том числе пилотируемым ВС схожим по массе и решаемым задачам, предшествующих проектируемому комплексу. Проведенный анализ работ, выполняемых при подготовке БпЛА и пилотируемых ВС к применению, выявил их однотипность. Исходя из этого, задача по оценке предполагаемых трудозатрат должна включать в себя анализ факторов их формирующих и перечень операций составляющих основную часть трудозатрат на ТО.

В качестве факторов использовались:

- количество систем и блоков ЛА, а также наземной составляющей комплекса;
- масса систем ЛА и наземной составляющей комплекса;
- количество двигателей и особенности их обслуживания;
- геометрические размеры планера (площадь осматриваемой при подготовке поверхности) и

т.д.

На основе собранных статистических данных о трудозатратах построены корреляционно-регрессионные модели и найдены функциональные зависимости между трудозатратами и соответствующими факторами на объектах, предшествующих проектируемому по каждой специальности ИАС.

На этапе технического проекта (макета) формируется окончательное техническое решение проектируемого комплекса в виде полного представления о конструкции образца, составе и характеристиках его бортовых систем, вооружения, структуре, боевых и эксплуатационно-технических характеристиках. Кроме этого на этом этапе проводится планирование программы ТО, формируется перечень необходимых работ для подготовки образца к применению с учетом СНО СП, КПА и инструмента. Используя эти данные, представляется возможным уточнить полученные на предыдущем этапе предполагаемые трудозатраты. Формируемые перечни работ, возможно представить в виде последовательности выполняемых операций по специальностям ИАС. На этом этапе предлагается провести анализ комплекса с БпЛА с использованием метода конечных элементов. Достоинством этого метода является то, что на его основе возможна разработка алгоритма и программы формирования трудозатрат, а также оптимальной последовательности выполнения операций исполнителями. Решение задачи распределения операций и последовательности их выполнения исполнителями по методу конечных элементов заключается в условном расчленении объекта обслуживания на отдельные элементы простейшей формы. Для этого создается 3D модель комплекса со всеми модулями, подлежащими обслуживанию (БпЛА, модуль управления, приемно-передающая станция и т.д.) которые помещаются в отдельные пространственные области в виде параллелепипедов. Если указанные

объекты (параллелепипеды) разделить рядом горизонтальных и вертикальных плоскостей, то можно представить, что они состоят из некоторого числа конечных элементов. Они также будут иметь форму параллелепипеда. Предполагается, что элементы связаны между собой в узловых точках на их границах. Каждый элемент имеет свои координаты X , Y , Z и соответствующую трудоемкость работ, выполняемых в данном объеме пространства. Кроме этого внутреннее пространство модуля приемо-передающей станции с размещенными рабочими местами операторов БПЛА, операторов полезной нагрузки задействованное при подготовке к применению также разделяется на элементы и нормируется. Дополнительно для определения полной трудоемкости выполнения операций по ТО в настоящее время достаточно широко применяют систему микроэлементных нормативов времени. Одной из таких систем является отечественная базовая система микроэлементных нормативов времени, состоящая из микроэлементов, объединенных в 20 групп [3]. Сущность этого метода сводится к тому, что самые сложные операции, в конечном счете, могут быть представлены в виде определенной последовательности повторяющихся простейших элементов. В качестве примера можно привести операции: переместить, установить, закрепить, соединить и т. д. Если разбить нормируемую операцию на ряд таких микроэлементов и просуммировать имеющееся в базе данных время на их выполнение, то можно найти оперативное время на выполнение всей операции. Этот метод разработан и применяется давно, однако «второе дыхание» к нему пришло с применением компьютеров, позволяющим «конструировать» любые самые сложные операции из микроэлементов и определять время на их выполнение. Основным достоинством данного метода является возможность проектирования норм трудоемкости «за столом» на этапе разработки ТО. Полученные технологические операции разделяются на технологические маршруты конкретных исполнителей и анализируются с использованием диаграмм Ганта на предмет соответствия директивному времени. На основании полученных данных строится ОШС ИАС.

На этапе испытаний комплекса будет проводиться исследование трудозатрат, но уже на реальном объекте с использованием хронометража и видео съемки. Это позволит установить наиболее вероятное время, необходимое для большинства исполнителей выполнения отдельных микроэлементов и технологических операций в целом. Полученные сведения вносятся в общую модель расчета трудозатрат, для формирования временного штата ИАС при войсковых испытаниях. По итогам войсковых испытаний с апробацией и коррекцией ОШС, возможно сформировать рациональный штат, отвечающий основным задачам ИАС БПА.

Использование такой последовательности позволит обосновать необходимые трудозатраты на подготовку комплекса к применению, а также рассчитать необходимое количество специалистов ИАС и рациональную ОШС для подразделений и частей, вооружаемых комплексами с БПЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральные авиационные правила инженерно-авиационного обеспечения государственной авиации (ФАП ИАО ГА), кн. 1 : утверждены приказом Министра обороны РФ от 9 сентября 2004 года № 044. - 252 с.
2. Руководства по предотвращению авиационных происшествий с государственными воздушными судами в Российской Федерации : утверждены приказом Министра обороны Российской Федерации от 30 сентября 2002 г. № 390. - 25 с.
3. Базовая система микроэлементных нормативов времени. Методические и нормативные материалы. - Изд. 2-е, доп. и перераб. - М. : Экономика, 1989. – 125 с.

ГРУППОВОЕ ПРИМЕНЕНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В УСЛОВИЯХ БОЕВЫХ ДЕЙСТВИЙ

Тенденции развития и применения в военной сфере беспилотной авиационной техники обуславливают активизацию и актуальность разработок по созданию многофункциональных комплексов с использованием беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

Такой комплекс создаётся как боевая система, предназначенная для выполнения следующих задач:

- разведывательная — мониторинг участков местности, надводной поверхности, воздушного пространства, объектов промышленности и инфраструктуры; картографирование; наблюдение за участками шоссе, дорог, путей и движущимися транспортными средствами; поиск, обнаружение и сопровождение войсковых объектов (целей);
- ударная (боевая) — обнаружение и поражение стационарных и движущихся объектов (целей), корректировка огня артиллерии, подсветка целей и контроль результатов стрельбы;
- транспортная — доставка, перемещение по воздуху различных грузов.

В общем случае выделяют две основные стратегии управления группировкой: централизованное и децентрализованное.

Централизованное управление — способ, при котором существует выделенный наземный центр управления и планирования операций, из которого оператор осуществляет и контролирует постоянный обмен информации с группой БЛА. Необходимые вычисления и обработка информации происходит в наземном центре управления. При этом, оператор может осуществлять управление полётом и обмен информацией по каналам связи с каждым бортом из группы.

Децентрализованное управление — это способ, при котором основной объём вычислений производится не в наземном центре управления и планирования операций, а на борту беспилотных машин. Преимуществом такой «интеллектуальной» стратегии является автономность работы группировки (в случае потери связи с оператором группировка может продолжать выполнение полётного задания). Обеспечивается работоспособность группы БЛА в целом и масштабируемость её численности, гибкая структура группы. Однако такая «интеллектуальность» будет обеспечиваться более сложными алгоритмами управления и развитой аппаратной частью (как наземной, так и бортовой), которая должна обеспечивать ресурсоёмкие вычисления в режиме реального времени.

Алгоритм управления группой БЛА должен позволять определять условия и способы определения рационального состава боевой группы, решать задачи ситуационного моделирования, целераспределения и оценки эффективности выполнения полётного задания.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бабич, Л. А. Групповое применение разведывательных и ударных беспилотных летательных аппаратов / Л. А. Бабич. // Молодой ученый. — 2019. — № 45 (283). — С. 3-6.

К ВОПРОСУ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПОДХОДОВ ПО УПРАВЛЕНИЮ КОНФИГУРАЦИЕЙ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ЭТАПЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Стремительное развитие технологий в области создания беспилотных летательных аппаратов (БЛА) дает возможность разрабатывать беспилотную технику, позволяющую решать большой комплекс авиационных работ. Основными сферами применения БЛА гражданского назначения в мире являются аэрофотосъемка, сельскохозяйственные работы, доставка посылок и экстренных грузов.

Также, значительная часть разработанных БЛА предназначена для обеспечения действий вооруженных сил при решении боевых задач. При этом главным целевым эффектом является повышение оперативных возможностей существующих авиационных группировок, а также снижение потерь личного состава. Анализ концептуальных взглядов руководства ведущих зарубежных стран на развитие и применение БЛА военного назначения позволяет выделить три основных этапа их внедрения в войска:

- частичная замена классических (пилотируемых) аппаратов при выполнении некоторых тактических задач отдельных видов вооруженных сил (настоящее время);
- полная замена пилотируемых средств при выполнении значительного перечня задач (например, ведения воздушной разведки и др.) – создание смешанных групп тактического назначения (пилотируемых – беспилотных для решения ударных задач) – (к 2035 году).
- создание полностью беспилотных (безэкипажных) группировок сил (после 2035 года).

Таким образом, БЛА по применяемым технологиям, используемых при их разработке и своим функциональным возможностям являются сложными техническими объектами.

В условиях разработки новых информационных технологий и перехода к цифровым методам проектирования и производству, в котором минимизировано привлечение людских ресурсов жизненный цикл изделия, включающий проектирование, производство и эксплуатацию, подразделяется на ряд стадий и этапов.

Центральной группой стадий жизненного цикла сложных технических объектов, где сосредоточена информация о различных объектах, необходимых для создания и эффективной реализации изделий, является группа стадий, называемая производством. На этих стадиях происходит основное взаимодействие объектов в материальном и информационных слоях и отдельно, и одновременно [1, 2].

Важнейшим этапом жизненного цикла авиационной техники является эксплуатационная группа стадий. В пилотируемой авиации создана информационно-управляющая система, в задачу которой входит инженерно-авиационное обеспечение государственной авиации, а также управление технической эксплуатацией с помощью интегрированной логистической системы поддержки эксплуатации изделий авиационной техники.

На этом этапе может быть выявлена необходимость внесения изменений в конструкцию ЛА с целью улучшения потребительских характеристик (модернизация) или с целью расширения области функционального применения (модификация), т. е. возникает необходимость управления конфигурацией ЛА как изделия авиационной техники.

Конфигурация изделия – это комплекс его функциональных и физических характеристик определённых в технической документации и достигнутых в изделии.

Управление конфигурацией представляет собой управленческую технологию, связанную с разработкой, производством и поддержкой жизненного цикла изделий АТ, производимых во многих вариантах, в том числе и по конкретным требованиям (кастомизация). Процесс управления конфигурацией должен обеспечивать целостность данных о конфигурации, а так же соответствие функциональных и физических характеристик.

Многовариантность конфигураций базового изделия приведёт изменению его массовых и массово-инерционных характеристик.

Все переменные и постоянные компоненты ЛА составляют единое целое, и расчет массово-инерционных и центровочных характеристик допустимых конфигураций является одной из главных задач при управлении конфигурацией ЛА любого назначения.

Исходя из этого, для всех вариантов конфигурации основной целью является расчет массово-инерционных характеристик ЛА, его компонентов и агрегатов при различных конфигурациях [3, 4]. Ниже сформулированы те задачи, решение которых актуально при решении данных задач:

- формирование весового облика конфигурации ЛА;
- построение дерева конструкции, расчет массово-инерционных характеристик пустого ЛА;
- формирование вариантов снаряжения ЛА;
- синтез и анализ программ заправки и выработки топлива при различных конфигурациях;
- формирование и анализ различных вариантов целевой загрузки конфигурации ЛА, ведение реестра допустимых вариантов загрузки в зависимости от характера полетного задания;
- анализ выполнения ограничений по взлетно-посадочной массе при различных вариантах целевой нагрузки и заправки топливом;
- анализ выполнения ограничений по центровке при различных вариантах целевой нагрузки и заправки топливом и для разных программ выработки топлива;
- проведение весового анализа и весового контроля для подготовки полетных заданий на стадии эксплуатации готовых изделий АТ.

В беспилотной авиации, в настоящее время отсутствует система, позволяющая на стадиях производства и эксплуатации обеспечивать управление конфигурацией БЛА.

Необходимо предпринять активные мероприятия по внедрению в процессы жизненного цикла беспилотной техники по интегрированной логистической поддержке, основанные на уже разработанных системах, используемых в пилотируемой авиации.

Для обеспечения эксплуатации БЛА по техническому состоянию, методом контроля уровня надежности, должны проводиться, как и в пилотируемой авиационной технике исследования, направленные на корректировку объема и периодичности работ по техническому обслуживанию, а также по определению возможности увеличения её ресурса и срока службы. Для этого необходимо обеспечить постоянный сбор информации о неисправностях и отказах авиационной техники, выявленных в эксплуатирующих организациях и при ремонте на предприятиях промышленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники: Монография / Под. ред. М.А. Погосьяна. – М.: Изд-во МАИ, 2020. – 448 с.
2. Струков, С.Ю. Информационно-управляющая система поддержки этапа эксплуатации комплексов с беспилотными летательными аппаратами. / С.Ю. Струков, Е.С. Губанова // Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами. – 2017. – с. 316.
3. Вышинский, Л.Л. Автоматизированная система весового проектирования самолетов / Л.Л. Вышинский, Ю.А. Флёров, Н.И. Широков. // Информатика и ее применение. – 2018. – Вып. 1. – С. 18-30.
4. Вышинский, Л.Л. Информационная модель весового облика летательных аппаратов / Л.Л. Вышинский, Ю.А. Флёров // Информатика и ее применение. – 2021. – Вып. 1.

БЕСПИЛОТНЫЙ ЭКРАНОПЛАН С ЗАМКНУТЫМ КОНТУРОМ КРЫЛА

Среди всех видов крыльев кольцевое (замкнутое), пожалуй, самое малоизвестное. Свое название оно получило, благодаря необычному профилю. Оказалось, что такая необычная форма крыла придает летательным аппаратам аэродинамические характеристики, отличающиеся от характеристик традиционных летательных аппаратов. В 1987 году под руководством А.А. Нарушевича был создан кольцеплан (рисунок 1). Технический кружок при Минском шестеренном заводе решил проблему, над которой бились столько лет самые блестящие инженерные умы.



Рисунок 1 – Кольцеплан Нарушевича А.А.

Замкнутое крыло способно эффективно реализовывать транспортные задачи по необходимости реализовать большую дальность полета в сравнении с другими компоновками летательных аппаратов.

Данная схема имеет следующие преимущества [3]:

- большая жесткость конструкции в целом;
- малое индуктивное сопротивление по сравнению с равным стандартным крылом;
- более выгодное распределение давлений во время полета на околозвуковой скорости;
- более высокий коэффициент боковой силы, следовательно, и больший допустимый угол скольжения;
- малая площадь смачиваемой поверхности по сравнению с эквивалентным стандартным крылом и малое значение вредного сопротивления;
- непосредственное управление подъемной силой;
- хорошая устойчивость и управляемость.

Указанные выше преимущества делают компоновку замкнутого крыла особенно привлекательной для различных видов самолетов и экранопланов.

Замкнутое крыло – это компоновка с большой степенью интеграции общей конструкции воздушного судна, в которой части летательного аппарата выполняют сразу множество функций, что делает возможным реализовать малый вес конструкции с более выгодными аэродинамическими характеристиками и транспортной эффективностью, по сравнению с другими решениями.

Экранопланы это высокоскоростные транспортные средства, которые поддерживаются в воздухе за счёт экранного эффекта (воздушной подушки), который образуется путём нагнетания воздушного потока, набегающего на низкой высоте [2].

Достоинства экранопланов:

- высокая живучесть;
- довольно большие скорости (по сравнению с кораблями);
- высокие показатели экономичности и большая грузоподъемность в сравнении с самолётами;

- малая заметность на радарх при полёте на малой высоте, быстроходность, невосприимчивость к противокорабельным минам;
- безопасность при эксплуатации (в случае неисправности в полёте экраноплан плавно приземлится на воду, без совершения каких-либо маневров);
- возможность без аэродромного базирования.

Однако, среди всех этих преимуществ есть и недостатки:

- экраноплан движется в непосредственной близости от земли в зонах максимальной концентрации птиц, что негативно влияет на работу двигателей экраноплана;
- низкая маневренность;
- требует специальных навыков пилотирования;
- полёт «на экране» хоть и связан с меньшими энергетическими затратами, чем у воздушного судна, но процедура старта требует большей тяговооружённости, что вызывает необходимость применения дополнительных стартовых двигателей, не задействованных на маршевом режиме (для крупных экранопланов), либо особых стартовых режимов для основных двигателей, что ведёт к дополнительному расходу топлива.

Экраноплан с замкнутым крылом лишен ряда выше перечисленных недостатков. За счет применения такой схемы увеличится дальность полёта и экономичность.

После выбора основных проектных параметров проектируемого беспилотного экраноплана, следует построение его 3D модели в программном продукте для моделирования (рисунок 2).

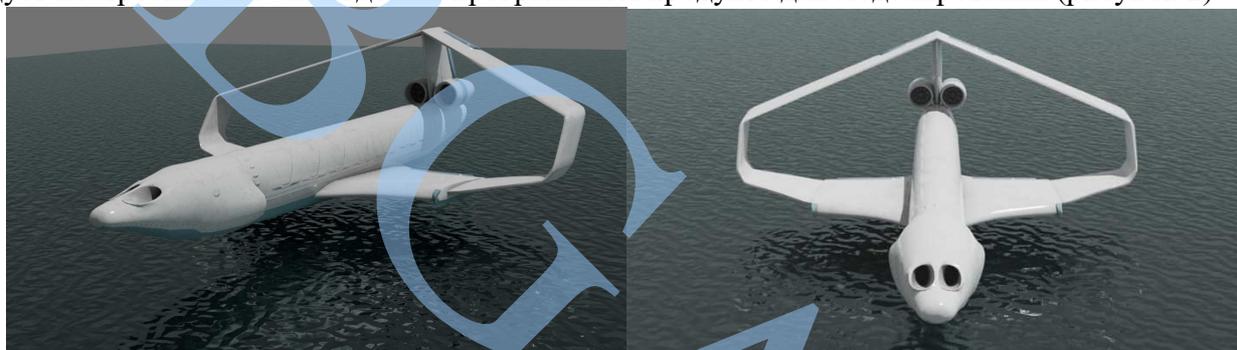


Рисунок 2 – 3D модель проектируемого беспилотного экраноплана

Тактико-технические характеристики беспилотного экраноплана:

- размах крыла – 30 м;
- длина – 45 м;
- высота – 10 м;
- масса пустого – 70000 кг;
- тип двигателей – НК-8-4К;
- количество двигателей – 4 шт;
- скорость:
 - крейсерская – 400 км/ч;
 - максимальная – 450 км/ч;
- практическая дальность – 3000 км;
- грузоподъемность – 10000 кг.

Применение экраноплана можно разделить на четыре основных направления:

1) транспортно-десантное – учитывая их высокую мобильность и амфибийность, можно использовать десантные экранопланы для захвата плацдармов, на которые дальнейшая высадка войск будет производиться с обыкновенных десантных кораблей;

2) поисково-спасательное – для спасения в океане терпящих бедствие судов. В этом случае благодаря своей скорости и дальности экранопланы могут прийти в заданный район практически в любой точке мирового океана гораздо быстрее спасательных кораблей. Высокая мореходность и полезная нагрузка позволит им осуществлять спасение и оказание необходимой помощи прямо в открытом море при большом волнении, чем это могут делать гидросамолеты;

3) ударное – предполагается использовать экранопланы для борьбы с авианосными соединениями вероятного противника. При этом учитывается их высокая скорость, дальность, огневая мощь, малая заметность и трудность поражения экранопланов средствами ПВО;

4) патрульно-противолодочное – слежение и борьба с подводными лодками противника, а также перехват базирующихся на них баллистических ракет на разгонном участке траектории.

Для выполнения задач по уничтожения противника предлагается использование четырех ракет типа Х-35УЭ (рисунок 3). Пусковая установка для ракет будет находиться внутри фюзеляжа в центральной ее части.

Тактико-технические характеристики Х-35УЭ:

- длина базирования – 3,85 м;
- размах крыла – 1,33 м;
- диаметр ракеты – 0,42 м;
- стартовая масса – 550 кг;
- двигатель – ТРД;
- топливо – авиационный керосин;
- система наведения – активная радиолокационная;
- боевая часть – осколочно-фугасная проникающего типа;
- масса боевой части – 145 кг;
- дальность пуска до 260 км;
- высота полёта на маршевом участке – 10-15 м;
- высота полёта на конечном участке – 3-4 м;
- скорость полёта – 0,8-0,85 М.



Рисунок 3 – Унифицированная ракета Х-35УЭ

Использование беспилотного экраноплана позволяет увеличить экономическую отдачу по сравнению с самолетами (сопоставимого взлетного веса и полезной нагрузки). Это связано с тем, что для экраноплана характерно высокое аэродинамическое качество, влияющее как на эффективность аэродинамической компоновки, так и в конечном итоге на расход топлива. Более того, экраноплан взлетает с воды, следовательно, ему не требуются дорогостоящие аэродромы. Кроме того, экраноплан обладает такими качествами как манёвренность, значительная грузоподъемность, большой радиус действия.

По итогам проведенной работы были получены следующие результаты:

- произведен расчет взлетной массы беспилотного экраноплана;
- произведен выбор аэродинамической схемы и расчет основных параметров;
- представлен эскиз проектируемого беспилотного экраноплана с геометрическими размерами всех аэродинамических поверхностей;
- представлена 3D модель беспилотного экраноплана.

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров, Г.Ф. Гидросамолеты и экранопланы России: 1910–1999 / Г.Ф. Петров – М: Русавиа, 2000.

2. Панченков, А.Н. Экспертиза экранопланов / А.Н. Панченков, П.Т. Драчев, В.И. Любимов - Н. Новгород: ООО Типография «Поволжье», 2006. – 656 с.

3. Рахмати, А. Аэродинамические характеристики замкнутого параболического крыла / Рахмати, А. Киев, 2017.

УДК 2015.05

В.Д. Безрученко, И.И. Данилов

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

АКУСТООПТИЧЕСКИЕ ФИЛЬТРЫ НА БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТАХ

Акустооптика – раздел науки, изучающий взаимодействие оптических и звуковых волн. Известно, что акустооптические приборы управления параметрами электромагнитного излучения применяются в различных областях науки и производства. С помощью таких приборов осуществляется управление основными характеристиками оптического излучения как амплитуда, частота, фаза, поляризация и направление распространения светового пучка. Акустооптические устройства допускают работу с монохроматическим светом, а также и с некогерентным излучением, имеющим сплошной или линейчатый спектр. Наиболее распространенными акустооптическими приборами управления светом являются модуляторы, дефлекторы и перестраиваемые акустооптические фильтры. К основным преимуществам акустооптических фильтров относятся:

- компактность и малый вес;
- высокое спектральное разрешение;
- малое энергопотребление;
- возможность селекции излучения по поляризации света;
- широкое поле зрения, большая светосила;
- возможность произвольного доступа к отфильтрованным длинам волн света;
- возможность обработки оптических изображений.

Принимая во внимание перечисленные особенности работы перестраиваемых акустооптических фильтров, можно сделать вывод о перспективности применения данных приборов. В частности, акустооптические фильтры целесообразно включать в комплекс аппаратуры, устанавливаемой на беспилотных летательных аппаратах. Данные беспилотные летательные аппараты могут осуществлять разведку и мониторинг поверхности Земли, а также состояния её атмосферы в целях экологии и безопасности для обнаружения в окружающей среде отравляющих веществ и газов. Также представляется перспективным использование разработанных приборов для решения задач в военной и специальной технике.

Таким образом, среди специфических задач, которые целесообразно решать с помощью перестраиваемых акустооптических фильтров, установленных на беспилотных летательных аппаратах, можно указать следующие:

- дистанционное распознавание замаскированных объектов (военной техники, живой силы и др.);
- распознавание техники и живой силы по критерию «свой-чужой»;
- управление и слежение за перемещением объектов в режиме радиомолчания, маскировки и плохой видимости;
- дистанционное обнаружение расположения мест установки противопехотных и противотанковых мин;
- определение ограждаемых территорий, границ минных полей и проходов через них;
- разметка маршрута в горной, лесной или сложной для прохода местности;

- оперативный контроль за химическим составом питьевой воды в походных условиях.

УДК 621.7.011

Д.П. Оскерко, В.В. Ващенко

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНАЯ ОБРАБОТКА ВОЗДУШНОГО ВИНТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

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

Проблема повышения стойкости и долговечности воздушного винта особенно остро встала в последние годы в связи с резким их удорожанием. В настоящее время до 20 % себестоимости на закупку новых винтов и их комплектующих.

Для возбуждения импульсного магнитного поля используется токопроводящий элемент, который называется индуктором и может иметь разнообразную форму.

Магнитно-импульсная обработка режущего инструмента проводится по следующим основным известным схемам:

— улучшение с помощью МИО физико-механических показателей металла – МИО повышает такие показатели как стойкость, прочность и коррозионная защищенность;

— МИО с созданием колебаний (вибрацией) винта во время упрочнения;

— МИО с применением ферромагнитных порошков (обмазок) для концентрации магнитного поля;

— комбинированный метод МИО, включающий, помимо магнитных импульсов, одновременное использование при упрочнении динамического позиционирования инструмента (вибрацию) и ферромагнитного порошкового концентратора магнитного поля, с целью повышения работоспособности винта:

— комбинированная МИО, включающая предварительный индукционный нагрев обрабатываемого изделия, что позволяет повысить стойкость режущего инструмента.

Эти схемы используются для изделий из сталей, которые являются ферромагнетиками. В них происходит резкое усиление внешнего магнитного поля за счет совпадения направления вектора магнитной индукции с направлением собственного магнитного поля изделия. Что позволяет эффективно применять МИО в производствах изделий при таких схемах обработки.

Таким образом магнитно-импульсная обработка воздушного винта винтомоторной группы позволит существенно улучшить их качество и надёжность, а также позволит существенно сэкономить на закупке комплектующих в перспективе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алифанов, А.В. Магнитно-импульсная упрочняющая обработка изделий из конструкционных и инструментальных сталей / А.В. Алифанов, А.В. Акулов, Ж.А. Попова, А. С. Демянчик. – Литье и металлургия, 2012. – №3. – С. 77 – 82.
2. Алифанов, А.В. Магнитно-импульсная обработка стальных изделий / Алифанов А.В., Попова Ж.А., Ционенко Н.М. // Перспективные материалы и технологии: монография в 2 т. / под общ. ред. В.В. Рубаника. – Витебск., 2013. – Т.1 – Гл. 25. – С. 520 – 542.
3. Белый, И.В. Справочник по магнитно-импульсной обработке металлов / И.В. Белый, С.М. Фертик, Л.Т. Хименко. – Харьков: Вища школа, 1977. – 168 с.

УДК 623.746

Е.В. Фомин, П.А.Буйницкий, Р.Л.Тюпин

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРОГРАММА РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ ВОЗДУШНЫХ ВИНТОВ

При расчете и проектировании беспилотного летательного аппарата особое внимание необходимо уделять выбору двигателя и расчету воздушного винта (далее – ВВ).

Работа ВВ представляет собой сложный процесс, точный математический анализ.

В настоящее время существует струйная и вихревая теорий работы воздушного винта.

Струйная теория рассматривает поток воздуха, проходящий через ометаемую воздушным винтом площадь, как однородную струю, засасываемую и отбрасываемую воздушным винтом, дает более или менее близкую к действительности модель работы ВВ и применяется для сравнительных расчетов и учета влияния на его работу различных факторов.

Вихревая теория построена на циркуляции скоростей вокруг винтового профиля и системы вихрей, сбегаящих с лопастей. Проектирование и точный расчет ВВ ведут именно по вихревой теории.

Наиболее рационально, с точки зрения сокращения трудозатрат, использовать электронно-вычислительные машины для последовательного, непрерывного поведения всех этапов расчета ВВ.

В настоящий момент ведется разработка программного обеспечения для расчета параметров воздушных винтов по теории Сабинина-Юрьева, которая устанавливает взаимосвязь параметров потока, размеров лопастей винта и мощности, потребляемой винтом при заданной частоте вращения ступицы винта, для двигателя мощностью до 60 кВт.

Расчет винта условно делится на три последовательных этапа:

Определение предполагаемых радиуса, тяги и коэффициента полезного действия (далее КПД) винта. Исходными данными для первого этапа являются: располагаемая мощность двигателя, частота вращения винта, максимально допустимый радиус, расчетная скорость, максимально допустимая окружная скорость конца лопасти, плотность воздуха, исходный желаемый КПД, шаг снижения желаемого КПД.

На втором – определяется тяга, потребляемая мощность и геометрические размеры ВВ. В качестве исходных данных принимаются: расчетная скорость, число лопастей и данные, полученные на первом этапе расчета: предполагаемый радиус винта и тяга.

На завершающем, третьем этапе осуществляется проверка ВВ на прочность, определяются нагрузки, действующие в различных сечениях лопастей, и сравниваются с допустимыми, с учетом геометрии и материала, из которого будут изготовлены лопасти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ковалев, Е.Д. Аэродинамическое проектирование / Е.Д. Ковалев, В.А. Удовенко // Авиация общего назначения. – Харьков.- №6. - 1999.
2. Мельников, А.П. Теория и расчет лопастей винта / А.П. Мельников, В.В. Свечников. – Ленинград: Издание ЛКВВИА, 1947. – 153с.

УДК 623.1/.7

Я.С. Машталлер, И.В. Гражевский

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖЕНЕРНОЙ РАЗВЕДКИ МЕСТНОСТИ

В современном общевойсковом бою инженерным войскам отводится важная роль не только в обеспечении боевых действий различного масштаба, но и в решении наиболее трудоемких задач в интересах различного рода министерств и ведомств. Одной из важнейших задач инженерных войск является инженерная разведка противника, местности и объектов. Это одна из основополагающих задач инженерного обеспечения. Данная задача выполняется с момента образования школы инженерных войск.

Исходя из опыта Великой Отечественной войны и современных локальных войн можно сказать о том, что при качественно организованной инженерной разведке противника, местности и объектов, соединения, воинские части и подразделения могли тщательно подготовиться к ударам противника и навязать ему свою волю, выполняли поставленные задачи точно и в срок.

Инженерная разведка – одна из задач инженерного обеспечения, представляющая комплекс мероприятий по добыванию, сбору, обработке и доведению до штабов и войск инженерных разведывательных данных о силах и средствах противника, о проводимых им инженерных мероприятиях, о местности и объектах.

В зависимости от характера деятельности войск, конкретных условий обстановки, района предстоящих боевых действий и имеющихся данных о противнике выделяют следующие задачи инженерной разведки:

- вскрытие системы инженерных заграждений противника, выявление подготовленных к разрушению объектов;
- определение характера и степени фортификационного оборудования позиций противника, наличия, состава и оснащения его инженерных войск;
- выявление зон разрушений, затоплений, пожаров и направлений их обхода или преодоления;
- выявление местонахождения источников воды и водозаборных сооружений, наличия и состояния промышленных и местных строительных материалов.

Способы разведки – это метод действия сил, средств и органов разведки в целях добывания инженерных разведывательных сведений.

В зависимости от задач и обстановки инженерная разведка ведется одним из следующих способов:

- наземное и воздушное наблюдение;
- наземное и воздушное фотографирование;
- непосредственный осмотр;
- поиск.

Инженерная разведка наблюдением организуется во всех видах боевой деятельности войск, но особенно распространена при ведении оборонительных действий, а также при подготовке к наступлению. По причине того, что наземное наблюдение ведется на глубину обороны противника до 5-

6 км, широко используется воздушное наблюдение с применением БЛА, которое позволяет увеличить глубину разведки в 2-3 раза без пересечения переднего края обороны.

Инженерная разведка фотографированием проводится силами и средствами разведывательных подразделений инженерных войск в целях изучения характера местности, инженерных сооружений, водных преград, заграждений и влияния инженерных мероприятий противника, а также для фиксации данных полученных путем наблюдения или непосредственного осмотра.

Воздушное фотографирование силами и средствами инженерных войск может вестись с применением БЛА. Кроме того, фотографирование в интересах инженерного обеспечения осуществляется авиационными подразделениями по запросам штабов соединений и воинских частей.

Внедрение БЛА позволяет значительно повысить оперативность инженерной разведки, однако при неблагоприятных метеорологических условиях, характерных для климатической зоны Республики Беларусь, их эффективность снижается. Именно по этой причине БЛА необходимо применять комплексно, совместно с наземными силами и средствами инженерной разведки.

Выполнение полета на инженерную разведку требует тщательной подготовки и включает в себя:

- взлет;
- выполнение полета по маршруту в указанный район;
- инженерную разведку местности и передачу разведывательных данных на ПУ;
- посадку.

Взлет, выход в указанный район и посадку выполняется с учетом воздушной, метеорологической и орнитологической обстановки. При возникновении особых случаев в полете оператору БЛА действовать согласно руководства по летной эксплуатации БЛА. При возникновении пожара на посадочной площадке, появлении в месте взлета людей, техники, животных взлет (посадку) не выполнять.

Ведение воздушной разведки производится одним из следующих способов:

- «прочесывание» на параллельных курсах;
- «смещенный вираж»;
- облет заданного рубежа;
- поиск разворотами на 270°;
- поиск по заданному маршруту;
- поиск с применением метода исключения;
- поиск по расходящейся (сходящейся улитке);

В районе разведки определяются:

- наличие и состояние путей для движения войск;
- наличие и характер разрушений, завалов, пожаров и затоплений; возможные пути обхода и их преодоления;

- системы инженерных заграждений местности;
- участки местности, удобные для оборудования позиционных районов артиллерии и ракет;
- состояние аэродромов и площадок для базирования авиации;
- наличие и доступность источников воды;
- качество маскировки своих войск.

Таким образом, путем применения БЛА для ведения инженерной разведки местности можно достичь повышения автономности инженерных разведывательных подразделений. Появляется возможность полного охвата района на всю глубину проведения боевых действий, сократить временной цикл управления инженерной разведкой и повысить оперативность обеспечения информацией о местности командиров и штабов, передавая данные в режиме близком к реальному времени. Так же при выполнении полета на инженерную разведку местности стоит выполнять ряд рекомендации по эксплуатации БЛА и способам ведения воздушной разведки, во избежание возникновения авиационных инцидентов и качественного выполнения поставленной задачи на инженерную разведку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шуняков, Д.В. Инженерная разведка: учеб. пособие / Д.В. Шуняков, А.А. Панкратов, В.Б. Новоселов; под общ. ред. Д.В. Шуняка; – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2020. – 150 с.
2. Военно-инженерная подготовка: учеб. - метод пособие / В.В. Балута [и др.]. – Минск: БГУИР, 2017.– 243 с.

УДК 623.1/.7

Мельникович К.В., Гражевский И.В.

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЫПОЛНЕНИЯ ПОЛЕТА БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ РЕШЕНИИ ЗАДАЧ ПЕРЕДОВОГО АВИАЦИОННОГО НАВОДЧИКА

Передовой авиационный наводчик – специально подготовленный военнослужащий, действующий в непосредственной близости от противника.

Передовой авиационный наводчик назначается из числа:

–лиц, имеющих специальность, связанную с управлением воздушным движением, боевым управлением авиацией, летной эксплуатацией воздушных судов, занимающих штатные должности на пунктах управления авиаций, прошедших подготовку, освоивших соответствующие упражнения КБП ПУА и получивших соответствующие допуски к управлению полетами воздушных судов;

–военнослужащих подразделений и частей республиканских органов государственного управления, прошедших соответствующую подготовку на курсах при учреждении образования, освоивших соответствующие упражнения КБП ПУА и получивших соответствующие допуски к управлению полетами воздушных судов.

Передовой авиационный наводчик предназначен для управления авиацией непосредственно над полем боя в пределах визуальной видимости с пунктов управления общевойсковых частей и подразделений в ходе авиационной поддержки СВ и сил специальных операций ВС.

Действия передового авиационного наводчика в ходе осуществления взаимодействия и управления авиацией решающим образом влияют на результат боевого применения вертолетов (самолетов) в интересах общевойсковых подразделений.

Основными задачами передового авиационного наводчика являются:

–своевременный вызов авиации с выдачей взаимодействующему передовому авиационному наводчику или в группа взаимодействия и управления авиацией внеплановых заявок на авиационную поддержку;

–обеспечение точного выхода самолетов (вертолетов) на цель по месту и времени, применения авиационных средств поражения по заданным или выбранным самостоятельно наземным целям;

–контроль за обозначением своих войск, обеспечение взаимной безопасности от поражения своими огневыми средствами;

–выдача экипажам самолетов (вертолетов) информации об обстановке на земле и в воздухе;

–организация и руководство дежурством визуальных наблюдателей-сигналистов, оповещение СВ и сил войск ПВО о полетах своих самолетов (вертолетов) и авиации противника;

–обеспечение посадки вертолетов на выбранные площадки;

–представление сведений о погоде.

Внедрение БЛА позволяет значительно повысить оперативность работы передового авиационного наводчика, однако при неблагоприятных метеорологических условиях, характерных для климатической зоны Республики Беларусь, их эффективность снижается.

Именно по этой причине БЛА необходимо применять комплексно, совместно с наземными силами.

Выполнение полета для решения задач передового авиационного наводчика требует тщательной подготовки и включает в себя:

- взлет;
- выполнение полета по маршруту в указанный район;
- разведку местности и передачу разведывательных данных на ПУ;
- посадку.

Взлет, выход в указанный район и посадку выполняется с учетом воздушной, метеорологической и орнитологической обстановки. При возникновении особых случаев в полете оператору БЛА действовать согласно руководства по летной эксплуатации БЛА. При возникновении пожара на посадочной площадке, появлении в месте взлета людей, техники, животных взлет (посадку) не выполнять.

Ведение воздушной разведки производится одним из следующих способов:

- «прочесывание» на параллельных курсах;
- «смещенный вираж»;
- облет заданного рубежа;
- поиск разворотами на 270°;
- поиск по заданному маршруту;
- поиск с применением метода исключения;
- поиск по расходящейся (сходящейся улитке);

В районе разведки определяются;

- наличие и состояние путей для движения войск;
- наличие сил и средств противника;
- системы инженерных заграждений местности;
- участки местности, удобные для оборудования позиционных районов артиллерии и ракет;
- состояние аэродромов и площадок для базирования авиации;
- качество маскировки своих войск.

Таким образом, путем применения БЛА для решения задач передового авиационного наводчика можно достичь повышения эффективности работы передового авиационного наводчика. Появляется возможность полного охвата района на всю глубину проведения боевых действий и повысить оперативность обеспечения информацией о местности командиров и штабов, передавая данные в режиме близком к реальному времени. Так же при выполнении полета для решения задач передового авиационного наводчика стоит выполнять ряд рекомендаций по эксплуатации БЛА и способам ведения воздушной разведки, во избежание возникновения авиационных инцидентов и качественного выполнения поставленной задачи на инженерную разведку.

ЛИТЕРАТУРА

1. Слижиков Ю. С./ Подготовка авиационного наводчика к наведению на наземные цели / Ю. С. Слижиков, К. В. Селуянов. – Минск, 2020. – С. 242-255.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ИНТЕРЕСАХ АРТИЛЛЕРИИ И РАКЕТНЫХ ВОЙСК

Новые технологии ведения боевых действий в значительной степени базируются на единой разведывательно-информационной, управляющей и ударной (огневой) среде, простирающейся от поверхности земли до космоса и доступной различным военным потребителям [1]. Всеобъемлющая информация, а также управление подразделениями ракетных войск и артиллерии является ведущей компонентой достижения успеха в бою. Главным принципом боевого применения войск (в том числе и ракетных войск и артиллерии) становится непрерывное ведение разведки, планирование и управление действиями с привлечением минимально необходимых ударных (огневых) средств. Военные конфликты последних лет продемонстрировали эффективность новых подходов, основанных на представленных принципах, к ведению боевых действий. В результате чего были разработаны новые направления подходов развития с учетом последних достижений в создании интеллектуального оружия, применение которого на тактическом уровне во многом базируется на своевременных, достоверных, точных и полных разведывательных данных об объектах противника, а также на целеуказании в интересах нанесения ракетных ударов и ведения огня артиллерии.

Одним из видов разведывательных комплексов (средств), обеспечивающих нанесение ракетных ударов и огонь артиллерии, в настоящее время являются комплексы с беспилотными летательными аппаратами (далее – БЛА). Отличительным свойством БЛА является способность получения информации, добытие которой, как правило, трудновыполнимо или невозможно для других разведывательных средств [2].

Комплекс с БЛА предназначен для решения тактических боевых и обеспечивающих задач в звене взвод — рота — батальон. Телевизионная камера имеет высокую разрешающую способность и позволяет передавать видеоданные в масштабе реального времени. С высоты 100-200 м осуществляется обзор территории площадью несколько тыс. кв. м с разрешением до десятых метра. Точность привязки объектов к карте составляет 5–10 м. Корпус БЛА выполнен из композитных материалов, вследствие чего обладает крайне низкой радиолокационной заметностью.

Перспективные комплексы с БЛА малого и мини-классов, на наш взгляд, должны учитывать специфику боевого применения артиллерийских (минометных) подразделений, обеспечивая выполнение следующих задач:

ведение разведки (доразведки) объектов противника (целей) в масштабе времени, близком к реальному, с требуемой точностью определения координат и высоты над уровнем моря (в зависимости от вида объектов и применяемых для их поражения боеприпасов);

определение метеорологических условий стрельбы и их учет при расчете установок для стрельбы, составлении бюллетеня «Метосредний»;

обслуживание стрельбы артиллерийских (минометных) подразделений;

контроль стрельбы артиллерийских (минометных) подразделений на поражение;

выполнение учебно-тренировочных функций с целью подготовки личного состава (прежде всего офицеров) по вопросам разведки (доразведки) объектов (целей), а также стрельбы и управления огнем;

наблюдение с целью охраны района расположения артиллерийского (минометного) подразделения;

«подсветка цели» в интересах применения высокоточных боеприпасов (например, мины типа «Грань») (в перспективе, при развитии микроэлектроники).

Комплексы разведки с БЛА должны разрабатываться по принципам «открытой системы», модульности и унификации технических и программных средств.

Указанные комплексы разведки должны поддерживать информационно-техническую совместимость с комплексом автоматизированного управления огнем артиллерийской (минометной) батареи (при наличии последнего).

Основными перспективными направлениями разработки и оснащения войск комплексами с БЛА малого и мини-классов в интересах применения в артиллерийских (минометных) подразделениях, на наш взгляд, должны стать:

поставки в разведывательные подразделения комплексов с БЛА самолетного типа;

проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ по совершенствованию летательных аппаратов (особенно коптерного типа) и технических средств, устанавливаемых на них;

опытная эксплуатация комплексов с БЛА коптерного типа в интересах принятия решения об оснащении ими артиллерийских (минометных) подразделений, а также использования БЛА мини класса в личной экипировке военнослужащих.

В целом БЛА является воздушным роботом в составе разведывательного комплекса, способного выполнять различные задачи, включая разведку, доразведку, обслуживание стрельбы, наблюдение, целеуказание и наведение снарядов (мин) на цель, а также выполнять другие функции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бакин, Э.Н. Применение беспилотных летательных аппаратов вертолётного типа при организации воздушной радиационной и химической разведки / Э.Н. Бакин, А.Н. Петрикин, Д.Г. Колесов // Оперативное искусство и тактика. – №3. – 2017. – С. 7-14.

2. Батенин, В.М. Новые возможности БЛА / В.М. Батенин // Журнал «Военная мысль». – № 2. – 1999. – С.14-17.

УДК 355.345

А.В. Садовников

Военный факультет Белорусской государственной академии авиации

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА РАСЧЕТОМ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Беспилотная авиация активно внедряется в современную жизнь, и Вооружение Силы не исключение. С каждым днём на вооружение принимаются новые виды беспилотных авиационных комплексов (далее БАК). Что в свою очередь рождает новые проблемы. Одной из таких проблем является автономность работы расчёта БАК. В настоящее время основную долю беспилотной авиации Беларуси составляют летательные аппараты с электрической силовой установкой, также электроэнергия необходима для работы наземного пункта управления (далее НПУ). При выполнении задач расчёт БАК получает энергию от стационарных источников, если расчёт выполняет задачу в полевых условиях, то источником энергии служит дизельный генератор или генератор автомобиля. Особо остро стоит вопрос энергоснабжения для одиночных расчетов выполняющих задачи вдали от основных сил, так как количество топлива ограничено. Решением данной проблемы могут послужить альтернативный источник энергии. Такой как ветрогенератор.



Рисунок 1 – Внешний вид ветрогенератора

В упрощенном виде принцип работы ветрогенератора можно представить следующим образом.

Сила ветра приводит в движение лопасти, которые через специальный привод заставляют вращаться ротор. Благодаря наличию статорной обмотки, механическая энергия превращается в электрический ток. Аэродинамические особенности винтов позволяют быстро крутить турбину генератора.

Принцип работы

Сила вращения преобразуется в электричество, которое аккумулируется в батарее. Чем сильнее поток воздуха, тем быстрее крутятся лопасти, производя больше энергии.

Принцип преобразования энергии ветра и действия внутренних механизмов показан на следующих схемах (рисунок 2, 3).

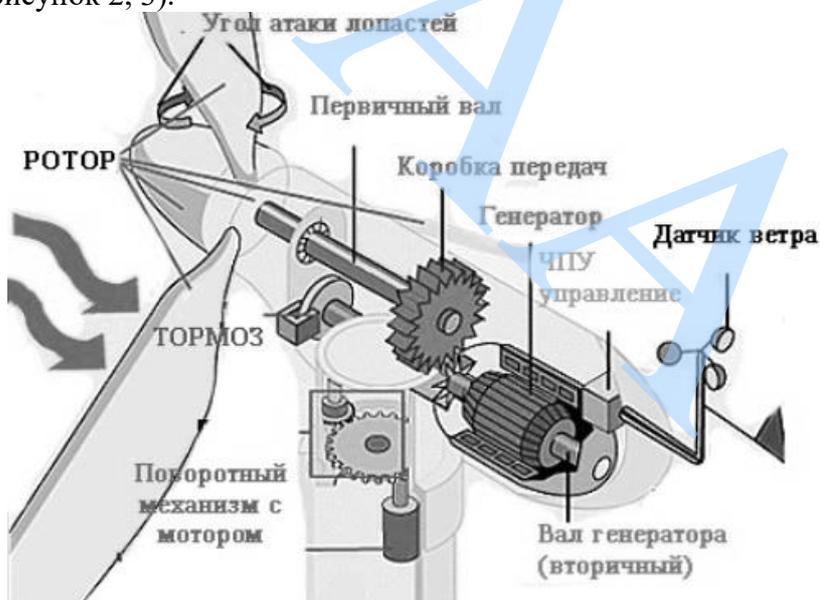


Рисунок 2 – Схема работы ветрогенератора

Во время своих поворотов винты также вращают ось, соединённую с генераторным ротором. Когда магниты, закреплённых на роторе, вращаются в статоре, создаётся переменный или постоянный электрический ток в зависимости от генератора.

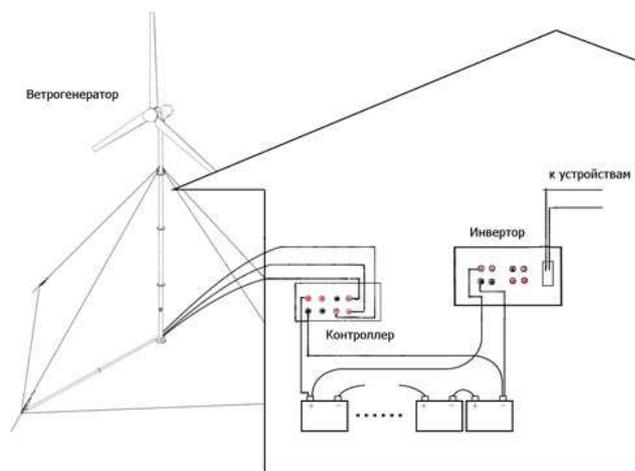


Рисунок 3 – Принципиальная схема ветрогенератора

Принцип действия ветрогенераторов позволяет применять их в таких вариантах:

- для автономной работы;
- параллельно с резервным аккумулятором;
- вместе с солнечными батареями;

параллельно с дизельным или бензиновым генератором.

Если поток воздуха движется со скоростью 45 км/час, турбина вырабатывает 400 Вт электроэнергии

Данную мощность можно накапливать, собирая её в аккумуляторе.

Специальное устройство управляет зарядкой аккумуляторной батареи. По мере уменьшения заряда вращение лопастей замедляется. При полной разрядке батареи лопасти снова начинают вращаться. Таким способом зарядка поддерживается на определённом уровне. Чем сильнее воздушный поток, тем больше электроэнергии может произвести турбина.

ЛИТЕРАТУРА

- 1) Пeryшкин, А.В., Родина, Н.А., Физика 8 класс / А.В. Пeryшкин, Н.А. Родина. - Москва «Просвещение», 1989.
- 2) Аксенович, Л.А., Ракина, Н.Н., Физика. / Под ред. Н.Н. Ракиной. Издание 4-е исправл. – Мн.: Дизайн ПРО, 2001. – 640 с.
- 3) Токи ветров [Электронный ресурс]: научн. журн. / "Вокруг света". №8 (2815) | Август 2008, Рубрика «Ярмарка идей». - Режим доступа: <http://www.vokrugsveta.ru/vs/article/6288/>.

УДК 623.746-519

А.О. Дегтеренко

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТАЛИНЗ В ЦЕЛЕВОЙ НАГРУЗКЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Эффективность ведения воздушной разведки напрямую зависит от используемой целевой нагрузки. Одним из путей повышения качества изображения является использование новых технологий при создании линз для целевой нагрузки.

Зеркальные камеры позволяют получать высокое качество снимаемых изображений, но вместе с тем остаются весьма тяжелыми и громоздкими. К сожалению, высококачественная и тяжелая оптика, точная механика не позволяют сокращать вес и размеры DSLR-камер такими темпами, которыми происходит уменьшение массогабаритных показателей другой техники. В последнее время начаты разработки и производство беззеркальных камер, к примеру, Canon EOS

М, но полученные характеристики пока еще не позволяют им успешно конкурировать с DSLR-камерами.

Миниатюрные металинзы, разработанные учеными из Гарвардского университета на основе метаматериала, могут применяться практически во всех существующих сегодня технологиях съемки, начиная от фотографии и заканчивая изображениями, получаемыми при помощи мощных оптических микроскопов и телескопов. Более того, использование металинз в камерах мобильных телефонов и прочей портативной техники позволит получать изображения, не уступающие по качеству снимкам, полученным с помощью полу- и профессиональных DSLR-камер.



Рисунок 1 – Внешний вид линзы

Размер металинзы — порядка 2 мм в диаметре, а стоимость их изготовления обойдется на 2-3 порядка дешевле, чем изготовление линз из просветленного оптического стекла. И очень важно, что миниатюрные линзы, будучи плоскими, могут быть изготовлены в тех же самых производственных цехах, где производятся стандартные компьютерные чипы.

Внутренний размер объективов DSLR-камер объясняется использованием в их конструкции множества оптических элементов с изогнутыми поверхностями. Такие линзы изменяют форму световых лучей, преломляют их и фокусируют на поверхности светочувствительного датчика. При этом некоторая часть света, проходящая через края линз, все же выпадает из фокуса изображения, что приводит к размытости краев изображения. Компенсировать эффект сферической аберрации приходится за счет дополнительных корректирующих линз, что дополнительно повышает стоимость и увеличивает габаритные размеры объектива.

У металинз, представляющих собой плоские кварцевые пластины, на поверхности которых сформированы упорядоченные особым образом структуры из диоксида титана, отрицательный эффект, связанный со сферическими аберрациями отсутствует по определению. Каждый отдельный элемент металинзы, внешне схожий с поставленной на ребро миниатюрной костяшкой домино размером несколько десятков х несколько сотен нанометров, преломляет поступающие лучи света по-своему. Вместе с тем, все эти элементы, расположенные в строго определенном порядке, действуют как одна линза, фокусируя лучи света в нужной точке.

Прототип, созданный учеными пока не способен охватить весь диапазон видимого спектра. Варьируя размеры элементов на поверхности металинз, высоту «костяшки», расстояние между соседними металинзами и ряд других параметров исследователям удалось создать образцы линз, демонстрирующих отличные рабочие характеристики в диапазонах 405, 532 и 660 нанометров, т. е. фиолетово-синей, желто-зеленой и красной части видимого спектра. Уже намечены пути решения проблемы улучшения качества картинки с участием цветов и другой части спектра, где пока что изображение выглядит не достаточно резко.

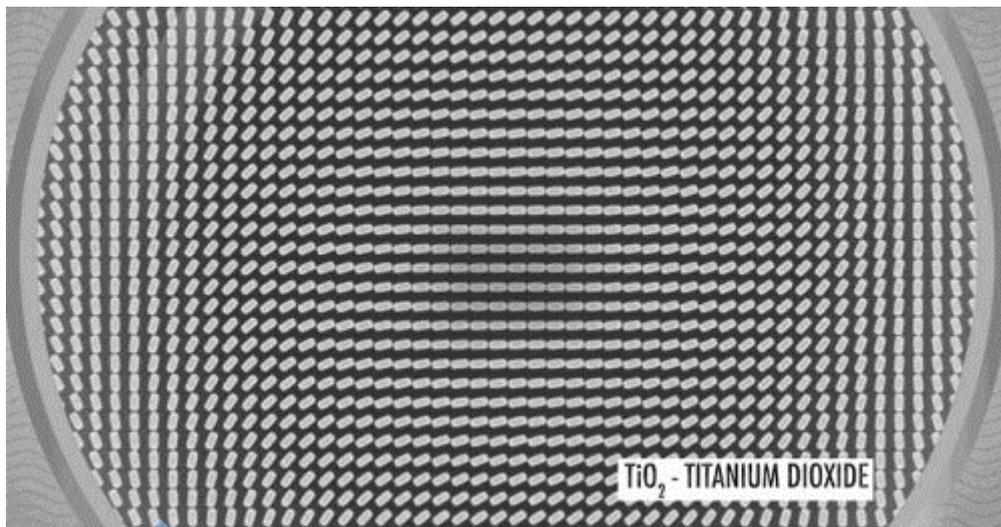


Рисунок 2 – Структура металинзы

Одно из «фирменных» достоинств металинз — несравнимо более высокие показатели эффективности. К такому выводу исследователи пришли еще в 2011 году, когда путем экспериментов получили эффективность на уровне 99%. Это значит, что при прохождении через металинзу теряется всего 1% светового потока. И такой результат сегодня невозможно повторить даже используя лучшие линзы из стекла. Данная технология позволит расширить область применения целевой нагрузки. Что в свою очередь приведет к улучшению ведения разведки и уменьшению габаритов целевой нагрузки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Металинзы [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://habr.com/ru/company/dronk/blog/369419/> – Дата доступа: 13.04.2021.

УДК 355.354

В.С. Семёнов

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЖИДКИХ ЛИНЗ В БЛА

Жидкие (или жидкостные) линзы (ЖЛ), в отличие от обычных твердотельных, позволяют при определенных условиях в значительных пределах изменять свое фокусное расстояние. Это уникальное свойство существенно расширяет функциональные возможности оптических систем в реальном времени, что немаловажно для адаптивной оптики. Кроме того, появляется возможность использования одной управляемой ЖЛ вместо нескольких твердотельных.

Принцип работы жидких линз основан на том, что под действием внешних сил вещество, из которого состоит линза, может менять свою толщину и радиус кривизны поверхности, тем самым менять свои оптические параметры. Существуют различные методы управления параметрами жидкой линзы – гидравлический, электростатический, химический и др.



Рисунок 1 – Конструкция вариообъектива-моноблока на жидких линзах:

1 – полимерный блок; 2 – вакуумированная полость; 3 – стеклянная оправа линз; 4, 5 – жидкие линзы.

Преимущества жидких линз в значительной степени справедливы для линз малых размеров. Миниатюрные жидкие линзы могут найти применение в различных оптических устройствах, таких как компактные и простые объективы. Например, малый размер микрокамер позволит использовать их в качестве фото- и видеокамер, в сверхминиатюрных (менее 100 мм) беспилотных летательных аппаратах и др. Ключевыми преимуществами жидкой линзы являются ее механическая надежность (нет подвижных частей), быстрое время отклика, хорошее оптическое качество, низкое энергопотребление и малый размер. Жидкостная линза может упростить установку, настройку и обслуживание, устраняя необходимость открывать считыватель и вручную касаться объектива. По сравнению с другими механизмами автофокуса, жидкая линза имеет чрезвычайно быстрое время отклика.

Существенным ограничением в применении ЖЛ относительно большого диаметра является ориентация в пространстве ее оптической оси. Только если ось жидкой линзы перпендикулярна поверхности Земли, то ее близкая к сферической преломляющая поверхность будет симметрична относительно оси. Во всех остальных случаях гравитация Земли будет нарушать симметрию формы поверхности жидкой линзы и ухудшать качество даваемого ей изображения; наибольшие искажения будут наблюдаться при ориентации оптической оси параллельно поверхности Земли.

На любом беспилотном летательном аппарате присутствуют приборы наблюдения в независимости от размеров и области применения. Учитывая, что масса летательного аппарата влияет на его параметры такие как: высота полета, дальность полета и др., ведутся разработки по усовершенствованию приборов наблюдения. Широкое применение жидких линз является перспективным направлением развития миниатюрных оптических систем, что подтверждает интерес многих современных фирм по изготовлению различных аппаратов как гражданского, так и военного применения с использованием жидких линз, зачастую в качестве основного оптического компонента оптической системы прибора. Разработка принципиальной конструкции объектива-моноблока для беспилотных летательных аппаратов, проводилась методом синтеза на основе применения традиционных и жидких оптических элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жидкокристаллические линзы с переменным фокусным расстоянием. I. Теория / Г.В. Вдовин [и др.] // Квантовая электроника. – 1999. – Т. 26: – № 3. – С. 256-260.
2. Голицин, А.В. Конструкция миниатюрного комбинированного объектива-моноблока с жидкими линзами / А.В. Голицин, И.О. Михайлов, В.Б. Шлишевский // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2014. - Новосибирск : СГГА. – 2014. – Т. 1. – С. 76-80.

УДК 623.746-519

Д.В. Демидович, А.А. Парасевич

*Военный факультет в учреждении образования
«Белорусская государственная академия авиации»*

МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ИЗ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

В конструкции беспилотных летательных аппаратов (далее – БЛА) применяется широкий спектр материалов: металлы, композиционные материалы, древесина, пластмасса, пенопласт [1].

Лидирующую позицию в БЛА занимают композиционные материалы (далее – КМ). КМ представляет собой конструкционный материал, в который для улучшения механических свойств вводят высокопрочные волокна (длинные или короткие). В настоящее время наиболее широкое применение нашли КМ на основе полимерной матрицы и длинных волокон, углеродных (углепластики), стеклянных (стеклопластики), органических (органопластики), на основе борных волокон – боропластики.

Виды композиционных материалов:

1. Стеклопластик

Стекловолокно получают путем вытягивания тонких волокон (нитей) толщиной 3-100 мк из расплавленного стекла. В таком виде стеклянное волокно не ломается и становится достаточно эластичным, что позволяет изготавливать из него нити и ткань. Стеклоткань обладает достаточно высокой прочностью, а если ее пропитать эпоксидной смолой, то получится прочный и эластичный композитный материал-стеклопластик.

2. Углепластик (карбон)

Изготовление углеродного волокна, это очень сложный и дорогостоящий процесс. Его получают путем высокотемпературной термической обработкой органических или химических волокон (вискозных и полиакрилонитрильных каменноугольных и нефтяных пеков), при которой в материале волокна остается не менее 95% атомов углерода. Нити из 1000 до 24000 волокон применяют в дальнейшем для изготовления углетканей. Композитные карбоновые изделия обладают высокой прочностью при незначительном весе. При одинаковом весе, углепластик выдерживает нагрузку на растяжение в пять раз больше чем сталь, 1 кг углеволокна по прочности заменит 5 кг стали. Кроме прочности, карбон обладает и жаростойкими качествами. Это позволяет изготавливать, с применением специальных термостойких смол (около 200 град. С), даже выхлопные резонансные трубы.

3. Арамид (Кевлар)

Синтетическое волокно высокой механической и термической прочности. Этот легкий и очень прочный материал известен применением для изготовления бронежилетов. Смешанные карбон-кевларовые ткани обладают очень высокой прочностью, их применяют при изготовлении высокопрочных элементов конструкции БЛА.

4. Эпоксидная смола

Эпоксидная смола — синтетический продукт химического процесса поликонденсации эпихлоргидрина с фенолами. Применяя отвердители разных типов можно получать разное время

работы со смолой до начала ее загустевания. Это время может составлять приблизительно от 10 до 60 минут. Следует знать, что наибольшую прочность изделие набирает после нескольких суток.

Не смотря на явные эксплуатационные преимущества применения КМ для них характерны и свои недостатки, связанные с проявлением дефектов:

1) *в зоне механических соединений*: скалывания верхних слоев КМ; выкрашивания связующего около заклепок; поверхностные трещины на деталях и головках заклепок; подмятая, расслоения, выпучивания КМ; врезания закладных головок и шайб в КМ; нарушения геометрии соединения; нарушения ЛКП;

2) *вне зоны соединений*: поверхностные царапины; расслоения (отслоения), трещины; проколы, пробойны, надрезы; сколы КМ и расслоения по кромкам агрегатов; нарушения ЛКП и др.

Обнаружение поверхностных дефектов производится визуально. Внутренние дефекты и повреждения выявляют с использованием неразрушающих методов контроля (далее – МНК): акустического (волновой, теневой, импедансный и др.); радиографического; теплового.

1. Акустический МНК

Акустический МНК применяют для контроля непрочности, непропаев и непрочваров (только в точках контактной точечной сварки) многослойных конструкций и расслоений изделий из слоистых пластиков и композитов, например для контроля непрочности между обшивкой и сотовым наполнителем лопастей несущих винтов вертолетов, интердепторов, закрылков, рулей, крыльевых прижимных щитков.

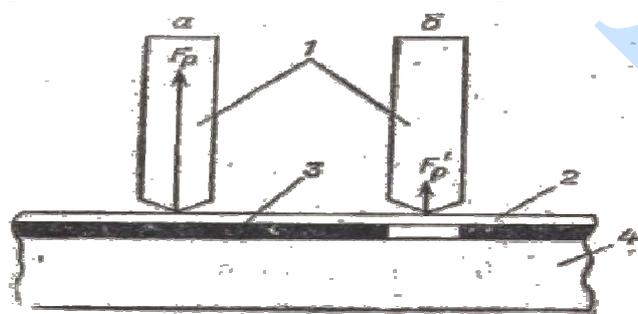
2. Радиографический МНК

Радиографический МНК позволяет выявить скрытые дефекты сварных стыков без их повреждения.

3. Тепловой МНК

Тепловой МНК основан на таких физических явлениях, как тепловые поля, инфракрасные источники тепла, по которым можно диагностировать наличие внешних и внутренних дефектов.

Наиболее удобным МНК для контроля КМ является акустический (импедансный) метод. Он основан на анализе изменения величины (амплитуды и фазы) механического импеданса (силы реакции) участка поверхности контролируемого объекта (рисунок 1).



а – при отсутствии дефекта; б – при наличии дефекта; 1 – стержень, совершающий колебания вдоль продольной оси; 2 – наружный лист изделия; 3 – соединение; 4 – внутренний лист; F_p – сила реакции

Рисунок 1 – Принцип акустического (импедансного) метода контроля

При акустическом МНК используется дефектоскоп. Дефектоскоп - устройство для обнаружения дефектов в изделиях из различных металлических и неметаллических материалов (рисунок 2).



Рисунок 2 – Внешний вид дефектоскопа SIUI CTS-9006

Достоинствами акустического МНК являются его уникальность по контролю перечисленных дефектов, простота и оперативность локального контроля, контроль при одностороннем доступе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Оперативный ремонт. Часть 1 Ремонт авиационной техники : пособие / Д.А.Дьяков [и др.] – Минск: БГАА, 2018 – 82 с.

УДК 355.404

Д.В. Зайцев, А.А. Парасевич

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ВЕДЕНИЯ ВОЗДУШНОЙ РАЗВЕДКИ СРЕДСТВ ОБЪЕКТОВОЙ ПВО С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Для начала нужно дать пояснение, что такое объективное ПВО и ЗРК. средства объектовой ПВО — структурное формирование в зенитных ракетных полках/бригадах окружного или группового подчинения, главная задача которого является защита от воздушного нападения отдельного, особо-важного, объекта.

В общем виде, зенитный ракетный комплекс — это совокупность функционально связанных боевых и технических средств, обеспечивающих решение задач по борьбе со средствами воздушно-космического нападения противника [1].

В состав ЗРК входят:

- средства транспортировки зенитных управляемых ракет (ЗУР) и заряжания ими пусковой установки;
- пусковая установка ЗУР;
- зенитные управляемые ракеты;
- средства разведки воздушного противника;
- наземный запросчик системы определения госпринадлежности воздушной цели;
- средства управления ракетой (может находиться на ракете — при самонаведении);
- средства автоматического сопровождения воздушной цели (может находиться на ракете);

- средства автоматического сопровождения ракеты (самонаводящимся ракетам не требуется);

- средства функционального контроля оборудования.

Как пример, рассмотрим зенитно-ракетный дивизион армии США, вооружённый ЗРК МІМ-104 «Пэтриот», который имеет следующий состав:

- штаб;

- штабная батарея;

- командный пункт дивизиона AN/MRC-136;

- пять огневых батарей, в свою очередь, включающих: средства связи, КП батареи, РЛС и пусковые установки (до 8 единиц).

Чтобы эффективно использовать преимущества беспилотной авиации как разведчика средств объектовой ПВО, необходимо знать тактико-технические характеристики объекта разведки и прикрывающих его средств, организационно-штатная структура противника, его расположение на местности, место применения, средство выполнения разведки, наши потенциальные и реальные возможности по вскрытию позиций ПВО [2].

Так же необходимо учитывать некоторые особенности средств ПВО, как объектов воздушной разведки:

ЗРК, как правило, будет находится либо на марше, либо на позициях. Наиболее характерное положение для подразделений ЗРК-положение на стартовых позициях. В отличие от подразделений всех других родов войск, они, как правило, не будут находиться в районах сосредоточения противника.

Характерная особенность стартовых позиций зенитных ракет является их расположение всегда на открытой и наиболее возвышенной местности. Однако, все возможные средства маскируются табельными или подручными средствами. Исключением же являются антенные системы РЛС, которые в любых условиях остаются всегда открытыми, или же укрытыми радиопрозрачными колпаками характерной сферической формы. Данные антенные системы, в совокупности с характерными формами пусковых комплексов и их характерное взаиморасположение являются основными опознавательными признаками.

Боевой порядок любой батареи в позиционном районе включает стартовую и техническую позиции. На стартовой позиции располагается, как правило, стартовые площадки (позиции) огневых взводов и радиолокационных средств, командный пункт батареи, а на технической позиции- площадки для хранения, сборки, испытания ракет, стоянки технических средств и транспортных машин. Стартовые и технические позиции будут связаны между собой сетью дорог. Так же возможно создание ложных позиций.

Командный пункт батареи размещается в наземном, подземном или полуподземном помещении на некотором удалении от стартовых площадок.

Позиции РЛС располагаются на удалении в несколько км от стартовых позиций, и на удалении до одного км друг от друга. Расстояние же между пусковыми установками и РЛС порядке одного км.

Техническая позиция располагается на удалении несколько сот метров от стартовой. Как правило, имеет подземные укрытия, площадки и наземные здания небольшого размера. Ракеты на позицию доставляются в разобранном виде в контейнерах и собираются уже на месте пуска.

Передвижные ЗРК, в отличие от стационарных, не имеют капитальных строений. Все элементы оборудования размещены в укрытиях или кузовах автомобилей. Так как ЗРК «Пэтриот» является передвижным средством ПВО, данные особенности характерны и для него. В крайнем случае он оборудуется укрытиями котлованного типа.

Таким образом, анализируя особенности размещения средств ПВО, можно выработать некоторую методику ведения воздушной разведки:

1. Основным демаскирующим признаком средств ПВО, являются системы РЛС, которые, как правило, находятся на открытой местности, и, в следствии этого, является более легкой целью, нежели замаскированный автомобиль или иная техника, перевозящая комплекс.

2. Средства ПВО, размещенные для пуска, не могут находиться в густом лесу, участке рельефа местности, физически делающим невозможный пуск ракет. Таким образом, методом исключения можно сузить круг поиска.

3. Обнаружив один из объектов комплекса и зная их взаимное месторасположения, можно делать вывод согласно потенциальному расположению остальных объектов комплекса.

4. Так как в комплекс входят РЛС, высоту необходимо, на пример пилотируемой авиации, для избегания обнаружения, устанавливать предельно малую высоту, или же, пользуясь преимуществом малого размера, имитировать полет одиноко летящей птицы на соответствующей высоте.

5. Если мы попали в зону радиопомех, необходимо попытаться вылететь из данной зоны и построить маршрут над предполагаемым местом нахождения объектов ПВО, после чего, с помощью программы, сделать расчет съемки и выставить необходимый таймер возврата. Если связь не восстановится, по истечению таймера возврата БЛА вернется в точку старта.

6. При наличии у противника ЗСУ, прикрывающим ПВО, маневр полета необходимо выбирать с наиболее непредсказуемой траекторией движения. Самым подходящим будет ведущий круг. С помощью него мы сможем в реальном времени изменять месторасположение круга и его радиус, что сделает уничтожение и без того малой цели еще более затруднительным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Батенин, В.М. Новые возможности БЛА / В.М. Батенин // Журнал «Военная мысль». – № 2. – 1999. – С.14-17.

2. Бакин, Э.Н. Применение беспилотных летательных аппаратов вертолётного типа при организации воздушной радиационной и химической разведки / Э.Н. Бакин, А.Н. Петрикин, Д.Г. Колесов // Оперативное искусство и тактика. – №3. – 2017. – С. 7-14.

УДК 355.354

Е.М. Вечерский, К.Е. Рогачевский

Военный факультет в Белорусской государственной академии авиации

АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ ИСПЫТАТЕЛЬНЫХ СТЕНДОВ ПО ПРОВЕРКЕ СЕРВОПРИВОДОВ

Эффективность современного беспилотного летательного аппарата зависит от того, насколько исправно работает его сервоприводы. Другими словами, для определенной задачи должны быть правильно выбраны и подобраны СП.

Для правильного подбора и проверки работы СП применяются испытательные стенды. На сегодняшний день не существует больших размеров испытательных стендов по проверке СП, но эта идея реализована в виде небольших сервотестеров. Произведен анализ сервотестеров компании G.T.Power и компании Turnigy. Сервотестер G.T.Power Professional Servo Tester представлен на рисунке 1.



Рисунок 1 – Сервотестер G.T.Power Professional Servo Tester

Данный сервотестер работает в следующих режимах:

- Режим LN - используется для проверки линейности и вибрации сервопривода.
- Режим ED - используется для проверки выносливости сервопривода.
- Режим FP - используется для проверки способности сервопривода центрировать себя.
- Режим DB - используется для проверки мертвой зоны сервопривода. Он также может использоваться для расчета скорости сервопривода.
- Режим SP - используется для выполнения теста скорости для сервопривода, и он позволяет выбрать наиболее подходящий сервопривод, основанный на всех параметрах, которые выполняются в тесте (то есть время реакции и дифференциальное время).
- Режим WP - используется для проверки старения и срока службы сервопривода.
- Режим PW - используется для проверки ширины выходного импульса разъема и проверки наличия каких-либо проблем с сигналом сервопривода.

Далее представлен простейший сервотестер G.T.Power Servo Tester (рисунок 2). Возможно подключение до 3 сервоприводов.



Рисунок 2 – Сервотестер G.T.Power Servo Tester

Данный сервотестер работает всего лишь в трех режимах:

- Ручной режим: поворот регулятора для отклонения сервопривода на необходимый угол.
- Нейтральный: автоматический возврат сервопривода в нейтральное положение
- Автоматический: сервопривод отклоняется по программе.

3). Следующий сервотестер от компании Turnigy - Turnigy Digital/Analog Servo Tester (рисунок 3).

Сервотестер работает в следующих режимах:

- Линейный режим (LN). Режим ручного управления сервоприводом с помощью потенциометра. Отображается ширина импульса сигнала, подаваемого на СП.
- Режим «выносливости» (ED). В этом режиме можно проконтролировать стабильность работы сервопривода проведением многочисленных рабочих циклов в течении продолжительного времени.
- Режим фиксированного положения (FP) - тестирует способность сервопривода останавливаться в трёх заданных (по умолчанию) фиксированных точках.
- Режим «мертвой зоны» (DB) – ручной способ измерения зоны нечувствительности сервопривода.
- Режим скорости (SP) – измеряет скорость поворота качалки сервопривода на 60 градусов.
- Режим Wiper (WP) - режим работы по циклу «стеклоочистителя», диапазон угла отклонения качалки и скорость её перемещения может настраиваться пользователем.
- Режим Pulse Width (PW) - измеряет ширину импульса выходного сигнала приемника.



Рисунок 3 – Сервотестер Turnigy Digital/Analog Servo Tester

Данный анализ дал понять какие параметры должен показывать испытательный стенд, а также для дальнейшего формирования облика испытательного стенда на жесткой станине. Жесткая основа испытательного стенда позволит нам проверить сервопривод под нагрузкой, максимально приближенной к реальной, которую испытывает сервопривод в ходе полета.

УДК 2015.05

И.А. Крупица, А.В. Садовников

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

РАЗРАБОТКА БЕСПИЛОТНОГО КОНВЕРТОПЛАНА НА ИМПЕЛЛЕРНОЙ ТЯГЕ

Конвертоплан - летательный аппарат с поворотными двигателями (как, правило, винтовыми), которые на взлёте и при посадке работают как подъёмные, а в горизонтальном полёте - как тянущие или толкающие; при этом подъёмная сила обеспечивается крылом самолётного типа. Обычно двигатели поворачиваются вместе с винтами, но могут поворачиваться одни лишь винты.

Функционально такая конструкция близка к самолёту вертикального взлёта и посадки (СВВП), но бывает, когда конвертопланы по ошибке относят к винтокрылам, ссылаясь на конструктивные особенности винтов, что является заблуждением, т.к. конвертоплан - это не

винтокрыл. В конвертопланах используются легконагруженные низкооборотные винты, близкие к вертолётным и позволяющие аппарату лететь в вертолётном режиме - при малом угле поворота винтов. Большие винты конвертоплана, сравнимые с размахом крыла, помогают ему при вертикальном взлёте, однако в горизонтальном полёте они становятся менее эффективными по сравнению с винтами меньшего диаметра традиционного самолёта.

Также не стоит путать конвертоплан с поворотной механикой и аэрогибрид с фиксированной механикой (например quadplane - гибрид квадрокоптера и самолета). Все аэрогибриды являются менее эффективным решением по сравнению с конвертопланами, так при сопоставимых размерах и схемах конвертопланы могут превосходить аэрогибриды почти в 10 раз.

Так как основным недостатком конвертоплана являются большие винты, при режиме горизонтального полёта, то их можно попытаться заменить на импеллеры.

Импеллер - лопаточная машина, заключённая в кольцо. Такая конструкция позволяет существенно снизить перетекание воздуха/жидкости на концах лопастей и тем самым снизить потери мощности на индуктивном сопротивлении. Кроме того, кольцо позволяет несколько снизить шумность воздушного винта.

В авиации импеллер, в отличие от вентиляторов, не оборудован входным и/или выходным направляющим аппаратами. Это, с одной стороны, несколько снижает его эффективность, с другой стороны, импеллер меньше весит и занимает меньший объём. На авиационных двигателях лопатки входного направляющего аппарата могут быть выполнены поворотными для регулирования лопаточной машины на разных режимах.

Как пример, можно взять импеллер Stream-Fan 120/700 с двигателем, аккумулятор KEPWORTH RC Lipo 6 S 22,2 V (соединенные последовательно) и регулятор оборотов SYRINGALINN

Характеристики Stream-Fan 120/700:

1) Вес (грамм)	1200
2) Тип двигателя	Импеллер
3) kV	700
4) Макс. количество банок	12S
5) Вес двигателя, гр	865
6) Артикул	10107607
7) Производитель	Hacker Brushless Motors GmbH
8) Двигатель.....	Hacker E60L 1,5D:
9) - количество банок LiPo	10-12S
10)- количество полюсов -	8
11)- EDF(вентилятор импеллера) напряжение под нагрузкой -	11-ти лопастный, собранный и отбалансированный- 37,0 В
12)–ток -	100 А
13)–тяга -	6600 гр
14)– максимальное напряжение под нагрузкой -	44,4 В
15)– максимальный ток -	130 А
16)– максимальная тяга -	8800 гр

Характеристики аккумулятора KEPWORTH RC Lipo 6 S 22,2 V:

- 1) RC LiPo батарея 6 S 22,2 V 16000 mAh 25C
- 2) Бренд: KEPWORTH
- 3) Емкость: 16000 мАч
- 4) Скорость непрерывного разряда: 25C
- 5) Скорость разрыва: 50C
- 6) Напряжение на ячейку: 3,7 В
- 7) Максимальное напряжение на ячейку: 4,2 В
- 8) Напряжение в упаковке: 22,2 в 6S1P
- 9) Максимальное напряжение в упаковке: 25,2 в
- 10) Рекомендуемая скорость зарядки: 1с
- 11) Обновленные детали/аксессуары: класс А

- 12) Сертификат: CE, ROHS, MSDS, UN38.3
- 13) Размер: 185x75x68мм
- 14) Вес: 2060г
- 15) Ток: 130А

Характеристики регулятора оборотов SYRINGALINN 160A ESC:

- 1) Вперед: непрерывный ток 30А/Пиковый ток 160А
- 2) Обратный: непрерывный ток 20А/Пиковый ток 80А
- 3) Диапазон поддержки напряжения: 2 S литиевая батарея (Lipo) или 5-6 никель-металл-гидрид (NiMH) батарея
- 4) Обеспечение постоянной скорости вращения двигателя:
 - 2 литиевые батареи или 6 никель-металлических гидридов
- 5) Защитное напряжение: 6 В (заводской может быть установлен), когда защита от напряжения является эффективной, двигатель дроссельной заслонки будет активирован в течение 3 секунд, чтобы остановить, и дроссельная заслонка может работать снова в течение 3 секунд.
- 6) Температура защиты: 90 градусов Цельсия. Когда температура ESC достигает 90 градусов, ESC прекратит работать полностью до тех пор, пока температура не упадет ниже 90 градусов.

Таким образом, при последовательно соединении аккумуляторов получаем требуемое напряжение для двигателя, при этом общая масса получившегося аккумулятора будет равна 4120г. Масса силовой установки, состоящей из двух импеллеров, будет равна 2400 г. Тяга, создаваемая одним импеллером, при данном регуляторе оборотов может достигать 8800г., таким образом вся силовая установка может создать тягу 17600 г. Исходя из данных обстоятельств, вес планера, создаваемого конвертоплана, его бортового оборудования и целевой нагрузки, исключая вес двигателя и АКБ, должен быть не более 11080 г.

Вывод: так как конвертоплан объединяет в себе возможности вертолѐта и самолѐта, это делает его эффективным для применения в условиях ограниченного пространства для взлѐта и посадки (городских условиях), позволяет применять его как вертолѐтный, или самолѐтный БЛА, в зависимости от решаемых задач и условий боевой обстановки. Конструкция конвертоплана позволяет БЛА действовать в режиме самолѐта и вертолѐта, а применение импеллеров в качестве силовой установки позволит убрать негативный эффект, при горизонтальном полѐте, от винтов большого диаметра, применяемых в конвертоплане для вертикального взлѐта. Также работа импеллеров создаѐт меньший шум, по сравнению с работой винтов, что позволяет увеличить его маскировочные свойства и тем самым возможности выполнения им поставленной задачи.

ЛИТЕРАТУРА

1. Евгений, И.Р. Европейские самолѐты вертикального взлѐта / И.Р. Евгений. – М: Издательство «Астрель», 2000 г.
2. Пядушкин, М. Толкающие пропеллеры и импеллеры [Электронный ресурс] / М. Пядушкин, А. Быстров - Москва. – Режим доступа: <http://ato.ru/kontent/tolkayushchie-propelleri-i-impelleru/>. – Дата доступа: 10.04.2021.

УДК 355.345

И.А. Крупица

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕРМОЭЛЕКТРОГЕНЕРАТОРА ЭНЕРГИИ ДЛЯ ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ

Беспилотная авиация активно внедряется в современную жизнь, и Вооружение Силы не исключение. С каждым днём на вооружение принимаются новые виды беспилотных авиационных комплексов. Что в свою очередь рождает новые проблемы. Одной из таких

проблем является автономность работы расчёта БАК. В настоящее время основную долю беспилотной авиации Беларуси составляют летательные аппараты с электрической силовой установкой, также электроэнергия необходима для работы наземного пункта управления. При выполнении задач расчёт БАК получает энергию от стационарных источников, если расчёт выполняет задачу в полевых условиях, то источником энергии служит дизельный генератор или генератор автомобиля. Особо остро стоит вопрос энергоснабжения для одиночных расчетов выполняющих задачи вдали от основных сил, так как количество топлива ограничено. Решением данной проблемы могут послужить альтернативный источник энергии. Такой как термоэлектрогенератор.

Рассмотрим термоэлектрогенератор на основе элемента Пельтье.

Элемент Пельтье - это термоэлектрический преобразователь, принцип действия которого базируется на эффекте Пельтье - возникновении разности температур при протекании электрического тока. Под данным термином подразумевают термоэлектрическое явление, открытое в 1834 году французским естествоиспытателем Жаном-Шарлем Пельтье. Суть эффекта заключается в выделении или поглощении тепла в зоне, где контактируют разнородные проводники, по которым проходит электрический ток.

В соответствии с классической теорией существует следующее объяснение явления: электрический ток переносит между металлами электроны, которые могут ускорять или замедлять свое движение, в зависимости от контактной разности потенциалов в проводниках, сделанных из различных материалов. Соответственно, при увеличении кинетической энергии, происходит ее превращение в тепловую.

На втором проводнике наблюдается обратный процесс, требующий пополнения энергии, в соответствии с фундаментальным законом физики. Это происходит за счет теплового колебания, что вызывает охлаждение металла, из которого изготовлен второй проводник.

Современные технологии позволяют изготовить полупроводниковые элементы-модули с максимальным термоэлектрическим эффектом.

Устройство и принцип работы

Современные модули представляет собой конструкцию, состоящую из двух пластин-изоляторов (как правило, керамических), с расположенными между ними последовательно соединенными термопарами. С упрощенной схемой такого элемента можно ознакомиться на представленном ниже рисунке (рисунок 1).

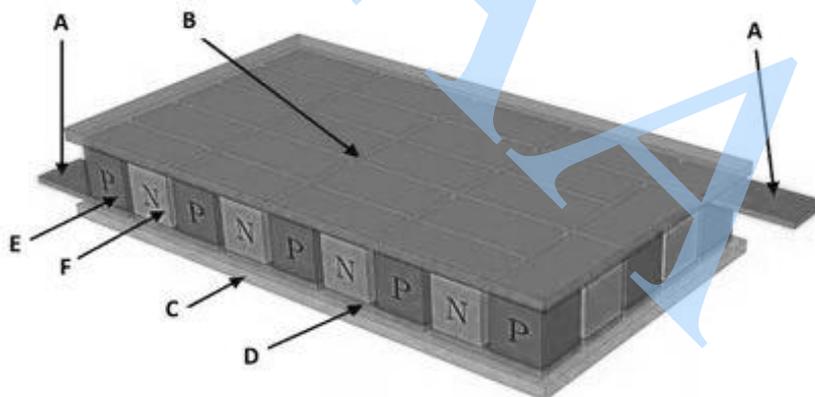


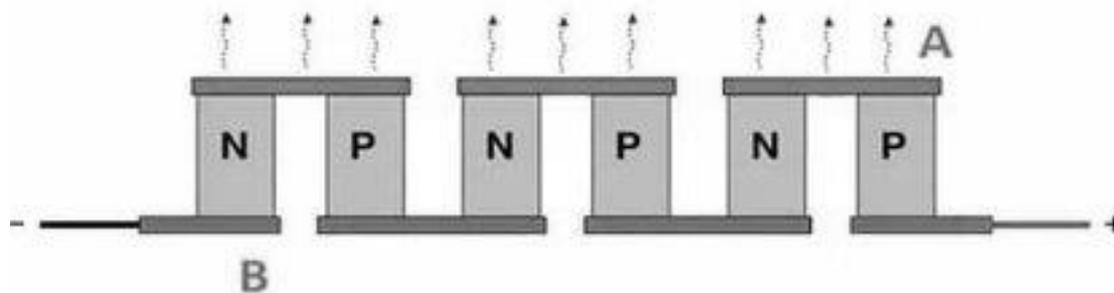
Рисунок 1 – Устройство модульного элемента Пельтье

Обозначения:

- A – контакты для подключения к источнику питания;
- B – горячая поверхность элемента;
- C – холодная сторона;
- D – медные проводники;
- E – полупроводник на основе p-перехода;
- F – полупроводник n-типа.

Конструкция выполнена таким образом, что каждая из сторон модуля контактирует либо p-n, либо n-p переходами (в зависимости от полярности). Контакты p-n нагреваются, n-p –

охлаждаются. Соответственно, возникает разность температур (ΔT) на сторонах элемента. Для наблюдателя этот эффект будет выглядеть, как перенос тепловой энергии между сторонами модуля. Изменение полярности питания приводит к смене горячей и холодной поверхности (рисунок 2).



А – горячая сторона термоэлемента, В – холодная.

Рисунок 2 – Устройство модульного элемента Пельтье

Технические характеристики

Характеристики термоэлектрических модулей описываются следующими параметрами:

- холодопроизводительностью (Q_{max}), эта характеристика определяется на основе максимально допустимого тока и разности температур между сторонами модуля, измеряется в Ваттах;
- максимальным температурным перепадом между сторонами элемента (ΔT_{max}), параметр приводится для идеальных условий, единица измерения — градусы;
- допустимая сила тока, необходимая для обеспечения максимального температурного перепада – I_{max} ;
- максимальным напряжением U_{max} , необходимым для тока I_{max} , чтобы достигнуть пиковой разницы ΔT_{max} ;
- внутренним сопротивлением модуля – Resistance, указывается в Омах;
- коэффициентом эффективности – COP (аббревиатура от английского — coefficient of performance), по сути это КПД устройства, показывающее отношение охлаждающей к потребляемой мощности. У недорогих элементов этот параметр находится в пределах 0,3-0,35, у более дорогих моделей приближается к 0,5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Марков, Д. Что такое элемент Пельтье, его устройство, принцип работы и практическое применение [Электронный ресурс] / Д. Марков. – Москва: НЭБ eLIBRARY, 2015. – Режим доступа: <https://www.asutpp.ru/что-такое-элемент-пелте-и-его-применение.html>. – Дата доступа: 10.04.2021.
2. Перышкин, А.В. Физика 8 класс / А.В. Перышкин, Н.А. Родина. - Москва: Просвещение, 1989.
3. Аксенович, Л.А. Физика. / Под ред. Н.Н. Ракиной. Издание 4-е исправл. – Мн.: Дизайн ПРО, 2001. – 640 с.

ИМИТАЦИОННАЯ МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОТЕРЬ МОЩНОСТИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПРИ ПОЛЕТЕ В ТУРБУЛЕНТНОЙ АТМОСФЕРЕ

Относительные средние затраты мощности на преодоление силы дополнительного сопротивления при движении беспилотного летательного аппарата (далее – БЛА) в турбулентной атмосфере равны:

$$\delta N = \frac{\hat{N}_2}{\hat{N}_n} = \frac{C_y^a \sigma_a^2}{(C_{x0} + C_y^a \alpha_0^2) + C_y^a \sigma_a^2} = \frac{K \sigma_a^2}{1 + K \sigma_a^2}, \quad (1)$$

где $K = \frac{C_y^a}{C_{x0} + C_y^a \alpha_0^2}$.

Относительные средние потери мощности, обусловленные турбулентностью атмосферы, зависят от дисперсии флуктуаций угла атаки, а также от отношения производной коэффициента подъемной силы и коэффициента лобового сопротивления БЛА.

Значения средних относительных затрат мощности двигателя δN на преодоление дополнительного сопротивления, обусловленного флуктуациями угла атаки, от СКО флуктуаций, полученные в результате расчета по формуле (1), представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Относительные средние потери мощности

$\sigma_a, \text{рад}$	$\delta N, \%$ ($K = 5$)	$\delta N, \%$ ($K = 6$)	$\delta N, \%$ ($K = 7$)	$\delta N, \%$ ($K = 8$)	$\delta N, \%$ ($K = 9$)	$\delta N, \%$ ($K = 10$)
0,017	0,15	0,18	0,21	0,24	0,26	0,31
0,035	0,61	0,73	0,85	0,97	1,09	1,21
0,052	1,34	1,61	1,87	2,13	2,39	2,65
0,07	2,39	2,86	3,32	3,77	4,22	4,67
0,087	3,68	4,38	5,07	5,76	6,43	7,09

В качестве имитационной математической модели пространственного движения БЛА использовалась модель, рассмотренная в работе [2]. В качестве модели турбулентной атмосферы использовалась модель, рассмотренная в работе [1]. Моделировался полет БЛА со скоростью $V = 30$ м/с на высоте 300 м.

Структурная схема блока вычисления относительных затрат мощности двигателя БЛА на преодоление составляющей силы лобового сопротивления, обусловленной флуктуациями угла атаки, представлена на рисунке 1. На рисунке 1 обозначены: m – масса БЛА, q – скоростной напор, ρ – плотность воздуха на высоте полета, S – характерная площадь БЛА.

Входными величинами блока являются значения регулярной α_0 и флуктуационной α_ϕ составляющих угла атаки. Указанные значения составляющих угла атаки определяются в модели полета БЛА, представленной в работе [2].

В блоке вычисления дополнительных затрат мощности при движении БЛА в турбулентной атмосфере параллельно определяется мощность N_1 , затрачиваемая двигателем при отсутствии флуктуаций угла атаки, и мощность N_n , затрачиваемая при угловых флуктуациях. Мощность рассчитывается с учетом равенства тяги двигателя и силы лобового сопротивления ($T = X$) в установившемся режиме. Учет инерционности двигателя путем введения апериодического звена с постоянной времени $T_{дв}$ приводит к тому, что в динамике при изменениях силы лобового

сопротивления возникают флуктуации тяги ΔT . Флуктуации тяги двигателя приводят к возникновению флуктуаций скорости.

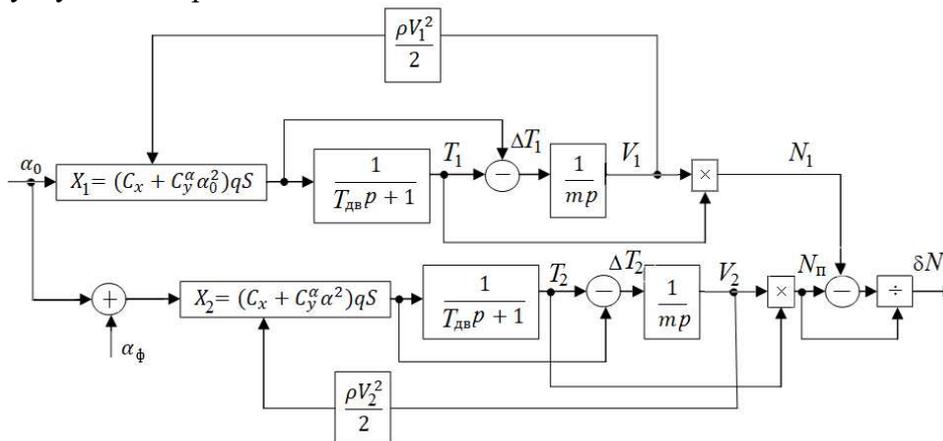


Рисунок 1 – Структурная схема блока вычисления относительных потерь мощности

Мощность двигателя вычисляется в соответствии с соотношением:

$$N_{эф} = TV, \quad (2)$$

где T – сила тяги винта, V – скорость полета БЛА.

На рисунке 2 представлены графики изменения затрат мощности двигателя БЛА, полученные в результате моделирования.

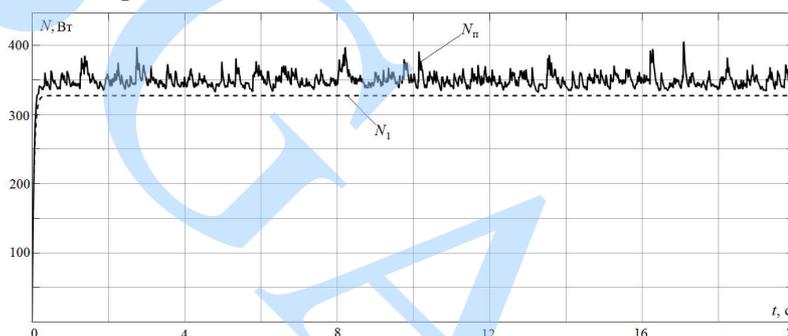


Рисунок 2 – Графики затрат мощности двигателя, полученные путем компьютерного моделирования

Графики зависимости относительного значения средних потерь мощности при движении БЛА в турбулентной атмосфере от СКО флуктуаций угла атаки для различных значений коэффициента K представлены на рисунке 3.

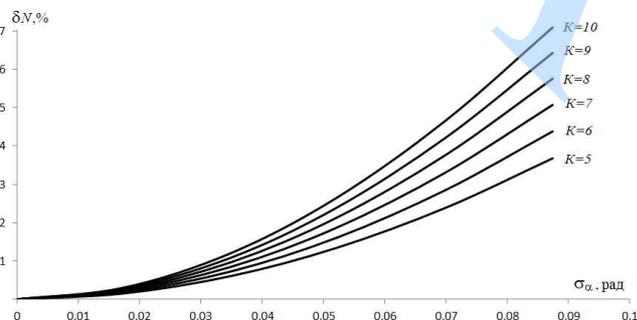


Рисунок 3 – Графики изменения относительного значения средних потерь мощности при движении БЛА в турбулентной атмосфере

Значения средних относительных затрат мощности двигателя δN от СКО флуктуаций пространственного угла атаки, полученные в результате моделирования, представлены в таблице

2. Представленные в таблице 2 результаты соответствуют значению коэффициента $K = 9$, которое использовано в модели полета БЛА.

Таблица 2 – Относительные средние потери мощности, полученные при моделировании

σ_α , рад	0,017	0,035	0,052	0,07	0,087
$\delta N\% (K = 9)$	0,32	0,96	2,82	4,62	6,43

Из результатов, представленных на рисунке 3 и в таблицах 1 и 2, видно, что значение относительных средних потерь мощности двигателя БЛА, затраченных на преодоление дополнительной силы лобового сопротивления, обусловленной флуктуациями угла атаки, увеличивается при увеличении дисперсии угловых флуктуаций и коэффициента K . В свою очередь, коэффициент K прямо пропорционален коэффициенту аэродинамического качества БЛА. Сравнение результатов аналитического расчета и численного моделирования показывает хорошее их совпадение (средняя величина относительной погрешности не превышает 11%).

Выводы

1. Разработанная аналитическая методика позволяет получить приближенную оценку относительного значения дополнительных затрат мощности двигателя БЛА на преодоление силы лобового сопротивления, обусловленной флуктуациями угла атаки.

2. Относительные затраты мощности двигателя БЛА на преодоление дополнительной силы лобового сопротивления зависят от отношения производной коэффициента подъемной силы и коэффициента лобового сопротивления БЛА, а также от СКО угловых флуктуаций угла атаки. Для значения СКО $\sigma_\alpha = 0,087$ рад и $K = 10$ относительные затраты превышают 7%.

3. Величины дополнительных относительных затрат мощности двигателя БЛА, полученные путем компьютерного моделирования, практически полностью совпадают с аналогичными результатами аналитических расчетов.

4. Методика оценки затрат мощности БЛА при полете в турбулентной атмосфере может быть использована в дальнейшем для оценки влияния динамических характеристик контуров угловой стабилизации БЛА на такие показатели как дальность и продолжительность полета БЛА.

ЛИТЕРАТУРА

1. Санько, А.А. Влияние ветра на систему угловой стабилизации беспилотного летательного аппарата / А.А. Санько, И.В. Рожков, А.А. Шейников // *Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык*. 2019, № 1. – Иркутск: 2019. С. 11-17.

2. Рожков, И.В. Преобразование математической модели пространственного движения БЛА для решения задач анализа и синтеза контуров стабилизации и управления / В.А. Малкин, И.В. Рожков. Вест. ВАРБ №1. – Мн.: ВА РБ, 2018. С. 46 – 55.

УДК 621.396.934

И.В. Рожков, м.т.н., Д.А. Дьяков, к.и.н., доцент

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

МЕТОДИКА СИНТЕЗА ИНВАРИАНТНОГО К ПАРАМЕТРИЧЕСКИМ И ВНЕШНИМ ВОЗМУЩЕНИЯМ КОНТУРА УГЛОВОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА ПО УГЛУ ТАНГАЖА

Важную роль в обеспечении управляемого полета беспилотного летательного аппарата (БЛА) играет система угловой стабилизации.

Для многих систем управления БЛА характерна большая неопределенность условий их

работы, обусловленная изменением параметров объекта управления, а также внешних возмущений, действующих на БЛА.

В настоящее время контуры стабилизации большинства известных типов САУ строятся на основе PID – регуляторов. Такие регуляторы имеют простую структуру и позволяют получать приемлемое качество процессов регулирования для номинальных параметров объекта управления. Не стационарность объекта управления может привести к недопустимому снижению качества регулирования в контурах стабилизации, а в некоторых случаях и к потере их устойчивости.

Для беспилотных летательных аппаратов рациональным является использование инвариантных систем автоматической стабилизации.

Получена структурная схема (рисунок 1) оптимальной системы угловой стабилизации БЛА по каналу тангажа в пространстве состояний, основанная на концепции обратных задач динамики (ОЗД) и вектор управления в виде обратной связи [3]:

$$U = PB^T L^T \left[\int (A_y \hat{X} + A^0 Y^0) dt - \hat{X} \right], \tag{1}$$

где: P, L – диагональные матрицы весовых коэффициентов; B, A^0 – матрицы постоянных коэффициентов; A_y – матрица эталонной модели; Y^0 – вектор, определяющий вынужденное движение эталонной модели; \hat{X} – условное математическое ожидание вектора состояния.

Степень близости фазовых траекторий объекта управления и эталонной модели характеризуется вектором Δ рассогласования их фазовых скоростей:

$$\Delta = \dot{Y} - \dot{X}. \tag{2}$$

В качестве критерия оптимальности принимается квадратичная форма:

$$G(U) = \frac{1}{2} \Delta^T L \Delta, \tag{3}$$

где L – диагональная матрица весовых коэффициентов размерности $n \times n$.

В соответствии с теоремой разделения [1, 2] задача оптимального управления системой стабилизации для линейной модели объекта управления (ОУ) распадается на две подзадачи: задачу построения оптимальной оценки вектора состояния системы (фильтр Калмана) и задачу синтеза оптимального регулятора, реализующего закон управления в форме (1).

Для частного случая, когда ОУ представляет собой детерминированную систему второго порядка, структурная схема контура угловой стабилизации полностью соответствует структуре, изображенной на рисунке 2.

Предполагается, что наибольшие изменения могут претерпевать параметры БЛА K_a, T_a, ξ_a .

Графики переходных процессов при обработке единичного ступенчатого воздействия при вариации параметров БЛА представлены на рисунках 3 – 6.

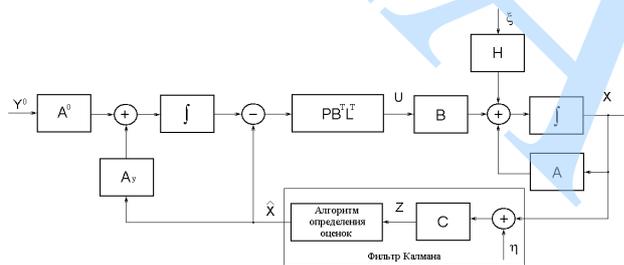


Рисунок 1 – Структурная схема контура стабилизации по каналу тангажа:

A, B, H – матрицы постоянных коэффициентов соответствующей размерности, U – m -мерный вектор управления; ξ – n -мерный вектор белого шума с известной матрицей интенсивностей; C – матрица размерности $n \times r$, определяющая измеряемые координаты; Z – r -мерный вектор измерений; ξ – r -мерный вектор шума измерений с известной матрицей интенсивностей

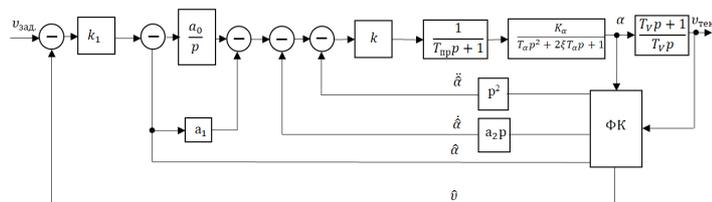


Рисунок 2 – Структурная схема инвариантного контура угловой стабилизации по каналу тангажа:

K_α – коэффициент передачи в канале тангажа; T_V – аэродинамическая постоянная времени БЛА; $K_\alpha, T_\alpha, \xi_\alpha$ – коэффициент передачи, постоянная времени и коэффициент демпфирования по углу атаки

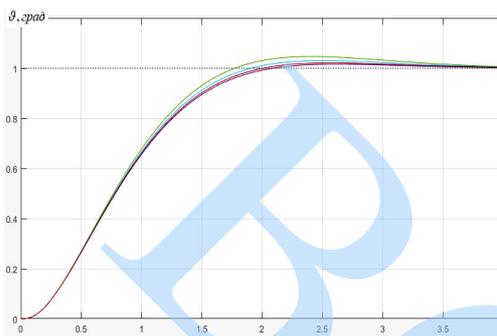


Рисунок 3 – Переходный процесс при обработке единичного ступенчатого воздействия и вариации параметров БЛА (инвариантный регулятор)

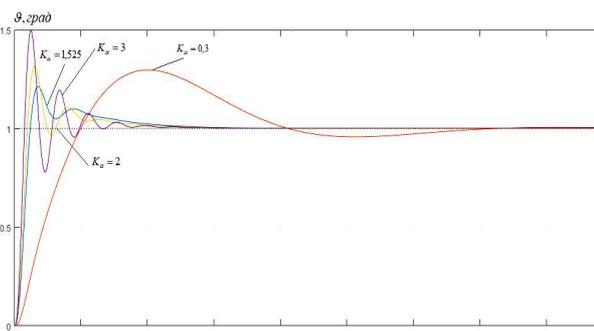


Рисунок 4 – Переходный процесс при отработке единичного ступенчатого воздействия при изменении коэффициента K_α (PID – регулятор)

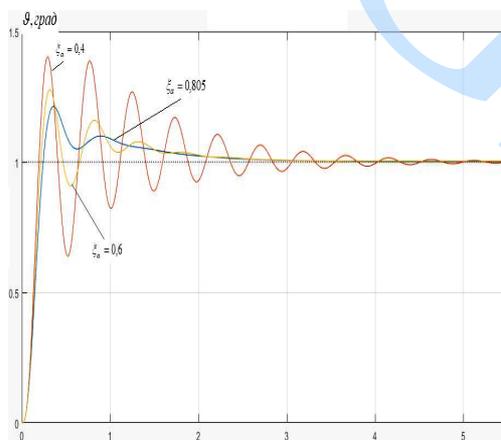


Рисунок 5 – Переходный процесс при отработке единичного ступенчатого воздействия при изменении коэффициента ξ_α (PID – регулятор)

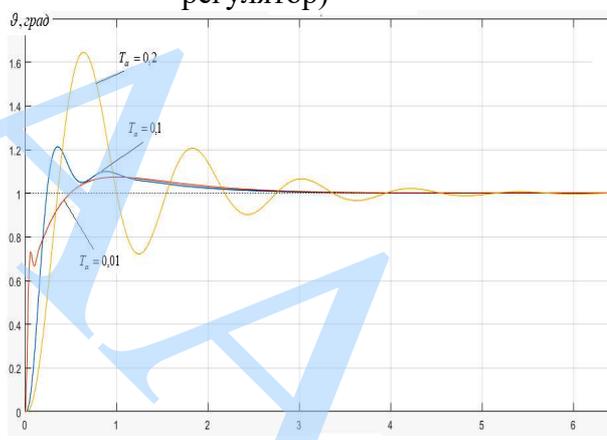


Рисунок 6 – Переходный процесс при отработке единичного ступенчатого воздействия при изменении коэффициента T_α (PID – регулятор)

Из графиков, представленных на рисунке 3 видно, что для синтезированного инвариантного регулятора для номинальных значений параметров БЛА динамические характеристики переходного процесса имеют следующие значения: $T_{III}=2,6$ с, $\sigma = 1,6\%$. При вариации параметров БЛА графики переходных процессов практически не отличаются от графика для номинальных значений.

Выводы:

1. Постоянное входное воздействие обрабатывается контуром стабилизации по тангажу с предлагаемой структурой и параметрами регулятора без статической ошибки.

2. Качество переходного процесса в контуре стабилизации с предлагаемой схемой регулятора остается высоким ($T_{\text{III}}=2,6$ с, $\sigma = 1,6\%$) при вариациях параметров объекта управления в диапазоне: T_{α} от 30% до 300% от номинального значения; K_{α} от 30% до 500% от номинала; ξ_{α} от 10% до 500% от номинала. Для классического PID -регулятора качество переходного процесса существенно ухудшается при вариации параметров на величину $\pm 30\div 50\%$ от номинальных значений.

3. Синтезированная система может быть отнесена к типу параметрических инвариантных компенсационных систем с эталонной моделью в прямой цепи регулятора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аоки, М. Оптимизация стохастических систем / М. Аоки. – М. : Наука, 1971. – 424 с.
2. Брайсон, А. Прикладная теория оптимального управления. Оптимизация, оценка и управления / А. Брайсон, Хо Ю-Ши. – М. : Мир, 1972. – 544 с.
3. Крутько П.Д. Обратные задачи динамики в теории автоматического управления. Цикл лекций. – М.: Машиностроение, 2004. – 576 с.
4. Микросистемы ориентации беспилотных летательных аппаратов / под ред. В. Я. Распопова. – М. : Машиностроение, 2011. – 184 с.
5. Рожков, И.В. Преобразование математической модели пространственного движения БЛА для решения задач анализа и синтеза контуров стабилизации и управления / В.А. Малкин, И.В. Рожков // Вестник Военной академии Республики Беларусь. - №4. – Минск, 2018. – С. 46-55.

УДК 623.746-519

К. М. Москвин, В.Ч. Степуль, В.Д. Твердый

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

МОДИФИКАЦИЯ ДЕРЕВЯННЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ ПЛАНЕРА НА ПРИМЕРЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА «МОСКИТ»

Беспилотный летательный аппарат (далее – БЛА) «Москит» выполнен по аэродинамической схеме «летающее крыло» [1]. В носовой части БЛА установлена силовая установка с тянущим воздушным винтом. Планер предназначен для размещения бортового оборудования и обеспечения полета БЛА. На планере установлены элевоны, обеспечивающие управление БЛА в полете. Управляющие воздействия на элевоны передаются от электрических рулевых машинок. Концевые части консоли крыла заканчиваются съемными законцовками, которые служат для улучшения путевой устойчивости и размещения бортовых антенн. В носовой части планера устанавливается силовая установка с тянущим винтом, а в нижней части съемный модуль оптико-электронной системы (рисунок 1.).



Рисунок 1 – Конструкция планера БЛА «Москит»

Силовые нервюры конструкции планера выполняют из композитных материалов или древесины (в частности фанеры). В качестве материала элементов конструкции БЛА применяются изделия из: бальсы, липы, сосны, березы и других древесных пород. Древесина проста в использовании, но и обладает рядом недостатков: анизотропия строения древесины, подверженность гниванию и поражению насекомыми, изменение физико-механических

характеристик под воздействием внешних факторов (влаги, температура), усушка, разбухание, коробление и растрескивание под действием атмосферных воздействий.

В связи с этим, предлагается модификация деревянных элементов конструкции БЛА магнитно-импульсным воздействием [2]. Стоит учесть, что древесина является магнитнонечувствительным материалом, и характер процессов магнитно-импульсной обработки (далее – МИО) отличен от процессов МИО магнетиков. Воздействие на образцы из древесины относительно слабыми импульсными магнитными полями позволяет в результате получить материал, не уступающий по механическим свойствам металлическим образцам. Было обнаружено существенное дополнительное упрочнение образцов модифицированной древесины (далее — МД). Импульсное магнитное поле (далее – ИМП) создавалось периодическим разрядом батареи конденсаторов через низкоиндуктивный соленоид и контролировалось по току заряда в цепи соленоида и по напряжению индукции на тестовой катушке индуктивности. Анализ результатов эксперимента позволил сделать предположение о том, что воздействие ИМП может вызвать изменение спинового состояния электронов разорванных связей, стимулируя возникновение новых связей между соседними макромолекулами целлюлозы и, как следствие, заметное уменьшение подвижности молекулярных цепей именно в торцевом направлении. Также исследования спектров образцов МД подтвердили, что ИМП воздействие действительно приводит к сшиванию полимерных цепей целлюлозы МД, а исследования ИК – спектров образцов МД подтвердили, что ИМП – воздействие действительно приводит к подобному сшиванию. Результаты этих исследований, как и обнаруженные в последние годы эффекты стимулированного слабыми магнитными полями изменения структуры и механических свойств целого ряда немагнитных материалов, не находят объяснения с точки зрения классической термодинамики. Нами был предложен механизм упрочнения образцов МД, в основе которого лежат представления об образовании после ИМП – воздействия новых ковалентных связей типа С-О-С между макромолекулами целлюлозы. Линейная макромолекула целлюлозы состоит из большого числа глюкозных единиц, связанных между собой силами главных химических валентностей – глюкозидными связями. В результате уплотнения образцов МД боковые (наиболее реакционно-способные) гидроксильные группы $-CH_2OH$ и $-OH$ соседних макромолекул целлюлозы сближаются и находятся в замкнутом пространстве между переплетенными макромолекулами. Анализ взаимного расположения этих групп позволяет сделать предположение о возможности реакции замещения, которая привела бы к появлению связи С-О-С между макромолекулами целлюлозы при условии, что связи между гидроксильными группами и атомами углерода разорваны в процессе модифицирования образцов с образованием радикалов.

Для образовавшихся в результате обработки древесины радикалов можно отметить три важных этапа: их рождение при диссоциации молекул, эволюция заселенностей магнитных состояний радикалов за время их жизни и их исчезновение в реакциях рекомбинации или переноса атомов. Находясь в замкнутом пространстве (между переплетенными молекулами целлюлозы), радикалы могут рекомбинировать, образуя старые пары или создавать новые связи. При этом вероятность создания новой связи будет прямо пропорциональна вероятности нерекомбинации старой. Рекомбинация радикальной пары разрешена только в том случае, когда взаимная ориентация неспаренных электронов отвечает синглетному состоянию, и запрещена для триплетного состояния. Следовательно, увеличение заселенности триплетных уровней увеличивает вероятность нерекомбинации прежней радикальной пары и невозникновения новой. Магнитное поле приводит к снятию вырождения энергетических состояний, то есть возникает возможность перехода между триплетным и синглетным состояниями неспаренных электронов в радикалах.

В таких сложных системах как древесина предсказать значение величины минимальной индукции магнитного поля, при которой может произойти образование новой радикальной пары, практически невозможно, однако при использовании импульсного магнитного поля образец как бы находится в постоянных полях разных амплитуд одновременно (происходит сканирование по всем значениям индукции от нулевого до амплитудного значения).

Выводы: 1. В результате модифицирования древесины ультразвуком с последующим трехсторонним уплотнением и обработкой импульсным магнитным полем можно создать

материал, не уступающий по прочности металлическим образцам. 2. Воздействие ИМП на образцы МД индуцирует процесс затухания перпендикулярных к В0 компонент намагниченности спинов в радикальных парах боковых групп макромолекул целлюлозы (поперечная или фазовая релаксация), что приводит к увеличению вероятности образования и рекомбинации радикальной пары, способной привести к возникновению поперечной связи С-О-С между макромолекулами целлюлозы. 3. Стимулированное ИМП – воздействием образование поперечных связей между макромолекулами целлюлозы, является причиной дополнительного увеличения торцевой твердости образцов модифицированной древесины. 4. Вследствие структурных особенностей древесины для максимального ее упрочнения следует во время магнитного воздействия ориентировать древесные волокна параллельно силовым линиям поля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Летная эксплуатация беспилотного летательного аппарата «Москит»: пособие / сост.: Д.А. Сахарук [и др.], – Минск: БГАА, 2020. – 92 с.
2. Постников, В.В. Физика процесса получения древесины с прочностью стали / В.В. Постников, Н. С. Камалова // Лесотехн. журн. — 2015. — № 1. — С. 160—177.

УДК 421.6

В.А. Лурье, А.В. Михалёв

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ И БОЕВОГО ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ АВИАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСОВ АРМИИ США

С развитием разведывательных и ударных беспилотных летательных аппаратов (БЛА) изменился ход боевых действий в локальных конфликтах. Военные конфликты в Ираке, Сирии, Ливии, Йемене продемонстрировали растущую роль БЛА и расширение возможностей их влияния на ход боевых действий. Практика применения БЛА показала, что при грамотном применении БЛА в связке с системами РЭБ и стандартными средствами огневого поражения можно достигать серьезных оперативных результатов.

Исследование нового облика военно-воздушных сил США начались 2020 году. На основе новых требований предъявляемых к боевым действиям пересматривается стратегия и тактика применения авиации. Взят курс на модернизацию самолетов пятого поколения до уровня 5++ и разработку самолетов шестого поколения. Особую роль в стратегии применения авиации уделяют беспилотным авиационным комплексам (БАК). Перед научными центрами и авиационной промышленностью США поставлена задача развития стратегической и тактической беспилотной авиации, встраивания функций беспилотного управления самолетами шестого поколения.

Основные задачи в развитии БАК стратегического назначения ставятся:

- сокращение подлетного времени беспилотных летательных аппаратов до целей противника;
- возможность нанесения БАК ядерных ударов;
- выход БЛА на околоземную орбиту;
- совершенствование системы управления БАК и их взаимодействие с боевой авиацией.

На данный момент подлетное время стратегической авиации США для нанесения ядерных ударов 2 часа, а баллистических ракет с баз США 25-30 минут. Сокращение подлетного времени на 15 минут увеличит преимущество перед противником в нанесении ядерных ударов, а, следовательно, снизит вероятность нанесения ответного удара. В основу разработки стратегического БЛА взято:

преодоление им гиперзвуковой скорости, чего невозможно достичь боевой авиацией под управлением человека.

возможность возврата БЛА после нанесения ударов в пункт дислокации, что удешевляет и делает БЛА многоразового использования;

выход на околоземную орбиту для временного выполнения функций спутников, выведенных противником из строя.

Взлет БЛА будет осуществляться с самолетов-носителей таких как Б-52. Гиперзвуковой скорости БЛА может достичь за счет разработки на основе ракетного двигателя и встраивание его в БЛА

На разработку в период 2020-2030 годов стратегического БАК выделено правительством США 2 млрд. долларов. Планируется, что первый прототип стратегического БЛА уже в 2025 году будет проходить летные испытания. В разработку уже активно включились такие авиационные гиганты как «Боинг», «Дженерал Дайнэмикс», «Грумман», «Локхид», «Макдоннелл-Дуглас», «Нортроп» и «Рокуэлл».

БЛА тактического сейчас разделяются на ударные и разведывательные, в перспективе их планируется разделить по образу боевой авиации.

Ударные БЛА будут разделять на классы БЛА-разведчик, БЛА – истребитель, БЛА-штурмовик, БЛА – бомбардировщик.

БЛА тактического звена показали свою эффективность практически во всех современных локальных конфликтах. С учетом опыта их применения можно сделать вывод, что, не прибегая к использованию наземных сил, использование БЛА способствует росту потерь противника еще до огневого контакта с ним. БЛА позволяют существенно снизить как наступательные, так и оборонительные возможности противника. Таким образом, в условиях развития беспилотной авиации во всем мире очень важно развивать в нашей стране все виды БПЛА, не ограничиваясь на каком-либо одном виде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Перспективы развития БЛА в странах блока НАТО [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://bmpd.com/258580.html>. – Дата доступа: 10.04.2021.

2. БПЛА США и их перспективы развития [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://cassad.livejournal.com/6240026.html>. – Дата доступа: 10.04.2021.

УДК 355.354

М.В. Василевский, М.А. Полторан, К.Е. Рогачевский

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

КАК РАБОТАЮТ УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЕ КАМЕРЫ

Эти устройства создают изображение на основе собранного ЭМ излучения, а именно ультрафиолетовую компоненту на длинах волн 320-400 нм. Чтобы преобразовать фотоаппарат к восприятию УФ излучения, потребуется специальный фильтр. При фотографировании существует два основных способа сделать это: Отраженная УФ-фотография. Перед объективом обычно помещается специальный полосовой фильтр, который пропускает УФ-лучи, поглощая или блокируя видимый и ИК свет. Фотосъемка в отраженном свете включает в себя освещение объекта непосредственно лампами, излучающими ультрафиолет, или с использованием мощного естественного солнечного света. Обычно этого источника достаточно. УФ-индуцированная флуоресценция: применяется то же освещение, что и в отраженной УФ-фотографии, кроме того, что на линзу обычно наносится стеклянный барьерный фильтр, который поглощает или блокирует УФ лучи, чтобы пропустить видимый поток света.

Особенности визуализации УФ диапазона

Как известно основным источником ультрафиолетового излучения в земной атмосфере служит солнечная радиация, также естественным источником УФ излучения являются молнии. Однако в техногенной среде источников излучения УФ диапазона гораздо больше. Это и вспышки выстрелов, и сопла стартующих ракет, и коронные разряды, а также многое другое. УФ излучение традиционно подразделяется на три поддиапазона: ближний УФ (0,32 - 0,38мкм), средний УФ

(0,28 – 0,32мкм) и дальний УФ (1-0,28мкм), но фотоприёмные устройства, работающие в УФ спектре, как правило, классифицируются по иному принципу, они делятся на те, которые не чувствительны к солнечному излучению (т.н. «солнечно-слепые» с фоточувствительностью до 0,28мкм) и на имеющие чувствительность в диапазоне выше 0,38мкм (т.н. «видимо-слепые», т.к. они не различают видимые объекты). Долгое время эта особенность обуславливала многие ограничения в применении ультрафиолетовых камер, однако с появлением видеоматриц, изготовленных по технологии BSI CMOS (КМОП с обратной засветкой) возникла возможность производства мультиспектральных видеокамер, которые способны объединять в одном изображении сразу три диапазона: УФ, видимый спектр и ближний ИК, что позволяет значительно расширить рамки применения ультрафиолетовых оптико-электронных устройств.

Особенности применения ультрафиолетовых камер в условиях боевых действий.

Современный камуфляж это больше, чем ткань, раскрашенная под цвет местности. В настоящее время **военных необходимо надёжно маскировать в инфракрасном спектре**. Но очень немногие знают, что есть ещё один способ обнаружить солдата на местности: с помощью сенсоров, работающих в ультрафиолетовом спектре. В настоящее время компактные инфракрасные сенсоры довольно широко распространены в армиях развитых стран. Тем не менее, американская военная униформа изготавливается с применением таких технологий, которые обеспечивают скрытность военнослужащего в ИК-диапазоне. Однако в свободной продаже есть множество приборов, которые позволяют вести наблюдение в ультрафиолетовом спектре (УФ-диапазоне). В интернете можно купить видеокамеру и просто переделать её для съёмки в режиме реального времени в ближнем ультрафиолетовом спектре **с длиной волны от 330 до 1250 нм**. В такой камере солдат в камуфляже будет выглядеть ярким синим пятном, которое можно легко обнаружить **с расстояния минимум 100 м**. А также минусом инфракрасного излучения является еще один фактор, так называемый «Тепловая маскировка» в нее входит: спасательные одеяла (так называемые космические одеяла) изготовленные из майлара не пропускают инфракрасное излучение. Ночью можно надеть спасательное одеяло как пончо, это помогает военнослужащим спрятаться от обнаружения инфракрасной камерой. В жаркую погоду, когда температура воздуха 36°-40°С, инфракрасная камера не может различить человека. В жаркую погоду, также следует прятаться в тепловой тени нагретых предметов (камней, стен зданий и т.д.) В холодную погоду толстый ватный бушлат или старая советская шинель значительно снижают тепловое излучение тела. Ультрафиолетовая разведка" максимально эффективна в Арктике, где УФ-лучи особенно яркие. Также количество ультрафиолета увеличивается в сумерках на рассвете, в пасмурные дни и в таких условиях простые УФ-видеокамеры иногда могут быть даже более полезны, чем тепловизоры. Возможности ультрафиолетовых сенсоров должны приниматься во внимание при маскировке личного состава, техники и оборудования. Ближний ультрафиолетовый спектр, прежде всего 320-400 нм, имеет удивительную способность отображать детали объекта даже на большом расстоянии. Модифицированная цифровая зеркальная камера с 400-мм объективом может обнаружить одетых в камуфляж солдат на расстоянии километра. Используя такие УФ-фото- или видеокамеры, можно быстро изучить горную долину с высоты и вызвать огонь по целям, которые считают себя хорошо замаскированными. Известно, что УФ-камеры представляют значительную угрозу в заснеженных районах, поскольку снег отражает УФ-лучи лучше, чем большинство белых красок и антропогенных объектов. Системы фотографической разведки с простыми УФ-фильтрами могут легко выделить военные цели в виде темных пятен на заснеженной поверхности. Мало кто знает, но в густой листве УФ-камера тоже весьма полезный инструмент. Дело в том, что зеленая листва поглощает ультрафиолетовый свет, отражая всего 7% процентов излучения, в то время как большинство моделей камуфляжа отражают гораздо больше ультрафиолета. Песок в зависимости от содержания кремния отражает всего лишь около 3% УФ-лучей, в то время как многие желтовато-коричневые и серые камуфляжные ткани - до 50% и больше. Например, знаменитый костюм гилли, который используют американские снайперы, скрывает бойца в видимом свете так, что противник может буквально наступить снайперу на голову, однако в УФ-диапазоне гилли отлично виден.

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ СМЕЩЕНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЯ,
ФОРМИРУЕМОГО НА МБЛА ПРИ НАВЕДЕНИИ НА ЦЕЛЬ В УСЛОВИЯХ
ТУРБУЛЕНТНОСТИ АТМОСФЕРЫ И РАЗРЯЖЕННОЙ ФОНОЦЕЛЕВОЙ ОБСТАНОВКИ**

Опыт ведения боевых действий в Сирии, Ливии и на востоке Украины показывает, что наиболее широкое распространение в ходе вооруженных конфликтов получил новый тип управляемых авиационных средств поражения – барражирующий авиационный боеприпас. Данный тип управляемых авиационных средств проектируется на базе относительно дешевых малогабаритных беспилотных летательных аппаратов (МБЛА).

Основными преимуществами МБЛА, типа барражирующий авиационный боеприпас, является скрытность и мобильность, что позволяет, оставаясь незамеченным, осуществлять поиск и поражение [1] целей:

- средств связи, радиоэлектронной разведки и борьбы;
- средств огневого поражения, объектов тыла и другой легкобронированной техники.

Обсуждая боевую эффективность МБЛА следует иметь в виду возможное влияние ветра (турбулентности атмосферы), которое приводит к хаотическому смещению оптической оси и увеличению вероятности выхода объекта наблюдения на цифровой матрице за пределы строка слежения. Как показано в статье [2], уменьшение влияния турбулентности атмосферы на бортовую оптико-электронную систему (ОЭС) в условиях высокой плотности контрастных объектов (насыщенной фоноцелевой обстановке) возможно осуществить с помощью существующих методов стабилизации. Однако эффективность методов стабилизации напрямую зависит от достоверности методов оценки, эффективность которых при разряженной фоноцелевой обстановке значительно снижается и приводит к дополнительным ошибкам смещения изображения. Снижение эффективности методов оценки обусловлено недостаточным количеством контрастных объектов на изображении, и как результат невозможности оценить смещение и вращение изображения относительно этих объектов.

Повысить эффективность методов оценки при разряженной фоноцелевой обстановке весьма затруднительно, ввиду отсутствия воздействия на саму фоноцелевую обстановку, а повышение контрастности изображения не приводит к желаемому результату. В таких условиях возможно попытаться увеличить количество контрастных объектов путем увеличения детализации изображения или самого изображения. Увеличение изображения возможно осуществить путем изменения фокусного расстояния бортовой ОЭС или высоты полета МБЛА. Однако если для выполнения задачи разведки высота полета МБЛА изменяется относительно плавно, то при наведении она характеризуется резким уменьшением.

Таким образом, в разработанной методике определения смещения изображений предлагается выставлять определенные веса векторам оценки изображения, которые изменяются в зависимости от масштабирования изображения и количества контрастных объектов на изображении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дрон против танка и летающий камикадзе. Чем Израиль и Турция вооружили Азербайджан. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://life.ru/p/1348091>. – Дата доступа: 14.05.2021.
2. Ковриго, О.В. Сравнительный анализ методов оценки смещения изображения, формируемого на малогабаритном беспилотном летательном аппарате в условиях турбулентности атмосферы / О. В. Ковриго, А. В. Шарамет // Вестник ВА РБ. – 2020. – № 4. – С. 78-89.

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ БЛИЖНЕГО ДЕЙСТВИЯ В УСЛОВИЯХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

В настоящее время развитие беспилотных летательных аппаратов (БЛА) рассматривается Вооруженными Силами Республики Беларусь (ВС РБ) как одно из перспективных средств повышения эффективности применения разнородных сил и средств в мирное время, период нарастания военной угрозы и военное время.

Современные БЛА являются роботизированными и компьютеризированными образцами вооружения для ведения неконтактных боевых действий.

В типовой состав систем связи и управления БЛА ближнего действия входят портативная переносная станция управления, автопилот с системой датчиков, бортовой и наземный терминалы передачи данных. Прием разведывательной информации с БЛА ее потребителями, также может осуществляться с помощью мобильных и портативных видеотерминалов.

Проведенный анализ применения БЛА ближнего действия позволил выделить следующие особенности функционирования:

возможность совершать автоматический (автоматизированный) полет при выполнении задач, автономно по заложенной программе, в течении нескольких десятков минут или часов при управлении оператором только взлетом и посадкой;

практическая незаметность для радиолокационных станций в связи с тем, что в основном используются композиционные материалы, состоящие из наполнителя и армирующих элементов в виде волокон; наличие комплекса средств автоматизации для управления БЛА и его полезной нагрузкой по цифровым радиоканалам;

наличие потенциальных уязвимых мест в протоколах передачи данных, специальном и общем программном обеспечении систем управления, передачи данных и навигации БЛА и полезной нагрузки;

наличие возможности перехвата информации из цифровых радиоканалов прямой видимости;

унифицированность программно-аппаратных средств БЛА и использование информационных технологий двойного назначения на основе применения открытых стандартов.

Указанные особенности функционирования БЛА ближнего действия обуславливают наличие потенциальных уязвимостей в контурах управления БЛА.

Под безопасностью информации понимается состояние защищенности информации, при котором обеспечены ее конфиденциальность, доступность и целостность [1].

Под уязвимостью (уязвимым местом) автоматизированных систем в широком смысле понимаются факторы, связанные с недостатками в физическом размещении, организации, процедурах, персонале, управлении, администрировании, аппаратных средствах, программном обеспечении или информации, которые могут использоваться источником угрозы [2].

Под уязвимостями БЛА понимаются точки (места) санкционированного и несанкционированного доступа в цифровых каналах передачи данных и аппаратнопрограммных средствах, через которые могут быть реализованы информационнотехнические воздействия (ИТВ).

Исходя из возможных последствий, основные виды ущерба, наносимого в результате возможных ИТВ:

- утечка разведывательной информации;
- потеря БЛА;

снижение вероятности выполнения задач БЛА в результате искаженной разведывательной информации;

срыв выполнения задач БЛА или увеличение времени на выполнение поставленной задачи БЛА в результате нарушения нормального функционирования системы управления и передачи информации БЛА.

Наличие уязвимых мест в контурах управления БЛА создает предпосылки для реализации на них угроз функционального поражения (интеллектуального вывода из строя). Необходимость парирования угроз функционального поражения БЛА, повышает актуальность решения задач защиты информации БЛА ближнего действия в условиях ИТВ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Защита информации. Основные термины и определения : ГОСТ Р 50922-2006. – Введ. 2008. – Москва : Стандартинформ, 2008.
2. Белый, А.Ф. Модель оценки реального уровня защищенности критически важных информационных сегментов космических систем на основе компьютерных стратегических игр / А.Ф. Белый, С.М. Климов // Ракетная и космическая техника. – 2011. – №1. – С. 156-160.

УДК 623.746 – 519

Т.А. Тищенко, Д.А. Павлов, В.Ю. Алетунович

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ НАСТРОЙКИ ПИД-РЕГУЛЯТОРОВ БЛА

Для настройки ПИД-регуляторов можно использовать и общие методы теории автоматического управления, такие как метод назначения полюсов и алгебраические методы. В литературе опубликовано и множество других методов, которые имеют преимущества в конкретных применениях. Мы рассмотрим самые распространённые из них:

- 1) метод Зинглера - Никольса;
- 2) метод CHR;
- 3) численные методы оптимизации для настройки ПИД-регуляторов;
- 4) метод локализации.

Все аналитические (формульные) методы настройки регуляторов основаны на аппроксимации динамики объекта моделью первого или второго порядка с задержкой. Причиной этого является невозможность аналитического решения систем уравнений, которое необходимо при использовании моделей более высокого порядка. В последние годы в связи с появлением мощных контроллеров и персональных компьютеров получили развитие и распространение численные методы оптимизации. Они являются гибким инструментом для оптимальной настройки параметров регулятора для моделей любой сложности и легко учитывают нелинейности объекта управления и требования к робастности.

1. Настройка параметров регулятора по методу Зиглера – Никольса. Зиглер и Никольс предложили два метода настройки ПИД-регуляторов. Один из них основан на параметрах отклика объекта на единичный скачок, второй – на частотных характеристиках объекта управления.

Для расчёта параметров ПИД-регулятора по первому методу Зиглера-Никольса используются всего два параметра: a (значение первого максимума) и L (транспортная задержка). Формулы для расчёта коэффициентов ПИД-регулятора сведены в табл. 1

Таблица 1 – Формулы для расчёта коэффициентов регулятора по методу Зиглера-Никольса

Регулятор	Расчёт по отклику на скачок			Расчёт по частотным параметрам		
	K_p	K_i	K_d	K_p	K_i	K_d
П	$1/a$	-	-	$0,5/K_{180}$	-	-
ПИ	$0,9/a$	L/K	-	$0,4/K_{180}$	$0,8T_{180}/K$	-
ПИД	$1,2/a$	$0,9 L/K$	$0,5 L/K$	$0,6/K_{180}$	$0,5T_{180}/K$	$0,125T_{180}/K$

Метод Зиглера-Никольса даёт параметры, далёкие от оптимальных. Это объясняется не только упрощённостью самого метода (он использует только 2 параметра для описания объекта), но и тем, что параметры регулятора в этом методе определялись Зиглером и Никольсом, исходя из требования к декременту затухания, равному 4, что и даёт медленное затухание процесса колебаний. Метод Зиглера-Никольса никак не учитывает требования к запасу устойчивости системы, что является вторым его недостатком. Судя по медленному затуханию переходного процесса в системе, этот метод даёт слишком малый запас устойчивости.

Второй метод Зиглера-Никольса (частотный метод) в качестве исходных данных для расчёта использует частоту ω_{180} , на которой сдвиг фаз в разомкнутом контуре достигает 180° , и модуль коэффициента петлевого усиления на этой частоте K_{180} . Зная параметр ω_{180} , сначала находят период собственных колебаний системы, а затем по таблице определяют параметры регулятора. Точность настройки регулятора и недостатки обоих методов Зиглера-Никольса одинаковы.

2. Метод CHR. В отличие от Зиглера и Никольса, которые использовали в качестве критерия качества настройки декремент затухания, равный 4, Chien, Hrones и Reswick (CHR) использовали критерий максимальной скорости нарастания при отсутствии перерегулирования или при наличии не более чем 20-процентного перерегулирования. Такой критерий позволяет получить больший запас устойчивости, чем в методе Зиглера-Никольса.

Метод CHR даёт две разные системы параметров регулятора. Одна из них получена при наблюдении отклика на изменение уставки (табл. 2), вторая при наблюдении отклика на внешние (табл. 3). Какую систему параметров выбирать, зависит от того, что важнее для конкретного регулятора: качество регулирования при изменении уставки или ослабление внешних воздействий. Если же важно и то и другое, то необходимо использовать регуляторы с двумя степенями свободы.

Метод CHR использует аппроксимацию объекта моделью первого порядка с задержкой. В CHR используются те же исходные параметры a и L , что и в методе Зиглера-Никольса. Обратим внимание, что пропорциональный коэффициент в методе CHR меньше, чем в методе Зиглера-Никольса.

Таблица 2 – Формулы для расчёта коэффициентов регулятора по методу CHR, по отклику на изменение уставки

Регулятор	Без перерегулирования			С 20-процентным перерегулированием		
	K_p	K_i	K_d	K_p	K_i	K_d
П	$0,3/a$	-	-	$0,7/a$	-	-
ПИ	$0,35/a$	$1,2 L/K$	-	$0,6/a$	$1,0L/K$	-
ПИД	$0,6/a$	$1,0 L/K$	$0,5 L/K$	$0,95/a$	$1,4L/K$	$0,47L/K$

Таблица 3 – Формулы для расчёта коэффициентов регулятора по методу CHR, по отклику на внешние возмущения

Регулятор	Без перерегулирования			С 20-процентным перерегулированием		
	K_p	K_i	K_d	K_p	K_i	K_d
П	$0,3/a$	-	-	$0,7/a$	-	-
ПИ	$0,6/a$	$4 L/K$	-	$0,7/a$	$2,3L/K$	-
ПИД	$0,95/a$	$2,4 L/K$	$0,42 L/K$	$1,2/a$	$2,0L/K$	$0,42L/K$

3. Численные методы оптимизации для настройки ПИД-регуляторов концептуально очень просты. Выбирается критерий минимизации, в качестве которого может быть один из показателей качества или комплексный критерий, составленный из нескольких показателей с разными весовыми коэффициентами. К критерию добавляются ограничения, накладываемые требованиями робастности. Таким путём получается критериальная функция, зависящая от параметров ПИД-регулятора. Далее используются численные методы минимизации критериальной функции с заданными ограничениями, которые и позволяют найти искомые параметры ПИД-регулятора.

Методы, основанные на оптимизации, имеют следующие достоинства: позволяют получить оптимальные значения параметров, не требующие дальнейшей подстройки; не требуют упрощения модели объекта, модель может быть как угодно сложной; позволяют быстро достичь конечного результата (избежать процедуры длительной подстройки параметров).

Однако реализация данного подхода связана с большими проблемами, которые не один десяток лет являются предметом научных исследований. К этим проблемам относятся: длительность процесса поиска минимума; низкая надёжность метода (во многих случаях вычислительный процесс может расходиться и искомые коэффициенты не будут найдены); низкая скорость поиска минимума для овражных функций и функций с несколькими минимумами.

Тем не менее методы оптимизации являются мощным средством настройки ПИД-регуляторов с помощью специально разработанных для этого компьютерных программ.

4. Метод локализации – является эффективным подходом к синтезу регуляторов для класса нелинейных объектов, функционирующих в условиях действия внешних возмущений. Суть его заключается в использовании для формирования закона управления старшей производной выходной переменной, которая в неявной форме содержит всю информацию об объекте в текущий момент времени. Полученный в результате регулятор обладает свойством «грубости» как по отношению к нелинейным характеристикам объекта, так и к действию внешних возмущающих факторов.

Использование того либо другого метода настройки ПИД-регулятора выбирается исходя из режимов и характеристик систем автоматического управления беспилотных летательных аппаратов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гриднев, Ю.В. Робастный автопилот канала тангажа беспилотного летательного аппарата / Ю.В. Гриднев, А.Г. Иванов // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. – 2017. – № 3. – С. 40 – 43.
2. Земцов, Н.С. Расчет параметров робастного ПИД-регулятора на основе метода локализации / Н.С. Земцов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2013. – том 13. – 152 с.
3. Денисенко, В.В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации / В.В. Денисенко // Современные технологии автоматизации. – 2006. – № 4. – 74 с.
4. Денисенко, В.В. ПИД-регуляторы: вопросы реализации / Денисенко В.В. // Современные технологии автоматизации. – 2008. – № 4. – 86 с.

УДК 623.746 – 519

Т.А. Тищенко, А.А. Пашковский, В.П. Мильто

Военный факультет в учреждении образования «Белорусская государственная академия авиации»

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ ИСПОЛЬЗУЕМЫХ В КАНАЛАХ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БЛА

Задача синтеза систем управления беспилотного летательного аппарата характеризуется сложностью их математических моделей и наличием существенных ограничений и возмущений. К

основным ограничениям можно отнести ограничения, обусловленные нелинейностью элементов сервопривода входящего в состав автопилота, а к возмущениям – наличие некоторой степени параметрической неопределенности в параметрах. В настоящее время, широкое распространение в сложных многосвязных нелинейных робастных системах получили: 1) ПИД-регулятор, 2) линейно-квадратичный гауссовский регулятор (Gaussian-LQG), 3) H_∞ -управление по подходу смешанной чувствительности и ее модификации, 4) управление с учетом внутренней модели (internal-model control-IMC) и т.д.

Рассмотрим основные регуляторы используемые в каналах систем автоматического управления беспилотных летательных аппаратах.

Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор – устройство в управляющем контуре с обратной связью. Используется в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса. ПИД-регулятор формирует управляющий сигнал, являющийся суммой трёх слагаемых, первое из которых пропорционально разности входного сигнала и сигнала обратной связи (сигнал рассогласования), второе – интеграл сигнала рассогласования, третье – производная сигнала рассогласования.

Если выходная переменная регулятора описывается выражением:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(t) dt + K_d \frac{de(t)}{dt}, \quad (1)$$

где t – время, а K_p , K_i , K_d – пропорциональный коэффициент, коэффициенты интегрирования и дифференцирования соответственно, то такой регулятор называют ПИД-регулятором.

Если какие-то из составляющих не используются, то регулятор называют пропорционально-интегрирующим, пропорционально-дифференцирующим, пропорциональным и т. д.

Пропорциональная составляющая вырабатывает выходной сигнал, противодействующий отклонению регулируемой величины от заданного значения, наблюдаемому в данный момент времени. Он тем больше, чем больше это отклонение. Если входной сигнал равен заданному значению, то выходной равен нулю.

Однако при использовании только пропорционального регулятора значение регулируемой величины никогда не стабилизируется на заданном значении. Существует так называемая статическая ошибка, которая равна такому отклонению регулируемой величины, которое обеспечивает выходной сигнал, стабилизирующий выходную величину именно на этом значении.

Чем больше коэффициент пропорциональности между входным и выходным сигналом (коэффициент усиления), тем меньше статическая ошибка, однако при слишком большом коэффициенте усиления при наличии задержек (запаздывания) в системе могут начаться автоколебания, а при дальнейшем увеличении коэффициента система может потерять устойчивость.

Интегрирующая составляющая пропорциональна интегралу по времени от отклонения регулируемой величины. Её используют для устранения статической ошибки. Она позволяет регулятору со временем учесть статическую ошибку.

Если система не испытывает внешних возмущений, то через некоторое время регулируемая величина стабилизируется на заданном значении, сигнал пропорциональной составляющей будет равен нулю, а выходной сигнал будет полностью обеспечиваться интегрирующей составляющей. Тем не менее, интегрирующая составляющая также может приводить к автоколебаниям при неправильном выборе её коэффициента.

Дифференцирующая составляющая пропорциональна темпу изменения отклонения регулируемой величины и предназначена для противодействия отклонениям от целевого значения, которые прогнозируются в будущем. Отклонения могут быть вызваны внешними возмущениями или запаздыванием воздействия регулятора на систему.

Недостатки использования ПИД-регуляторов: при использовании ПИД-регулятора в системе регулирования, следует учитывать нежелательные эффекты, возникающие при

реализации канала производной сигнала ошибки. Недостатки проявляются из-за того, что при усилении этого канала прямо пропорционально возрастает частота.

Линейно-квадратичное гауссовское управление (англ. Linear quadratic Gaussian control, LQG control) – набор методов и математического аппарата теории управления для синтеза систем управления с отрицательной обратной связью для линейных систем с аддитивным гауссовским шумом. Синтез проводится путём минимизации заданного квадратичного функционала.

Линейно-квадратичное гауссовское (ЛКГ) управление относится к современным методам управления. Методология синтеза контроллера позволяет отнести системы управления, построенные на таком принципе, к оптимальным системам, в которых оптимизация проводится по некоторому заданному квадратичному критерию качества. Также эта теория принимает в расчёт присутствие возмущений в виде гауссова белого шума. Однако несмотря на то, что синтез ЛКГ-контроллеров предусматривает систематическую процедуру расчёта для оптимизации качества системы, главным его недостатком является то, что в рассмотрение не принимается робастность системы. Поэтому ЛКГ-синтез проводится только для систем, имеющих надёжную и точную линейную динамическую модель. Для повышения робастности системы управления применяют более сложные алгоритмы, такие как минимаксный ЛКГ синтез, или комбинированный ЛКГ/ H_∞ синтез. ЛКГ контроллеры могут использоваться как для дискретных, так и для непрерывных систем.

H_∞ -управление – метод теории управления для синтеза оптимальных регуляторов. Метод является оптимизационным, имеющим дело со строгим математическим описанием предполагаемого поведения замкнутой системы и её устойчивости. Метод примечателен своей строгой математической базой, оптимизационным характером и применимостью как к классическому, так и робастному управлению.

H_∞ является нормой в пространстве Харди. «Бесконечность» говорит о выполнении минимаксных условий в частотной области. H_∞ - норма динамической системы, имеющая смысл максимального усиления системы по энергии. В случае ММО-систем она равна максимальному сингулярному числу передаточной функции системы, в случае SISO-систем она равна максимальному значению амплитуды её частотной характеристики. К преимуществам можно отнести следующее: метод работает с устойчивостью и чувствительностью системы; простой одношаговый алгоритм; точное формирование выходной частотной характеристики. К недостаткам можно отнести то, что метод требует обращать особое внимание на параметрическую робастность объекта управления.

Правила настройки внутреннего управления моделью internal-model control-ИМС (внутренний модельный контроль) оказались надёжными и дают приемлемую производительность при использовании в управлении общими процессами. Как правило, аналитические правила настройки ИМС выводятся для компенсаторов PI и PID путем сопоставления приближительной модели процесса с низкоразмерной эталонной моделью. Структура контроллера ИМС зависит от двух факторов: сложности модели и требований к производительности, заявленных разработчиком.

Философия ИМС опирается на принцип международной модели, который гласит, что регулятор обратной связи при внешних помехах может восстановить регулирование и стабильность при условии, что подходящая дублированная модель сигнала помех адаптирована в тракте обратной связи. Другими словами, если кто-то разрабатывает схему управления, основанную на точной модели процесса, теоретически возможно идеальное управление. Внутреннее управление моделью использует передаточные функции Лапласа с разомкнутым контуром и пошаговым откликом с коэффициентом усиления процесса и постоянной времени для прогнозирования изменения измерения из-за изменения уставки. Использование философии ИМС также может генерировать настройки для обычных контроллеров PI или PID. Алгоритм включает в себя модель смещения уставки для удаления ошибки установившегося состояния, который становится методом регулировки обратной связи. Можно отфильтровать смещенную уставку, чтобы получить эталонную траекторию. Один фактор настройки фильтрует постоянную времени. Высокие коэффициенты

настройки приводят к мягкому контролю, в то время как низкие коэффициенты настройки приводят к агрессивному контролю.

Использование того либо другого регулятора выбирается исходя из режимов и характеристик систем автоматического управления БЛА. Несмотря на современные достижения в теории робастного управления, популярной стратегией управления на практике по-прежнему остается ПИД-регулятор. По оценкам экспертов, его использование в системах управления достигает более 95 %, это самый простой по вычислительным затратам регулятор и распространённый на практике.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гриднев, Ю.В. Робастный автопилот канала тангажа беспилотного летательного аппарата / Ю.В. Гриднев, А.Г. Иванов // Доклады Белорусского государственного университета информатики и радиоэлектроники. 2017. № 3. С. 40 – 43;
2. Земцов, Н.С. Расчет параметров робастного ПИД-регулятора на основе метода локализации / Н.С. Земцов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». 2013. том 13. – 152 с.;
3. Денисенко, В.В. ПИД-регуляторы: принципы построения и модификации / В.В. Денисенко // Современные технологии автоматизации. № 4. 2006. – 74 с.;
4. Санько, А.А. Использование метода локализации для расчета параметров робастного ПИД-регулятора для сервопривода беспилотного летательного аппарата / А.А. Санько // Научный вестник МГТУ ГА. 2020. – №1. – С. 95-105.

УДК 355.354

Е.А.Шупиков, К.Е.Рогачевский

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

АНАЛИЗ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ, ПРИМЕНЯЕМОГО ДЛЯ СОЗДАНИЯ ТРЕХМЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ МЕСТНОСТИ

Для рассмотрения программных обеспечений по созданию 3D моделей местности выносятся такие программные продукты как: Pix4D, Agisoft Photoscan, Reality Capture, PHOTOMOD UAS.

Общее замечание для любого ПО для построения трехмерной модели местности – несмотря на отсутствие ограничений на количество изображений, используемых для построения трехмерной модели местности, чем большее аэрофотоснимков будет использоваться, тем более мощный компьютер нужен для обработки.

Pix4D.

Продукты Pix4D позволяют в автоматическом режиме снимать на камеру квадрокоптера сотни фотографий с разных ракурсов, которые с помощью специального алгоритма обрабатываются и объединяются в одну топографическую карту или 3D-модель. Принцип работы программы очень похож на принцип работы человеческого зрения. Наши глаза видят один и тот же объект под разным углом, а мозг, на основе этой разницы, преобразует эти изображения в объемную картинку.

В этом ПО есть варианты режима полета:

– режим свободного полета. Режим, в котором за движения квадрокоптера отвечает оператор, а камера делает новый кадр после изменения положения дрона на заданное значение по горизонтали и вертикали.

– автоматический режим. Режим, в котором для построения цифровой модели рельефа требуется задать в приложении границы снимаемого объекта, высоту полета, угол наклона камеры и другие параметры. Взлет и посадка осуществляются в автоматическом режиме, но оператор

должен иметь навыки управления БЛА, если возникнут непредвиденные трудности или препятствия на пути дрона.

Достоинства:

–удобный интерфейс ПО;

–большое количество доступной информации по работе с ПО;

–неограниченное количество аэрофотоснимков при построении ТММ;

Недостатки:

– средний уровень результатов, получающийся текстур.

ПО ограничено в использовании выборе БЛА. Доступны только квадрокоптеры компании DJI.

Требования, предъявляемые к оборудованию и программному обеспечению:

Agisoft Photoscan.

ПО пользуется высоким спросом в сфере развлечений. Agisoft обеспечивает отличные результаты сканирования, предоставляет контроль над процессом генерирования сеток и имеет удобный интерфейс с подробной документацией.

Достоинства:

- нет ограничений на количество используемых аэрофотоснимков

Недостатки:

– малая скорость обработки изображений

– малая скорость построения облака точек

Количество фотографий, которое может обработать PhotoScan, зависит от объема доступной оперативной памяти. При разрешении одной фотографии порядка 10 МПикс, 2 Гб памяти достаточно для обработки 20-30 фотографий. 12 Гб позволит обработать 200-300 фотографий.

Reality Capture.

Это ПО может обрабатывать данные гораздо быстрее своих конкурентов, и управляться с огромным количеством изображений на обычном настольном компьютере, если в нём есть графический процессор NVidia. Reality Capture превосходит другое ПО благодаря функции быстрого выстраивания, позволяющей выстроить изображения за несколько секунд даже на ноутбуке. Это отличный инструмент для проверки данных прямо на месте съёмки, чтобы убедиться, что изображений достаточно. Это ПО, которое автоматически создает 3D-модели с высоким разрешением по фотографиям или лазерным сканам. RealityCapture может обрабатывать тысячи изображений и сканирований в течение нескольких минут и может создавать очень подробные 3D-модели, подходящие для широкого спектра применений - ГИС, 3D-карт, промышленности, содержимого 3D-печати, измерений и анализа.

PHOTOMOD UAS.

ПО PHOTOMOD UAS позволяет обрабатывать данные БЛА с получением многих видов фотограмметрических продуктов: ЦМР, 3D-векторы, ортофотопланы. Для работы PHOTOMOD UAS не требуется обязательного наличия какого-либо дополнительного программного обеспечения. Программа, являясь самостоятельной, построена на модульном функционале ЦФС PHOTOMOD. В состав системы входит управляющая оболочка PHOTOMOD Core и 6 модулей: модуль подготовки данных для фото триангуляции (AT), модуль уравнивания сетей фото триангуляции (SolverA), модуль построения ЦМР и плотной ЦММ (DTM, dDSM), модуль стерео векторизации и трехмерного моделирования (StereoDraw, 3D-Mod), модуль ортотрансформирования растров (Mosaic), модуль составления ортомозаики (GeoMosaic), ГИС «Панорама Мини».

Основными технологиями обработки данных БПЛА в программе PHOTOMOD UAS являются строгая фотограмметрическая обработка изображений с точностью, соизмеримой с 2-3 пикселя GSD, и упрощенная — в целях получения быстрого результата для задач мониторинга.

При большом количестве достоинств беспилотной съемки, особенности получаемых данных создают серьезные проблемы при фотограмметрической обработке. Низкое качество изображений, невысокая точность бортовых данных GPS / IMU, использование бытовых некалиброванных фотокамер и ошибки, связанные с нестабильностью полета — все это

потребовало добавления в PHOTOMOD специальных средств, позволяющих нивелировать указанные недостатки и получать качественные выходные результаты.

Возможности ПО:

— предварительная подготовка исходных снимков (в качестве исходных данных могут использоваться только снимки центральной проекции (При картографировании земной поверхности по материалам аэрофотосъемки основным способом является проецирование изображения на поверхность по определенному закону. Результат такого способа называется проекцией. Естественными примерами проекции являются: картина, созданная по законам зрительного восприятия; фотографическое изображение, полученное в плоскости прикладной рамки съемочной камеры лучами, проходящими через объектив; изображение объекта на сетчатке глаза; топографическая карта) с размером не более 60 Мп.);

— внутреннее ориентирование снимков. Для обеспечения возможности определения координат точек в системе координат снимка по значению их координат в системе координат цифрового изображения производится процесс внутреннего ориентирования снимка, в результате которого определяются параметры, характеризующие положение и ориентацию системы координат снимка S_x, S_y, S_z ;

— взаимное ориентирование снимков. Взаимное ориентирование снимков – фундаментальная задача фотограмметрии. От точности ее решения зависит достоверность окончательного результата, характеризующего пространственное положение сфотографированного объекта (местности). Фотограмметрическая обработка снимков, предусматривающая их взаимное ориентирование, позволяет существенно сократить объем полевых геодезических работ, необходимых для внешнего (геодезического) ориентирования модели объекта, построенной по этой технологии.

— ввод и измерение координат опорных точек. Опорные точки добавляются в набор данных участков для обеспечения пространственной привязки и использования их при уравнивании набора данных участков. Опорные точки могут использоваться при присоединении и преобразовании участков, а также в качестве начальной точки исходной соединительной линии, начинающейся в опорной точке и заканчивающейся в начальной точке нового участка. Набор данных участков может уравниваться по двум или более опорным точкам. Результатом уравнивания является точная привязка участков к местности. В то время, как измерения участков позволяют точно определить взаимное расположение границ участков, использование опорных точек в уравнивании набора данных участков позволяет точно определить местоположение угловых точек участков.

— внешнее ориентирование снимков. Элементы внутреннего и внешнего ориентир снимка определяет положение снимка относительно объектива фотоаппарата и снимаемой местности или объекта. Элементами внутреннего ориентирования называют величины, определяющие положение центра проекции относительно плоскости аэрофотоснимка;

- моновекторизация;
- стереовекторизация;
- построение ЦМР;
- создание ортофотоплана;
- создание цифровой карты местности;
- построение трехмерной модели городской застройки.

АНАЛИЗ НЕДОСТАТКОВ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Постоянный рост интенсивности боевого применения беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в вооруженных конфликтах последних десятилетий напрямую связан с их высокой боевой эффективностью. Это привело к пропорциональному, а в некоторых направлениях и опережающему, развитию средств противодействия БЛА [1].

В настоящее время основными способами противодействия БЛА являются: огневое поражение БЛА; радиоэлектронное противодействие. Проведение теоретических расчетов и практических испытаний по решению задачи поражения БЛА ракетами и (или) снарядами зенитно-ракетных комплексов показали свою низкую боевую эффективность. По этой причине радиоэлектронное противодействие является более предпочтительным, в первую очередь с точки зрения меньшей стоимости [2].

Основными системами, подлежащими радиоэлектронному подавлению, являются системы радиопередачи и навигации БЛА. Анализ существующих систем подавления каналов радиопередачи показал наличие серьезных проблем в решении данной задачи: относительно широкий диапазон рабочих частот; использование высокоскоростной псевдослучайной перестройки рабочей частоты (до 2900 скачков / секунду) [2].

Анализ навигационной системы БЛА показал ее тотальную зависимость от спутниковой навигационной системы в вопросе определения местоположения БЛА. Такое положение представляется достаточно удобным с точки зрения радиоэлектронного противодействия. Повышение помехоустойчивости навигационной системы БЛА может быть достигнуто двумя основными способами: повышением точности навигационных измерителей; комплексирование информации от различных навигационных измерителей (инерциальных, оптических, радиоэлектронных). Все эти решения связаны с повышением стоимости, массогабаритных характеристик и энергопотребления навигационной системы, что является критичным особенно для БЛА небольших размеров.

Таким образом, решение задачи повышения помехозащищенности навигационной системы БЛА является достаточно важной и актуальной [1, 2, 3]. Однако, ее решение связано с решением противоречия повышения помехоустойчивости навигационной системы БЛА при одновременном снижении ее массогабаритных характеристик, стоимости и энергопотребления. Данное противоречие в настоящее время не решено в полном объеме, однако рациональным его решением является использование существующих бортовых систем БЛА, для решения задач навигации и разработке multifunctional малогабаритных автономных навигационных измерителей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Макаренко, С.И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 1. Беспилотный летательный аппарат как объект обнаружения и поражения / С.И. Макаренко, А.В. Тимошенко, А.С. Васильченко // Системы упр., связи и безоп. – 2020. – № 1. – С. 109-146.
2. Макаренко, С.И. Анализ средств и способов противодействия беспилотным летательным аппаратам. Часть 2. Огневое поражение и физический перехват/ С.И Макаренко, А.В. Тимошенко // Системы упр., связи и безоп. – 2020. – № 1. – С. 147-197.
3. Щербинин, В.В. Автономный навигационный комплекс для роботизированных наземных и летательных аппаратов / В.В. Щербинин, А.В. Свизов, С.В. Смирнов, Г.А. Кветкин // Известия ЮФУ. Технические науки. Раздел VI. Навигация, наведение и связь. 2014. – С. 234-243.

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ВОЗМОЖНЫЕ СХЕМЫ ВКЛЮЧЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ФИЛЬТРА В БЕСПЛАТФОРМЕННУЮ ИНЕРЦИАЛЬНУЮ НАВИГАЦИОННУЮ СИСТЕМУ

Рассмотрим внешний по отношению к БИНС измеритель параметров объекта. Используя сигнал измерений в фильтре Калмана, получим на выходе фильтра оценки наблюдаемых ошибок БИНС. Эти оценки подаются на выход БИНС и компенсируют ошибки инерциальной системы. Тогда роль ошибок будут играть лишь ошибки оценивания. Эти ошибки значительно меньше, чем исходные погрешности БИНС. Таки образом, уровень ошибок на выходе БИНС будет существенно понижен. Рассмотренная схема использования фильтра обычно называется разомкнутой.

Существенный недостаток разомкнутой системы включения фильтра заключается в том, что в данной схеме фильтр не оказывает никакого влияния на динамику БИНС, а только «сбрасывает» ее ошибки на выходе [1]. Применение оптимального фильтра по разомкнутой схеме целесообразно лишь при относительно коротких интервалах работы системы.

Другая схема применения в БИНС фильтра Калмана, называется замкнутой, и предполагает изменение структуры исходной БИНС. В этом случае оценки наблюдаемых координат с выхода фильтра поступают не на выход БИНС, а используются для образования дополнительных связей в самой схеме БИНС. Эти корректирующие сигналы могут подаваться на вход первого интегратора, на первичные датчики.

При использовании СНС корректирующими сигналами являются оценки ошибок БИНС по скорости, вырабатываемые фильтром Калмана. С целью обеспечения демпфирования эти оценки подаются на первый интегратор, а с целью сокращения периода свободных колебаний – на первичные датчики. Если имеются точные оценки ошибок БИНС по положению, то их целесообразно подавать в качестве корректирующих сигналов на первичные датчики. Это позволяет ограничить рост ошибок БИНС по положению.

Исследуем БИНС с оптимальным фильтром, включённым по замкнутой схеме. Пусть уравнения ошибок автономной БИНС, представленные в переменных состояния, имеют вид:

$$\begin{aligned} X_k &= \Phi_{kk-1} X_{k-1} + \Gamma_{kk-1} \omega_{k-1}; \\ Z_k &= H_k X_k + V_k. \end{aligned}$$

При использовании замкнутой системы включения фильтра на БИНС подаётся корректирующий сигнал $G_{kk-1} X_{k-1}$, являющийся выходом оптимального фильтра Калмана. В этом случае уравнения фильтрации имеют вид:

$$X_k = \Phi_{kk-1} X_{k-1} + \Gamma_{kk-1} \omega_{k-1} + G_{kk-1} \bar{X}_{k-1}; \quad (1)$$

$$Z_k = H_k X_k + V_k. \quad (2)$$

Рассматривая уравнения (1) и (2) как уравнения объекта наблюдения, получаем уравнения соответствующего фильтра Калмана в виде:

$$\bar{X}_k = \Phi_{kk-1} \bar{X}_{k-1} + G_{kk-1} \bar{X}_{k-1} + K_k (Z_k - H_k \Phi_{kk-1} \bar{X}_{k-1} - H_k G_{kk-1} \bar{X}_{k-1}). \quad (3)$$

Здесь корректирующий сигнал $G_{kk-1} \bar{X}_{k-1}$ играет роль известной управляющей функции и поэтому вводится в структуру вычисления оценки как детерминированный сигнал. Отметим, что применять методы фильтрации Калмана к корректируемым системам БИНС при включении фильтра по разомкнутому варианту нецелесообразно. Уровень шумов корректируемой от СНС БИНС значительно больше уровня этих шумов в автономной БИНС. Поэтому ошибка оценивания фильтра в случае использования в корректируемой БИНС выше, чем при применении этого фильтра в автономной навигационной системе.

Корректировать целесообразно уже после получения фильтром Калмана оценок БИНС, как это предлагается в замкнутой схеме включения фильтра.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кузоков, Н.Т. Инерциальная навигация и оптимальная фильтрация / Н.Т. Кузоков, О.С. Салычев. – М.: Машиностроение, 1982.

УДК 369.2

И.С. Свистун

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ К МЕТОДИКЕ СРАВНИТЕЛЬНОЙ ОЦЕНКИ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

В настоящее время одним из приоритетных направлений развития авиационной техники во всем мире является разработка беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

При разработке либо приобретении БЛА часто требуется решения задачи выбора, из имеющейся линейки изделий, определенного экземпляра (технического решения) соответствующего установленным требованиям.

Для решения данной задачи использована методика сравнительной оценки БЛА, основанная на оценке взаимной конкурентоспособности изделий по критерию «цена/качество» состоит из следующих основных этапов:

- анализ целевого предназначения разрабатываемого (приобретаемого) БЛА и составление перечня вариантов БЛА из вариантов, имеющих в БД;
- составление перечня параметров, влияющих на интегральный показатель качества для конкретного потребителя (заказчика) и их ранжирование;
- расчет стоимости жизненного цикла БЛА в соответствии с данными эксплуатационной базы данных;
- сравнительная оценка БЛА по критерию «цена/качество»;
- анализ полученных результатов.

Объективная оценка существующих БЛА необходима на этапе разработки с целью создания конкурентоспособных образцов, наиболее полно соответствующих ожиданиям и требованиям потребителей.

Для оценки показателей конкурентоспособности использованы технические и экономические характеристики БЛА, опубликованные в открытых источниках.

Для широкого класса задач, базирующихся на принятии решений по выбору оптимальных образцов, необходимо автоматизировать методику сравнительной оценки БЛА.

В данной работе, в соответствии с предложенной методикой, разработано программное обеспечение (ПО), которое позволяет работать с базой данных БЛА, и произведена сравнительная оценка нескольких вариантов БЛА. ПО разработано на языке объектно-ориентированного программирования Python.

- Для реализации данной задачи было использовано:
- персональный компьютер;
 - операционная система Windows;
 - среда программирования IDLE Python (PyCharm);
 - математические операции.

В работе содержится описание программы с точки зрения исходного кода и реализации задачи с помощью конкретных инструментов разработки и языков программирования. Описывается физическая структура разработанной программы и ее отдельные модули с учетом языка реализации. Приводится описание интерфейсов, классов, методов и атрибутов классов или функций модулей.

Для программной реализации методики в среде IDLE Python (PyCharm) была выбрана библиотека PyQt 5, позволяющая разрабатывать приложения с графическим интерфейсом.

Библиотека PyQt написана в объектно-ориентированном стиле (ООП-стиле) и содержит несколько сотен классов.

В состав библиотеки PyQt 5 входит множество модулей, объединенных в пакет PyQt 5. Выделю самые важные, использовавшиеся при разработке ПО:

QtWidgets — содержит классы, реализующие компоненты графического интерфейса: окна, диалоговые окна, надписи, кнопки, текстовые поля и др;

QtGui — содержит классы, реализующие низкоуровневую работу с оконными элементами, обработку сигналов, вывод двумерной графики и текста и др;

QtCore — содержит классы, не связанные с реализацией графического интерфейса. От этого модуля зависят все остальные модули.

Для работы в данной программе вам потребуется небольшие навыки работы с Windows-приложениями. Внешний вид программы прост и понятен.

Из приведенных результатов сравнения можно сделать вывод о том, что разработанное ПО методики сравнительной оценки БЛА достаточно объективно характеризует степень технического совершенства сравниваемых образцов. Для более детальной оценки необходимо формировать группы параметров характеризующих отдельные свойства БЛА и по которым можно детализировать уровень разработки отдельных элементов БЛА как сложной системы.

После соответствующей доработке, ПО позволит: системно сравнивать технические характеристики различных БЛА, сопоставлять их с затратами на приобретение и владение, а также может использоваться как средство поддержки принятия решения при анализе соответствия различных вариантов БЛА требованиям.

Таким образом, разработано ПО, позволяющее системно сравнивать технические характеристики различных БЛА, сопоставлять их с затратами на приобретение и владение. Разработанное ПО позволяет быстро рассчитать и дать результаты по данной методике, а также может использоваться как инструмент поддержки принятия решения при анализе соответствия различных вариантов БЛА требованиям заказчика.

ЛИТЕРАТУРА

1. Судов, Е.В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделий машиностроения / Е. В. Судов, А. И. Левин, А. В. Петров, Е. В. Чубарова – М.: ООО Издательский дом «ИнформБюро», 2006. – 232 с.

2. Комаров, В.А. Концептуальное проектирование самолета / В.А. Комаров, Н.М. Боргест, И.П. Вислов, Н.В. Власов, Д.М. Козлов, О.Н. Корольков, В.Н. Майнсков – Самара: Издательство СГАУ (Самарский государственный аэрокосмический университет), 2007. – 92 с.

3. Ковалев, А.А. Определение стоимости жизненного цикла сложных технических систем / А.А. Ковалев, А.В. Микава, А.В. Окунев – Екатеринбург: НИЛ (научно-исследовательская лаборатория) «САПР КС» («Системы автоматизированного проектирования контактной сети») УГУПС (Уральский государственный университет путей сообщения), 2012.

4. Прохоренок, Н.А. Python 3 и PyQt5. Разработка приложений. – 2-е изд., перераб. и доп. / Н.А. Прохоренок, В.А. Дронов. – СПб.: БХВ-Петербург, 2019. – 832 с.

2 СЕКЦИЯ
ВОЗДУШНЫЕ СУДА ИХ СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ. КОМПЛЕКСЫ ВООРУЖЕНИЯ.
БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

УДК 629.7.025.1

А.А. Бондарук, П.М. Кондрашов, Л.М. Трофимов

ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИИ КРЫЛА
ВОЗДУШНОГО СУДНА

Прогресс в области авиастроения во многом определяется возможностями материалов, используемых при создании авиационной техники. Это объясняется, как стремлением конструкторов получить максимальную массовую отдачу от создаваемого качественного и надежного изделия, так и высокими нагрузками (силовыми и тепловыми), которые необходимо учитывать при создании авиационной техники, особенно военного назначения. От качества материалов применяемых в воздушных судах (ВС), в существенной мере зависит конкурентоспособность техники [1].

Благодаря существенным преимуществам по удельной прочности и жесткости, исключительному сочетанию конструкционных, теплофизических, специальных свойств все в большем объеме применяются в конструкциях ВС полимерные композиционные материалы (ПКМ). Расчетные данные, подтвержденные результатами экспериментальных исследований и летных испытаний, показывают, что использование композиционных материалов позволяет снизить массу планера летательного аппарата на 30-40% по сравнению с массой планера из традиционных металлических материалов. Все это обеспечивает получение резерва массы, которая может быть использована для увеличения дальности полета или полезной нагрузки. Использование композиционных материалов в авиационной промышленности значительно снижает материалоемкость конструкций, увеличивает до 90% коэффициент использования материала, уменьшает количество оснастки и резко снижает трудоемкость изготовления конструкций за счет уменьшения в несколько раз количества входящих в них деталей.

Композиционный материал состоит из высокопрочного наполнителя, ориентированного в определенном направлении, и матрицы. В качестве армирующих наполнителей (силовая основа композиции) применяются волокна бериллия, стекла, углерода, стали, карбида кремния, бора или так называемые нитевидные кристаллы оксидов металлов и т. д. Матрицы изготавливаются из синтетических смол (эпоксидных, полиэфирных, кремниево-органических) или сплавов металлов (алюминия, титана и других). Соединение волокон или нитевидных кристаллов с матрицей производится горячим прессованием, литьем, плазменным напылением и некоторыми другими способами.

Наибольшее распространение в авиастроении получили композиционные материалы на основе углеродных волокон. Зарубежный и отечественный опыт применения углепластиков в авиастроении наиболее полно использован при конструировании среднемагистрального самолета МС-21. При этом особое внимание было уделено созданию такого крупного и сложного изделия, как крыло самолёта. До этого в мировой гражданской авиации было всего три самолёта, у которых крылья изготовлены из ПКМ. Это Boeing B787 Dreamliner, Airbus A350 XWB и Bombardier CSeries. Как известно, у перечисленных ВС из ПКМ выполнены крылья, которые производятся автоклавно-препреговым методом. Т. е. основной метод изготовления деталей из углепластика это метод автоклавного формования - получения многослойных изделий из так называемых препрегов - композиционных материалов-полуфабрикатов, получаемых предварительной пропиткой полимерной смолой углеродных тканей.

Одним из существенных недостатков этой технологии является высокая стоимость получаемых деталей, которая во многом определяется длительностью процесса их формования, ограниченным сроком хранения препрегов и высокой стоимостью технологического оборудования.

Альтернативой препрегово-автоклавной являются «прямые» технологии, суть которых заключается в совмещении операций пропитки углеродного волокна связующим и формования детали, что приводит к сокращению времени производственного цикла, снижению энерго- и трудозатрат и, как следствие - к удешевлению продукции. Одним из таких процессов является метод вакуумной инфузии [2].

По этой технологии пропитка сухого углеродного волокна и формование детали происходит на оснастке с закреплённым на ней вакуумным мешком. Полимерное связующее закачивается в форму за счёт разряжения, создаваемого под вакуумным мешком. Это позволяет существенно снизить затраты на подготовку производства крупных конструкций благодаря возможности применения более простой и дешёвой оснастки.

Российский завод «АэроКомпозит» в Ульяновске первым в мировой авиации применяет безавтоклавный метод вакуумной инфузии для изготовления из полимерных композиционных материалов крупные интегральные конструкции. Технология производства «чёрного» крыла самолёта МС-21 создана специалистами «АэроКомпозита» в тесном сотрудничестве с зарубежными производителями технологического оборудования и расходных материалов в виде смолы и сухого углеволокна [3].

В 2018 года США ввели санкции против «АэроКомпозита», что привело к остановке поставок материалов для производства композитного крыла и других силовых элементов конструкции самолёта. Однако к этому времени в России уже было готово своё производство – «Росатом» построил завод в Алабуге по выпуску материалов для изделий из ПКМ в авиапромышленности. Завод был введен в промышленную эксплуатацию в мае 2015 года. В настоящее время на ООО «Алабуга-Волокно» налажено серийное производство углеродного волокна на основе полиакрилонитрильного волокна (ПАН-прекурсор) с прочностью 4,9 ГПа, есть отдельные образцы с прочностью 6 ГПа.

Благодаря этим материалам Объединенная авиастроительная корпорация (ОАК) смогла заменить продукцию зарубежных компаний. И в настоящее время на Ульяновском предприятии АО «АэроКомпозит-Ульяновск» и Казанском АО «КАПО-Композит» происходят все этапы подготовки и изготовления деталей из композиционных материалов с применением инфузионных технологий, которые применяются для строительства среднесмагистрального самолета МС-21.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов, Е.Н. Авиационное материаловедение в XXI веке. Перспективы и задачи / Е.Н. Каблов // *Материаловедение*. - № 7. - 2006. - С. 32-53.
2. Вешкин, В.А. Опыт применения вакуум-инфузионных технологий в производстве конструкций из ПКМ / В.А. Вешкин, В.И. Постнов, М.В. Постнова, А.А. Баранников // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. - Т. 20. - № 4 (3). - 2018. - С. 344-350.
3. Савин, С.П. Применение современных полимерных композиционных материалов в конструкции планера самолетов семейства МС-21 / С.П. Савин // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. Т. 14. -. № 4. – 2012. - С. 686-693.

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ КОЛЛЕКТИВНОГО СПАСЕНИЯ НА ФОРМИРОВАНИЕ ОБЛИКА САМОЛЕТА

Самолет как объект проектирования и эксплуатации представляет собой большую и сложную техническую систему, являющуюся составной частью еще более крупной и сложной системы (авиационного комплекса) и состоит из множества взаимосвязанных сложных систем (фюзеляж, силовая установка и т. д.). Отказ любого из элементов этой системы приводит к аварийной ситуации, а зачастую и к катастрофе.

При проектировании самолетов наибольший интерес представляет анализ причины летных происшествий, которые лежат в основе предпосылок, катастроф и вызваны дефектами конструкции и изготовления узлов и систем.

Для самолётов была определена динамика распределения условно количества аварий и условного числа, пострадавших на борту для каждого этапа полета, затем на основе относительных результатов (за исследуемый период) распределение по этапам полета установлены средние значения относительного числа несчастных случаев и условного числа пострадавших в этих происшествиях. Полученные результаты дополнены статистическими данными о динамике распределения стихийных бедствий и пострадавших от них по причинам, их вызвавшим.

Под аварийной ситуацией подразумевалась особая ситуация, характеризующаяся значительным повышением психофизиологической нагрузки на экипаж, ухудшением лётных характеристик, устойчивости и управляемости и приводящая к достижению(превышению) предельных ограничений и расчётных условий.

Под катастрофической ситуацией подразумевалась особая ситуация, при возникновении которой предотвращение гибели людей или потери ЛА оказывается практически невозможным.

Под катастрофой или авиационным происшествием с человеческими жертвами понимается авиационное происшествие, приведшее к смерти или пропажи без вести какого-либо из пассажиров или членов экипажа.

С появлением авиационной и воздухоплавательной техники возникла необходимость разработки средств спасения пассажиров и экипажа.

Авиационные летательные аппараты с момента их зарождения развивались по двум направлениям:

- гражданская авиация, обеспечивающая высокую экономическую эффективность транспортных и пассажирских перевозок;
- военная авиация, обеспечивающая высокую боевую эффективность при ведении боевых действий;

Несмотря на высокую надежность по сравнению с другими транспортными системами, самолеты часто оказываются в аварийных ситуациях.

Одним из возможных конструктивных решений по повышению безопасности полетов является система коллективного спасения (СКС). Эта система обеспечивает безопасность во всех режимах полета. Время срабатывания СКС определяется временем возникновения аварийной ситуации, что исключает возможность аварийной посадки самолета.

При разработке системы коллективного спасения необходимо учитывать последовательность этапов внедрения (Рисунок 1.).

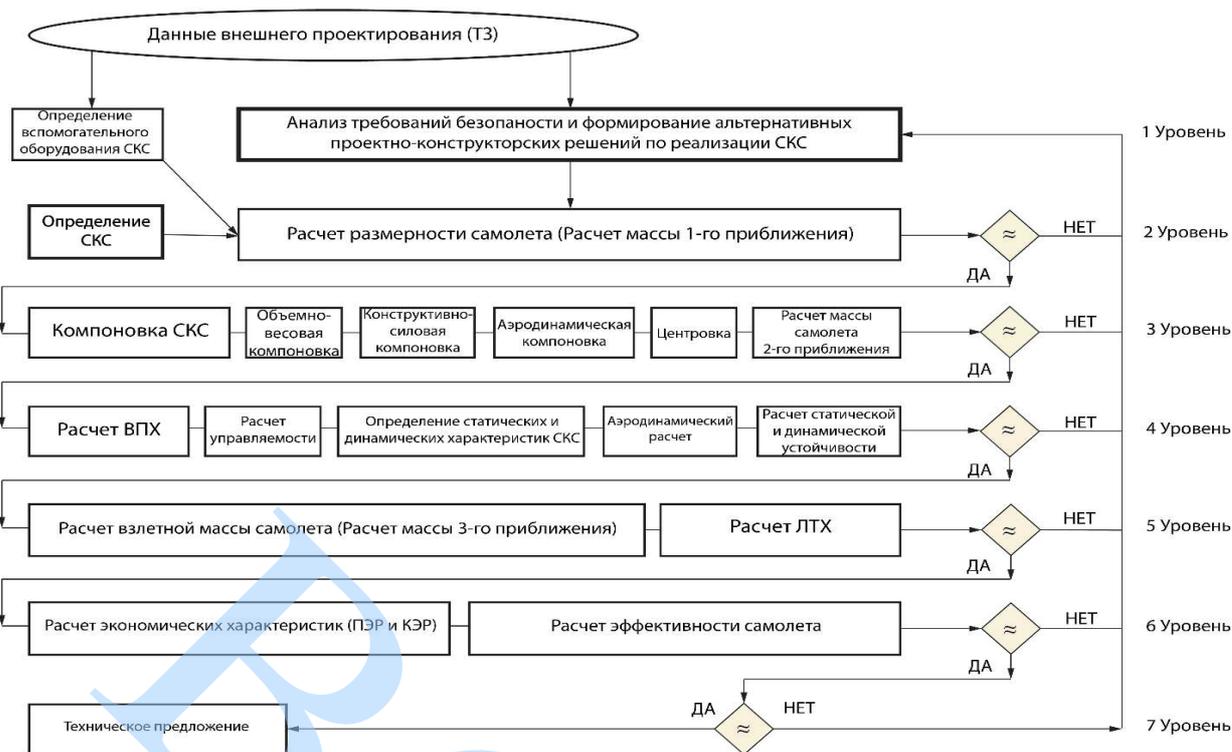


Рисунок 1 - Структура проектных процедур

На первом уровне изложенные в ТЗ в общей форме требования безопасности полетов переводятся в схематические решения для СКС.

Декомпозиция самолета - одна из проблем, которую необходимо правильно учитывать уже на ранних этапах проектирования самолета. Она решается по модульному принципу и с использованием технологической схемы деления самолетов.

Выявлены следующие особенности, которые необходимо учесть при проектировании ЛА оборудованного СКС:

- учёт массы необходимой для надёжной работы СКС;
- максимальное использование имеющейся конструкции ЛА т.е. без введения дополнительных силовых элементов;
- минимизация элементов разъединения отделяемого модуля от конструкции;
- введение дополнительного функционально задействованного оперения для стабилизации модуля после его отделения;
- детальный расчёт динамики разделения объектов с учётом введения дополнительных динамических систем управления (импульсные двигатели);
- определение внутренней компоновки ЛА с учётом СКС;
- проработка систем жизнеобеспечения пассажиров и экипажа, а также мер по предотвращению действия перегрузок;
- анализ существующих компоновочных схем.

На сегодняшний день надежность и безопасность воздушного транспорта улучшается каждый день. Несмотря на то, что обеспечению безопасности полета в авиации уделяется большое значение, аварии продолжают происходить

Системы коллективного спасения пассажиров и экипажа пока не имеют широкого распространения в современном мире из-за высокой стоимости установки и сложности технического обслуживания.

Таким образом, проблема исследования заключается в том, что количество авиакатастроф и аварийных ситуаций, приводят к необходимости разработки и совершенствования системы коллективного спасения пассажиров и экипажа.

ЛИТЕРАТУРА

1. Егер, С.М. Основы авиационной техники: учебник / С.М. Егер, А.М. Матвеев, И.А. Шаталов. - М.: Изд-во МАИ, 1999. - 576 с.
2. Система коллективного спасения пассажиров и экипажа самолетов / Акопов М.Г [и др.] под ред. А. М. Матвеев и В. В. Малышева Москва, МАИ (ГТУ). 2004.

УДК 629.025

А.А. Николаева, М.В. Майсак, Е.И. Плыкин

Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)

ИССЛЕДОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ КОНСТРУКЦИИ ВХОДНЫХ УСТРОЙСТВ СВЕРХЗВУКОВЫХ САМОЛЕТОВ, ВОЗДЕЙСТВИЕ СКАЧКОВ УПЛОТНЕНИЙ НА РАБОТУ ВОЗДУХОЗАБОРНИКОВ

Несмотря на явные сложности, связанные с эксплуатацией сверхзвуковой авиации в различных сферах деятельности человека (оборонная промышленность, коммерческая авиация), с уверенностью можно сказать, что на данный момент эта область авиации имеет право на существование по многим причинам и многочисленные научно-исследовательские и опытно-конструкторские работы, как отечественные, так и зарубежные, являются тому подтверждением.

Входные устройства предназначены для забора воздуха из окружающей атмосферы, подвода его к двигателю и осуществления процесса сжатия за счет использования кинетической энергии набегающего воздушного потока.

Полет на сверхзвуковых скоростях потребовал не только увеличение тяги двигателей, но и разработки новых конструкторских решений всех агрегатов самолета. Одной из главных проблем развития является «волновое сопротивление» и качественное изменение аэродинамических форм обтекания ЛА при переходе на сверхзвуковой режим полета. С ростом скорости полета сжатие воздуха от скоростного напора возрастает. Если затормозить поток воздуха при числе M полета, равном 2, то давление в потоке может быть увеличено в 7-8 раз. По этой причине с ростом числа M полета возрастает и роль входного устройства в обеспечении эффективности работы двигателя.

Так же, необходимо обеспечить оптимальные взлетно-посадочные характеристики (ВПХ). С целью удовлетворить данным требованиям предлагается использовать различные типы двигателей на разных режимах полета. Таким образом, при конструировании самолетов данного типа, необходимо тщательное изучение всех агрегатов, так как их взаимовлияние имеет большое значение для работы всей системы в целом.

Входное устройство является одним из функциональных модулей силовой установки (входным модулем). Оно состоит из ряда элементов. Этими элементами обычно являются: воздухозаборник, каналы подачи воздуха к двигателю, створки перепуска и подпитки, устройства слива пограничного слоя, средства регулирования площади проходного сечения, различные защитные устройства.

Входные устройства отличаются большим разнообразием типов и конструктивных форм. Их разделяют на дозвуковые, трансзвуковые и сверхзвуковые в соответствии со значением максимальной скорости полета самолета, на котором они применяются. Диапазон скоростей полета самолета и требования к его маневренным свойствам, наряду с применяемым типом двигателя, оказывают наибольшее влияние на облик входного устройства.

От эффективности и правильной работы входного устройства зависят такие важные параметры, как тяга двигателя, расход топлива и воздуха и стабильность полета. Опасные явления «помпаж» и «зуд» могут привести к аварии или даже катастрофе.

Основные виды воздухозаборников, существующие на настоящее время:

- центральные (осевые);
- нерегулируемые/ регулируемые;
- с внешней/ внутренней или комбинированной компрессией;

- плоские или трехмерные.

Каждый тип входного устройства имеет свои конструктивные особенности, обеспечивающие максимальную эффективность работы на всех предусмотренных режимах полёта самолета. Например, у сверхзвуковых входных устройств нельзя обеспечить эффективное сжатие потока воздуха в одном прямом скачке уплотнений. Для создания системы скачков уплотнений используется специальная профилированная поверхность называемая поверхностью сжатия. Данная поверхность представляет собой ломанную линию с некоторым числом изломов. При обтекании поверхности сжатия сверхзвуковым потоком у её изломов образуются косые скачки уплотнения, в которых осуществляется предварительное сжатие сверхзвукового потока перед замыкающим прямым скачком (рисунок 1).

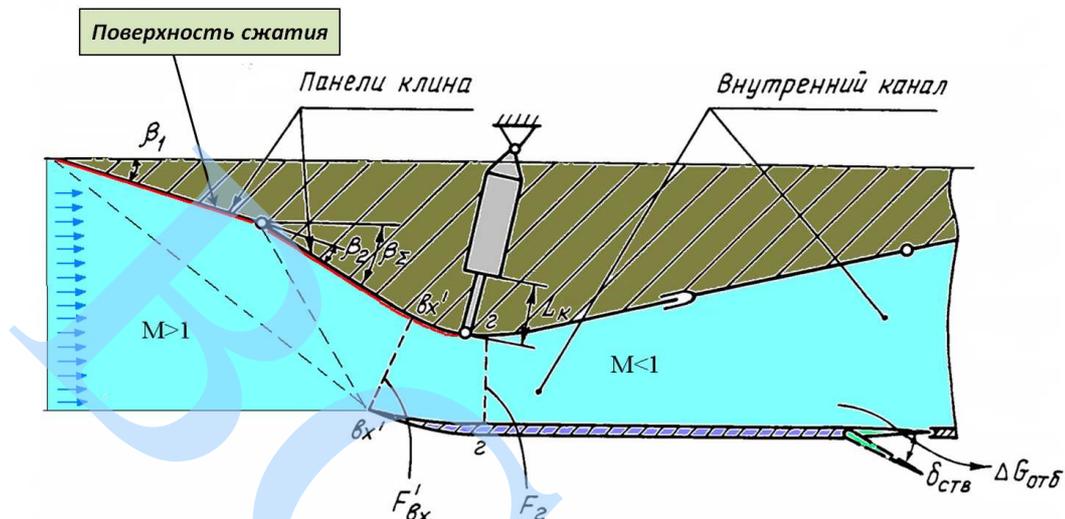


Рисунок 1 - Предварительное сжатие сверхзвукового потока

В плоском воздухозаборнике поверхность сжатия образована профилированным клином, а входное сечение имеет форму прямоугольника. Внутренний канал выполняется с постепенным переходом от прямоугольного сечения к круговому – перед входом в двигатель. В плоских регулируемых воздухозаборниках можно в широком диапазоне осуществлять изменение их геометрических параметров – в этом их главное преимущество.

В данной работе выявлены основные характеристики и требования, которые влияют на работу авиационного двигателя. Основное требование и сложность проектирования воздухозаборников для сверхзвуковых самолетов заключается в обеспечении постоянной эффективности работы при большом диапазоне эксплуатационных скоростей полёта самолета.

Максимальная скорость полета, расположение двигательной установки на фюзеляже, форма и принцип действия входного устройства двигателя требуют организация системы скачков уплотнений, которые будут создавать необходимые скорость и давление воздуха, поступающего в компрессор, так же определяют конструкцию и характеристики воздухозаборника.

Целью работы является определение воздействия скачков уплотнений на работу воздухозаборника, способы контроля скорости и давления потока, приходящего к компрессору двигателя, методы проектирования воздухозаборников. Немаловажным вопросом также является размещение воздухозаборника на летательном аппарате, оно проводится с учетом максимальной защищенности двигателя от попадания от попадания посторонних предметов. Актуальным на сегодняшний день является и обеспечение мер для снижения радиолокационной заметности.

В данной работе рассмотрены преимущества и недостатки каждого из существующих видов, диапазон их применения, а так же способы для предотвращения опасных явлений и методов борьбы с недостатками каждого вида.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники: Монография / Под. ред. М.А. Погосьяна. – М.: Изд-во МАИ, 2020. – 448 с.
2. Краев, В.М. Перспективы развития сверхзвуковой пассажирской авиации в России / В.М. Краев, А.И. Тихонов, С.В. Новиков. // ДВИГАТЕЛЬ. – 2018. – № 1 (115). – С. 14-17
3. Serebryansky, S.A. To the question of multi-criteria optimization of aircraft components in order to optimize its life cycle / S.A. Serebryansky, A.V. Barabanov // Advances in Science, Technology and Engineering Systems. – 2020. – Т. 5. – № 6. – С. 408-415.

УДК 620.179

А.В. Переславцев, В.В. Лесков, М.В. Константинов

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

К ВОПРОСУ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Контроль и анализ технического состояния авиационной техники (АТ) являются одними из основных организационно-профилактических мероприятий инженерно-авиационного обеспечения частей по предотвращению авиационных инцидентов и предпосылок к ним из-за отказов и недостатков АТ.

Контроль технического состояния АТ проводится на всех стадиях ее эксплуатации. Целью контроля является своевременное выявление и устранение неисправностей, отклонений параметров систем от допусков норм ТУ и поддержание тем самым высокой надежности АТ и безопасность полетов. Рационально планируемый и своевременно осуществляемый контроль качества работ на АТ должностными лицами ИАС должен исключать также случаи возникновения неисправностей из-за ошибок и упущений специалистов инженерно-технической службы (ИТС).

В зависимости от конструкции конкретных систем и агрегатов качество выполнения некоторых операций может быть проверено только до начала выполнения последующей операции или замера каких-либо важных контрольных параметров (зазоров, люфтов, выхода штоков, сопротивлений и т.п.). Поэтому при разработке технологических карт исполнителей, таким особенностям должно уделяться особое внимание. Операции, подлежащие предъявлению на контроль должны достоверно определяться не только на основе анализа конструктивных особенностей систем и агрегатов. Определение контрольных операций производится также на основе анализа неисправностей АТ с использованием данных, имеющихся в части, а также всех информационных материалов, поступающих из других частей и организаций. В обязательном порядке подвергаются контролю те системы и агрегаты, состояние которых непосредственно влияет на безопасность полетов, в результате анализа неисправностей определяются узлы, агрегаты, системы и оборудование для контроля, которые включаются в технологический процесс выполнения всех видов работ на АТ. Кроме того, одним из эффективных средств оценки технического состояния АТ являются бортовые устройства регистрации полетной информации. Грамотное и полное использование информации современных средств регистрации позволяет оценивать текущее состояние и работоспособность наиболее важных с точки зрения безопасности полетов систем воздушного судна и прогнозировать его. Для этого необходимо неукоснительно соблюдать порядок и особенности использования записей бортовых устройств регистрации при межполетном, полном и специальном контроле изложенных в нормативной и технической документации.

Оценку состояния АТ осуществляет руководящий ИТС части (подразделения). Для этого составляются графики осмотра и контроля состояния АТ должностными лицами ИАС в соответствии с нормами, изложенными в руководящих документах. В процессе осмотров оценивается состояние узлов, агрегатов и систем планера, силовой установки и оборудования ВС,

своевременность и полнота выполнения работ по бюллетеням промышленности и указаниям старших начальников, соблюдение ресурсов и сроков службы (проверки, испытаний) агрегатов, блоков, баллонов, шлангов и т. п., уровень профессиональной подготовки специалистов, состояние контрольно-проверочной аппаратуры, средств наземного обслуживания, укрытий и авиационных средств поражения.

На основании результатов контроля АТ должностными лицами ИАС делается вывод о ее состоянии в авиационной части (подразделении). Эти результаты используются для разработки и проведения профилактических мероприятий, обеспечивающих поддержание надежности АТ и исключение ошибок ИТС при ее эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Федеральные авиационные правила инженерно-авиационного обеспечения, кн.1. – М. : Министерство обороны, 2005. – 252 с.

УДК 692.7.083:678.7 67-72

А.В. Петров, Т.И. Головнева

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

РЕМОНТ ОБШИВКИ ПЛАНЕРА ИЗГОТОВЛЕННОЙ ИЗ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Основное требование к ремонту любой конструкции заключается в восстановлении необходимой прочности и жесткости. Это не обязательно означает полное восстановление прочности исходного материала конструкции, определяемой по прочности волокон на разрушение. Восстанавливаемая статическая прочность должна превышать расчетное значение предела прочности, по возможности максимально приближаться к прочности исходного материала конструкции в пределах, определяемых другими критериями.

Следующее требование к ремонту конструкции заключается в обеспечении качества аэродинамической поверхности. При выполнении ремонтных работ необходимо, чтобы возрастание веса было минимальным, особенно это требование значительно при ремонте рулевых поверхностей.

Особенности ремонта конструкций из полимерных композиционных материалов (ПКМ) связаны с рядом факторов, определяющих их удельные прочность и жесткость. К таким факторам относятся: структура ПКМ, технологические параметры изготовления ПКМ, условия эксплуатации, взаимодействие разнородных материалов, долговечность. Высокие удельные прочность и жесткость однонаправленного ПКМ позволяют создать элементы конструкции с требуемыми прочностными характеристиками.

Применяемые материалы и методы ремонта должны обеспечить долговечность конструкции в течение всего срока эксплуатации самолета. В реальной ситуации при проведении ремонта придется сделать выбор между ремонтом поврежденной конструкции в войсковых условиях или в условиях авиаремонтных баз. Этот выбор, т.е. доступность ремонта, определяется такими факторами, как легкость съема поврежденной конструкции, время вынужденного простоя самолета, наличие запасных частей, возможность доступа к повреждению с двух сторон или только с одной стороны.

С целью максимального восстановления прочности конструкции для проведения ремонтных работ необходимо применять марки материалов, из которого была изготовлена ремонтируемая конструкция. В современном авиастроении для изготовления конструкций из ПКМ и сотовых наполнителей применяются препреги на основе углеродных лент, стекло- и органотканей на связующих, клеевые препреги на основе пленочных клеевых материалов и связующих, клеевые пленочные материалы, пастообразные клеевые материалы.

Ремонт в производственных условиях имеет целью восстановление эксплуатационных характеристик агрегатов. При подготовке к устранению конкретного дефекта необходимо: определить зону повреждения; определить границу повреждения; определить толщину обшивки, её состав и тип заполнителя в зоне ремонта; подобрать соответствующие методы работы, оборудование, оснастку, материалы; изучить правила безопасности работ. Перед выполнением ремонта зона работ должна быть очищена от загрязнений. Установка заплат на ремонтируемую зону может быть выполнена по двум схемам: приклеивание заранее изготовленных заплат и формование заплат из слоев препрега в специально вырезанном в обшивке углублении с частичной заменой заполнителя. Вторая схема является более предпочтительной, так как позволяет восстанавливать выше 90% исходной прочности [1].

Формирование клеевого соединения при ремонте отслоений обшивки от сотового заполнителя, установки усиливающих заплат требует обязательной механической обработки места повреждения как для удаления микро- и макроконцентраторов напряжений, так и для подготовки поверхности под склеивание. Оптимальным инструментом для этого является коническая зенковка с рабочей поверхностью из синтетических алмазов на гальванической связке. Шероховатость поверхности ПКМ зависит от подачи и скорости резания, причем скорость резания оказывает меньшее влияние, чем подача и зернистость абразива. Снижение высоты микронеровностей при больших скоростях резания и подачи объясняется термомеханической деструкцией связующего. Адгезионная прочность клеевого соединения зависит не только от шероховатости поверхности, но и от количества активных функциональных групп на ней, которые образуются за счет механохимической деструкции полимера. Количество активных групп зависит от скорости резания, повышение концентрации активных групп при больших и малых скоростях резания подтверждает увеличение степени деструкции полимерного связующего. Повышение качества клеевых соединений при выполнении ремонтных работ может быть достигнуто с помощью ультразвукового воздействия [2]. Установлено, что в результате подвода высокочастотных механических колебаний к клеевому шву происходит, во-первых, увеличение площади сцепления клеевой прослойки с поверхностью композита за счет звукокапиллярного эффекта, который представляет собой явление аномального возрастания глубины и скорости проникновения жидкости в капиллярные каналы под действием ультразвука. Давление, создаваемое ультразвуком и действующее на жидкость в капилляре, растет с увеличением поверхностного натяжения и уменьшением вязкости жидкости. Наибольшее влияние на повышение прочности клеевого соединения оказывает амплитуда колебаний концентратора. Снижение амплитуды резко увеличивает время ультразвуковой обработки, увеличение может привести к частичному разрушению армирующих волокон композиционного материала, вспениванию клеевой прослойки и в конечном результате к резкому снижению прочности, как основного материала, так и всего клеевого соединения. Амплитуда и частота ультразвуковых колебаний должны подбираться в зависимости от состава основного материала, материала ремонтного элемента, а так же свойств клея, таких как плотность, вязкость, адгезия и когезия. После обработки высокочастотными колебаниями можно снизить давление в процессе полимеризации клеевого шва, т.к. оно необходимо только в случае некоторой неплоскостности соединяемых поверхностей относительно друг друга. Кроме того, ультразвуковая обработка позволяет исключить зашкуривание поверхности соединяемых деталей и обезжиривание с помощью легковоспламеняющихся жидкостей. Формирование клеевого слоя одна из наиболее ответственных стадий ремонта конструкций из ПКМ, особенно когда применяются клеи ВК-9, ВК-27, отличающиеся высокой, нарастающей за короткое время вязкостью. Поэтому актуальным является определение оптимальных значений технологических параметров для клеємеханических соединений. Таким образом, возможно определять параметры технологического процесса формирования слоя клея оптимальной толщины в соединениях с заданными конструкционными требованиями [1].

При ремонте многослойных конструкций из ПКМ, имеющих дефект в виде расслоения необходимо проводить усиление конструкции путем сшивания слоев. При выполнении ремонта трехслойных конструкций в случае замены части обшивки приходится выполнять одновременное

формование заменяемой части обшивки непосредственно на сотовом наполнителе с приклеиванием ее к нему.

Таким образом, можно сделать вывод, о том что, применение обязательной механической обработки с высокой скоростью резания, для снижения возможности возникновения микрорастрескивания, а так же ультразвукового воздействия на клеевую прослойку с целью увеличения площади сцепления клеевой прослойки с поверхностью композита приводит к увеличению качества ремонта конструкции из композиционных материалов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Захаров, В. А. Конструирование узлов и деталей из композиционных материалов : учеб. пособие / В. А. Захаров. – М. : МАИ, 1992. – 64 с.

2. Сборочные, монтажные и испытательные процессы в производстве летательных аппаратов: учебник / В. А. Барвинок [и др.] ; под ред. В. А. Барвинка. – М.: Машиностроение, 1996. – 576 с.

УДК 621.039.57

Б.А. Ясаков, С.Л. Панченко

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

К ВОПРОСУ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ТЕПЛООБМЕНА В ВОЗДУХО-ВОЗДУШНЫХ ТЕПЛООБМЕННИКАХ С ЦЕЛЬЮ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ТУРБИН ГТД

Современные летательные аппараты оснащены газотурбинными двигателями (ГТД). Авиационные двигатели постоянно совершенствуются с целью увеличения тяги, аэродинамических и летно-технических и других характеристик, с одновременным снижением массогабаритных характеристик. Снижение массы и удельной массы двигателя при сохранении развиваемой тяги и актуальной задачей на протяжении всего времени использования ГТД в авиации. Уменьшение габаритных размеров и массы двигателя при обеспечении заданной абсолютной тяги или наоборот, увеличение тяги при неизменных массогабаритных характеристиках, достигается увеличением удельной тяги [1]. Известно, что удельную тягу ГТД можно увеличить за счет возрастания температуры газов перед турбиной [2].

Вместе с тем, возрастание значение температуры газов перед турбиной приводит к повышению температурных нагрузок на элементы двигателя, работающие при высоких температурах, и, соответственно, снижению прочности и ресурсов элементов турбины в частности и двигателя в целом. Поэтому ведутся работы по применению жаропрочных материалов для изготовления деталей сопловых аппаратов и рабочих колес турбин авиационных ГТД.

Другим способом обеспечения возможности возрастания газов перед турбиной с целью получения большей тяги является совершенствование охлаждения турбин. Его можно достичь интенсификацией теплообмена между горячими деталями рабочих колес и сопловых аппаратов и охлаждающим воздухом. Одним из приемов интенсификации теплообмена является снижение температуры охлаждающего воздуха.

Воздух, идущий на охлаждение элементов турбины двухконтурных турбореактивных двигателей, охлаждается в воздухо-воздушных теплообменниках. Интенсифицировать охлаждение можно, например, установив устройства завихрения потока воздуха (турбулизаторы) или применив материал с более высоким коэффициентом теплопроводности для изготовления труб теплообменника. Это позволит снизить температуру воздуха, используемого для охлаждения турбины, что позволит лучше охладить ее элементы в случае возрастания температуры газов перед ней.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кейс, В.М. Компактные теплообменники. / В.М. Кейс, А.Л. Лондон. – Москва, Ленинград, Энергоатомиздат, 1982. – 224 с.

2. Ардатов, К.В. Повышение эффективности и надежности работы пластинчатых рекуператоров наземных ГТУ Нестеренко В.Г., Равикович Ю.А. / К.В. Ардатов, В.Г. Нестеренко, Ю.А. Равикович. Тез. докл. Труды 59-й Научно-технической сессии по проблемам газовых турбин. Санкт-Петербург, РЭП Холдинг, 2012, С. 78-79.

УДК 629.735:681.518:311.2

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

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

КОНТРОЛЬ И НОРМАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ АВИАЦИОННОГО ДВИГАТЕЛЯ

В течение эксплуатации авиационного двигателя (АД) происходит постоянное изменение его технического состояния (ТС), а также состояние средств его эксплуатации и технического обслуживания (ТО). В соответствии с определением ГОСТ ТС - это совокупность подверженных изменению в процессе производства или эксплуатации свойств объекта, характеризуемая в каждый момент времени признаками, установленными технической документацией на этот объект [1]. Под объектом будем понимать АД и его составные части, подлежащие (подвергаемые) диагностированию (контролю).

Для поддержания и восстановления работоспособного состояния АД на нём проводятся работы по ТО. Результаты этих работ проверяются в ходе диагностирования ТС АД. Техническое диагностирование (диагностирование ТС) - это процесс определения ТС изделия с определенной точностью, результатом которого является заключение о ТС объекта с указанием при необходимости места, вида и причин дефектов [1].

Термин «техническое диагностирование» применяется в наименованиях и определениях понятий, когда решаемые задачи технического диагностирования равнозначны или основной задачей является поиск места и определение причин отказа (неисправности). Термин «контроль технического состояния» применяется, когда основной задачей технического диагностирования является определение вида ТС [2]. При техническом диагностировании (контроле ТС) АД проверяется соответствие в данный момент времени значений его диагностических показателей значениям, установленным нормативно-технической документацией параметрам. Под диагностическими показателями понимается текущее измеренное (определенное) количественное значение диагностических признаков. Под диагностическими параметрами понимается количественное значение диагностических признаков, установленное нормативно-технической документацией.

Диагностирование (контроль ТС) АД всегда осуществляется по заранее установленным нормативно-технической документацией алгоритмам, как правило, определяющим состав и порядок проведения элементарных проверок объекта и правила анализа их результатов. При выполнении набора установленных алгоритмом диагностирования контрольных проверок каждый раз получают конкретные значения диагностических показателей. На основании сравнения (сопоставления) полученных при контроле ТС АД диагностических показателей со значениями установленных нормативно-технической документацией диагностических параметров определяется вид ТС АД. Запишем эту процедуру в виде формализованного описания, т.е. в виде применяемой на практике рутинной формулы диагностики. В данном случае определение «рутинной» используется в смысле обычного, общепринятого, повседневно используемого метода (способа) определения ТС АД [3].

Рутинная формула диагностики: «Техническое диагностирование АД - это определение его текущего ТС на основе сравнения (сопоставления) измеренных (определенных) значений

диагностических показателей с установленными нормативно-технической документацией значениями соответствующих диагностических параметров». Рутинная формула диагностики выглядит весьма простой и не отражает всех сложностей реальных процессов, протекающих при диагностировании ТС АД. На самом деле этот процесс является весьма сложным многофакторным процессом, требующим при его организации и проведении квалифицированных действий. К таким действиям относится оценка точности измерения (определения) количественных значений диагностических признаков, их осреднение и нормализация, т.е. приведение к установленной номенклатуре режимов работы АД при стандартных атмосферных условиях.

Выполнив данные действия, получим переход от текущего значения случайной величины к измеренной действительной осредненной случайной нормализованной величине. После этого можно уточнить рутинную формулу диагностики и записать ее в следующем виде: «Техническое диагностирование АД - это определение его текущего ТС на основе сравнения (сопоставления) измеренных (определенных) действительных осредненных случайных нормализованных значений диагностических показателей с установленными нормативно-технической документацией значениями соответствующих диагностических параметров».

В случае реализации предлагаемой авторами уточненной формулы диагностики стандартная оценка достоверности получаемых при ее использовании результатов, т.е. результатов сравнения величин диагностических показателей с величиной диагностического параметра дает возможность установить верный диагноз с вероятностью в пределах 95 – 99 %. Данная вероятность является очень высокой по сравнению с вероятностью установки диагноза на основании простого сравнения текущего значения случайной величины с величиной диагностического параметра. Очевидно, что в большинстве случаев эти две величины просто нельзя сравнивать, поскольку они являются величинами, взятыми из разных совокупностей случайных величин, т.е. из разных множеств рассматриваемой случайной величины, имеющих место при различных условиях окружающей среды и разных режимах работы АД.

Однако на практике кроме вопросов о точности и достоверности диагноза ТС АД практически всегда стоит вопрос о достоверности предсказания вероятности не возникновения внезапного отказа на ближайшем предстоящем интервале времени, например во время выполнения полета. Предложенная формула диагностики основывается на стандартных подходах к требованиям, предъявляемым к величинам дисперсии, среднеквадратического отклонения и вариации рассматриваемых диагностических показателей. Поэтому, вероятность не возникновения внезапного отказа на ближайшем предстоящем интервале времени составляет рутинную величину $\approx 68,2$ %. Такой безотказности явно не достаточно для организации удовлетворительной эксплуатации современных авиационных двигателей. В результате в эксплуатации достаточно часто происходят внезапные отказы, которые не были предсказаны на основе прогнозирования, использующего стандартные методики. Исследования, проведенные авторами, показывают, что вероятность предсказания не возникновения внезапных отказов на предстоящем интервале времени при использовании современных и перспективных авиационных двигателей и соответствующих им методик диагностики ТС может быть увеличена до значения $\approx 99,7$ %. Очевидно, что это существенным образом может повысить безопасность полетов при одновременном снижении эксплуатационных затрат на ремонт и восстановление внезапно отказавших авиационных двигателей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальный стандарт Российской Федерации. Воздушный транспорт. Система технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Организация работ по диагностике технического состояния авиационной техники. Общие требования: ГОСТ Р 55255-2012. – Москва: Изд-во стандартов, 2014. – 22 с.
2. Техническая диагностика. Термины и определения. Общие требования: ГОСТ 20911-89. – Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 26 с.
3. Точность методов и результатов измерений. Использование значений точности на практике. Общие требования: ГОСТ 5725-6-2002. – Москва: Изд-во стандартов, 2009. – 88 с.

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ ПО ДИНАМИКЕ ИЗМЕНЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТОВ ПЕРЕДАТОЧНОЙ ФУНКЦИИ

В процессе технической эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей (ГТД) для поддержания их исправного технического состояния (ТС) проводятся регламентные работы (РР). При выполнении РР производится опробование двигателей по единой программе.

В таблице 1 представлен перечень параметров работы двигателя, регистрируемых при его наземном опробовании.

Таблица 1 – Перечень параметров работы ГТД, регистрируемых при наземном опробовании

Наименование параметра	Диапазон измерения
Частота вращения ротора низкого давления (РНД), n_1	5...110 %
Частота вращения ротора высоко давления (РВД), n_2	5...110 %
Температура газов за турбиной, T_4	0...1000 °C
Положение рычага управления двигателем (РУД), $\alpha_{руд}$	0...70 град
Текущее значение остатка топлива $G_{т(ост)}$	0...7000 кг

Помимо параметров, указанных в таблице 1, дополнительно регистрируются разовые команды, перечень которых представлен в таблице 2.

Таблица 2 – Перечень разовых команд, регистрируемых при наземном опробовании

Наименование разовой команды	Обозначение
Запуск левого (правого) двигателя	ЗЛ (ЗП)
Сбрось обороты левого (правого) двигателя	СОл (СОпр)
Пожар левого (правого) двигателя	ПЖл (ПЖпр)
Давление топлива на входе в ДЦН левого (правого) двигателя минимальное	Ртл (Ртпр)
Включение клапана сброса левого (правого) двигателя	–
Остаток топлива минимальный (600 кг)	ТМ

Существующие алгоритмы экспресс-анализа обеспечивают лишь контроль выхода параметров работы двигателя за пределы эксплуатационных ограничений.

Изменение динамических свойств двигателя может свидетельствовать о возможном развитии неисправностей его конкретных узлов. В процессе диагностики предлагается анализировать переходную характеристику двигателя, получаемую при наземном опробовании двигателя.

Контролируемым участком сигналаграммы является участок перевода РУД из положения «Малый газ» в положение «Максимал» за время не более 2 секунд. В качестве диагностических параметров предлагается использовать коэффициенты передаточной функции (ПФ).

Известно [1], что инерционность вращательного движения роторов ГТД на несколько порядков выше инерционности процессов транспортировки и преобразования топлива в тепло, а также выше инерционности процессов заполнения и опустошения внутренних объемов проточной части двигателя. Поэтому в математической модели двигателя целесообразно учитывать только инерционность вращательного движения роторов.

После линеаризации, исключения промежуточных переменных моментов и перехода к относительным отклонениям, математическая модель двигателя (по частоте вращения РНД)

описывается дифференциальным уравнением второго порядка. Следовательно, двигатель как объект регулирования (по частоте вращения РНД), можно представить в виде последовательного соединения аperiodического звена 2-го порядка и форсирующего звена 1-го порядка с передаточной функцией по частоте вращения ротора низкого давления n_1 при управляющем воздействии $G_T(\alpha_{\text{РВД}})$

$$W_{n_1, G_T}(p) = \frac{K_H(T_H p + 1)}{T^2 p^2 + 2T\xi p + 1}, \quad (1)$$

где T – постоянная времени двигателя, с;

ξ – коэффициент затухания;

K_H – коэффициент усиления n_1 по G_T ;

T_H – постоянная времени форсирующего звена, с.

Частота вращения РНД косвенно характеризует динамическую и тепловую нагруженность узлов двигателя. Изменение значений данного параметра в процессе работы двигателя фиксируется БУР. Следовательно имеется возможность регистрации текущей переходной характеристики двигателя $n_1(t)$ на переходном режиме при управляющем воздействии $\alpha_{\text{РВД}}(t)$ (рисунок 1).

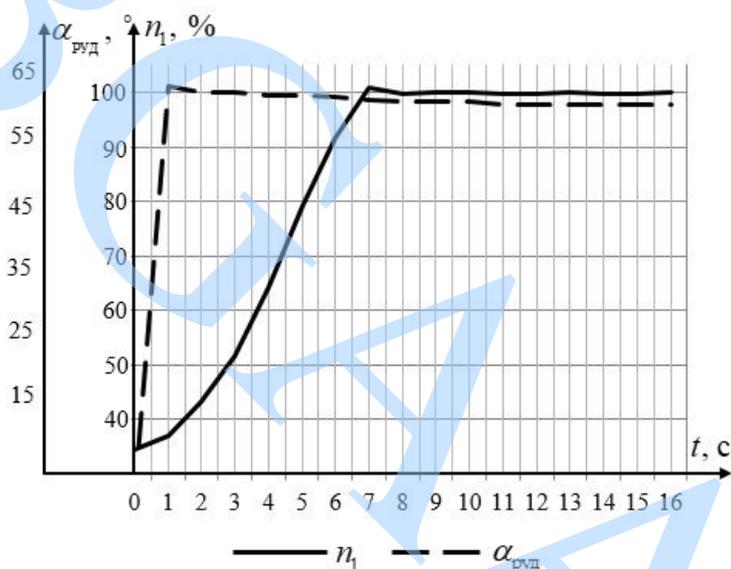


Рисунок 1 – Переходная характеристика $n_1(t)$ двигателя Р95Ш при изменении положения $\alpha_{\text{РВД}}$ от «Малого газа» до «Максимала»

Для определения коэффициентов ПФ (K_H, T_H, T, ξ) по известной переходной характеристике двигателя, предлагается использовать метод Симою [2].

На основании результатов проведенного анализа была разработана методика диагностики ГТД по динамике изменения параметров ПФ ГТД (рисунок 2):

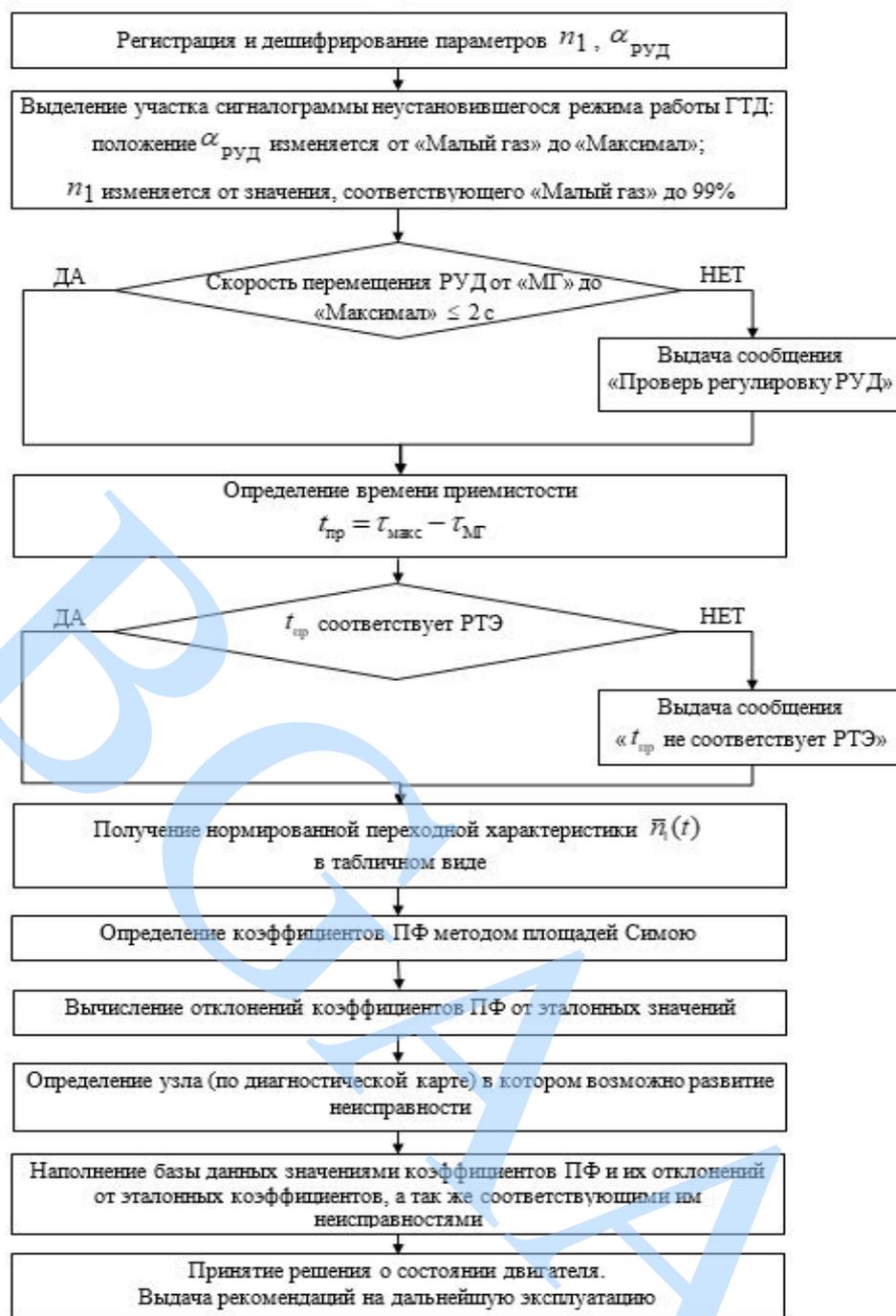


Рисунок 2 – Методика диагностики ГТД по динамике изменения коэффициентов ПФ

Разработанная методика оценки технического состояния двигателя отличается от известных применением математического аппарата теории автоматического управления силовыми установками летательного аппарата при формировании решающих правил, что позволяет обеспечить возможность автоматизации процесса мониторинга технического состояния ГТД по текущим данным объективного контроля.

ЛИТЕРАТУРА

1. Штода, А.В. Системы управления авиационных силовых установок / под общей редакцией А. В. Штода. – Харьков : Харьковский ВВАИУ, 1988. – 327 с.
2. Симоу, М.П. Определение коэффициентов передаточных функций лианеризованных звеньев и систем авторегулирования / М. П. Симоу // Автоматика и телемеханика. – 1957. – № 6. – С. 514–528.

ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА БЕЗОШИБОЧНОСТЬ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Одним из слагаемых поддержания высокой надежности авиационной техники является предупреждение ошибок летного и инженерно-технического состава (далее – ИТС) при ее эксплуатации.

«Цена» ошибки в настоящее время значительно возросла и недоработка одного специалиста может отрицательно сказаться на решении поставленной летному экипажу задачи, создать условия, опасные для его жизни, привести к выходу из строя той или иной системы воздушного судна.

Анализ ошибочных действий ИТС, полученных в процессе эксплуатации воздушных судов, показывает, что ошибки обуславливаются двумя категориями:

- недостатками взаимодействия человека и техники («человеческий фактор»), т.е. возможностями и ограничениями, присущими всем людям при наличии объективных затруднений со стороны техники и окружающей среды;

- ограниченными возможностями и недостатками конкретного специалиста, выполняющего работу («личный фактор»), т.е. индивидуальными, преимущественно отрицательными характеристиками данного человека, мешающими ему успешно выполнить работу.

Взаимодействие этих категорий изменяет вероятность возникновения ошибок. Их совпадение увеличивает вероятность возникновения ошибочных действий и, наоборот, благоприятные личностные особенности человека, выполняющего работу, предотвращают появление части закономерных ошибок, заложенных в конструкцию воздушного судна.

Конструктивно-производственные недостатки авиационной техники являются объективной причиной, способствующей появлению «человеческого фактора».

Выполнение тяжелых в физическом отношении работ в сочетании с умственным и эмоциональным напряжением при обслуживании авиационной техники является одной из причин ошибок. Имеющиеся недостатки в организации труда, чередование относительно спокойных периодов с весьма напряженными (подготовка к повторному вылету, устранение неисправностей и отказов, подготовка к полету по тревоге, ночные и дневные полеты на боевое применение и т.п.) создают напряженные ситуации, при которых вероятность ошибочных действий значительно возрастает. Исследования показывают, что работоспособность и вероятность допущения ошибок специалистами ИАС существенно изменяются как в течение суток, так и в течение рабочей смены.

Нервное напряжение создается за счет ограниченного времени и связанного с ним высокого темпа работы, личной ответственности за надежность техники в полете, из-за наличия помех и ряда других факторов, негативно влияющих на работоспособность.

В указанных условиях специалисты ИАС должны соблюдать высокую точность работы и определенную последовательность операций.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дьяченко, А.А. Летательные аппараты и безопасность полета / А.А. Дьяченко. – Москва: 1987. - 625 с.
2. Сакач, Р.В. Безопасность полетов / Р.В.Сакач. - Москва, 1989. - 240 с.

Д.Д. Губанов, А.В. Сотников, Л.М. Трофимов

*ВУНЦ ВВС «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», г. Воронеж***ВОЙСКОВОЙ РЕМОНТ ВЕРТОЛЕТОВ МИ-8 С БОЕВЫМИ ПОВРЕЖДЕНИЯМИ**

Вертолеты Ми-8 различных модификаций, стоящие на вооружении армейской авиации, предназначены для выполнения широкого круга задач: боевых, транспортно-десантных, разведывательных, специальных и др.

Анализ применения вертолетов Ми-8 в локальных конфликтах, и в частности в Афганистане [1], показывает, что в большинстве случаев полеты выполняются на малых высотах до 1200 м над рельефом местности. Это значительно повышает вероятность их поражения стрелково-пушечным и зенитно-ракетным огнем противника. В результате такого воздействия поражение вертолета будет происходить в нижнюю и боковые полусферы, указанные на рисунке 1. При этом поврежденный вертолёт в большинстве случаев способен продолжать полёт, чтобы вернуться на базу и быть объектом войскового ремонта. Исходя из этого, инженерно-технический состав должен быть подготовлен к работе по восстановлению планера, систем и оборудования вертолета в короткие сроки. Такая подготовка базируется на знании данных о боевой повреждаемости, использовании типовых технологий по устранению характерных неисправностей.

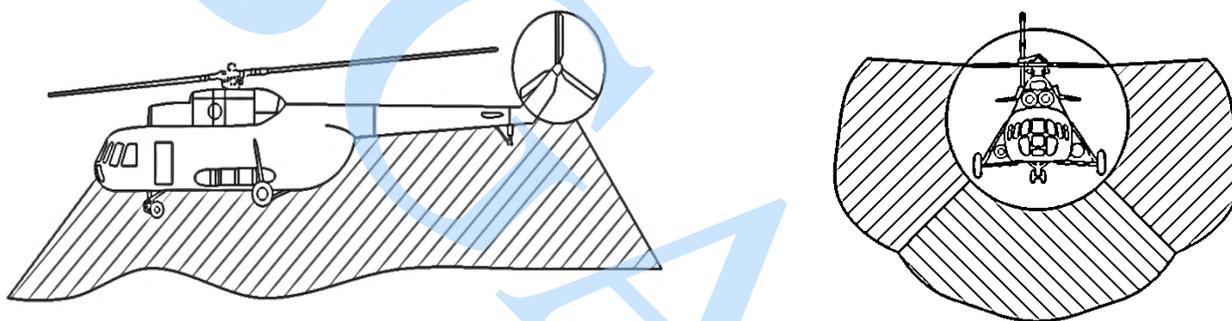


Рисунок 1 - Зоны поражения вертолета

Анализ боевой повреждаемости вертолётa Ми-8 показывает, что наибольшее количество повреждений среди основных функциональных систем вертолётa приходится на планер – 49 %. Далее следуют: силовая установка, включающая в себя двигатели и их системы, несущий (НВ) и рулевой (РВ) винты – 41 %; топливная система – 25 %; система управления и гидравлическая система – 24 %; авиационное вооружение (АВ), авиационное (АО) и радиоэлектронное (РЭО) оборудование – 34 %.

Для боевых повреждений характерна их совокупность, т.е. одновременное повреждение составных частей различных систем и агрегатов (планера, двигателя, несущей системы, главного редуктора, бортовых электрических сетей, АВ, АО и РЭО). Боевые повреждения могут иметь следующий вид: полное или частичное разрушение деталей и узлов, пробоины, трещины, вырывы и сколы материала, вмятины, деформации, гофры, забоины, разрывы, царапины, перебития, сплющивания и др.

У планера, при применении стрелково-пушечного оружия, наиболее часто повреждаются агрегаты и узлы с большими поверхностями: фюзеляжные отсеки, хвостовая и концевая балки, несущий и хвостовой винты, остекление, подвесные и дополнительные топливные баки. Размеры повреждений (главным образом пробоин и разрывов) находятся в пределах 5-50 мм, иногда достигают 150 мм.

Двигатели и главные редукторы на вертолете экранируются капотом и фюзеляжем, а в условиях полета, в некоторой степени, прикрыты вращающимся конусом несущего винта. Боевые повреждения элементов конструкции вертолетных двигателей приходится на проточную

часть, корпусные узлы, коммуникации, а у главных редукторов – на вал несущего винта, верхний корпус, маслоотстойник и приводы. В случаях повреждений двигателей возможности по их ремонту непосредственно на вертолетах ограничены, в демонтированном состоянии двигатель может быть разобран на узлы с отказавшими или поврежденными деталями. Так на двигателе, установленном на вертолете можно заменить насос-регулятор, пылезащитное устройство (ПЗУ), корпус выходного устройства.

Наибольшую опасность представляют повреждения несущей системы. При этом повреждаемость НВ в 5–8 раз больше, чем РВ, это объясняется соответствующей разницей в размерах и ориентацией к направлению обстрела. Основными видами боевых повреждений - пробоины хвостовых отсеков и лонжерона, вырыв сотового заполнителя хвостовых отсеков НВ и РВ. Повреждения обычно сквозные и односторонние, гладкие и рваные, кучные и разнесённые на значительное расстояние. Диаметры входных отверстий соответствуют калибру пуль, на выходе отверстия достигали диаметра 12–20 мм. Площадь повреждений от попадания пуль может достигать 2500 мм².

Боевая повреждаемость систем управления вертолетом в основном приходится на тяги управления, - при попадании в них пуль малого калибра происходит их сквозное пробивание (без перебития). Повреждения гидросистемы приходятся в большей части на трубопроводы и шланги. Основными видами боевых повреждений являются сквозные пробоины с образованием рваных лепестков, перебитие труб и шлангов, разрушение ниппельных соединений, вмятины. На агрегатах гидросистемы, - пробитие корпусов, отрывы штуцеров, разрушение узлов подшипников, перебития и сколы материала тяг и качалок.

Основными видами повреждений АВ, АО и РЭО – это повреждения бортовой электрической сети - перебитые жгуты и отдельные провода, разрушение экранировки и изоляции, что нередко приводило к отказам систем, коротким замыканиям, пожарам. Из механических агрегатов АВ боевые повреждения чаще всего получали балочные держатели и их обтекатели, блоки неуправляемых реактивных снарядов.

Типовые технологии по войсковому ремонту вертолета Ми-8, имеющего боевые повреждения, приведены в книге [2] «Ремонт планера, систем и агрегатов».

Кроме того, в книге изложены перечни проверок при дефектации, вопросы по очистке, консервации, хранению, расконсервации, нанесению защитных и лакокрасочных покрытий узлов и деталей вертолета.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жирохов, М.А. Опасное небо Афганистана. Опыт боевого применения советской авиации в локальной войне 1979–1989 / М.А. Жирохов. - М. : Центрполиграф, 2012. - 319 с.
2. Вертолет Ми-8. Руководство по ремонту. Книга II. Ремонт планера, систем и агрегатов. М. : - Внешторгиздат. Типография ВТИ. - 468 с.

УДК 629.735.33

Д.Ю. Стрелец, Хуан Чжэн, А.В. Гостев

Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)

ОСОБЕННОСТИ КОМПОНОВКИ ТОПЛИВНЫХ ЁМКОСТЕЙ САМОЛЁТА С УЧЁТОМ ЕГО МАССОВО-ИНЕРЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Топливная система предназначена для размещения топлива на ЛА, подачи топлива к насосам двигателя (двигателей) на всех режимах его работы и выполнения ряда вспомогательных функций.

К топливной системе предъявляются следующие основные требования:

- вместимость топливных баков должна обеспечивать полет самолета на заданную дальность (продолжительность) при использовании всех видов топлива, допущенных к эксплуатации на данном ЛА;
- обеспечение двигателей топливом на всех режимах полета ЛА;
- обеспечение использования всего запаса топлива для работающих двигателей в случае отказа части двигателей;
- сохранение топлива в исправных баках при повреждении других;
- применение (в случае необходимости) централизованной системы заправки топливом ЛА;
- простота в управлении, удобство и безопасность эксплуатации системы в полете и на земле;
- обеспечение центровки ЛА в заданном диапазоне за счет определенного порядка выработки топлива из баков;
- обеспечение высокой эксплуатационной живучести и надёжности топливной системы.

Предъявленные требования определяют технический облик топливной системы (структуру построения системы, состав и характеристики элементов, входящих в нее).

Топливная система современного ЛА представляет собой сложный комплекс взаимосвязанных подсистем: заправки и слива топлива, перекачки топлива и подачи его к двигателю (контур питания), подбора остатков топлива, слива топлива, командного давления, охлаждения топливом, дренажа и наддува топливных баков.

В данной работе под авиационной топливной системой (АТС) понимается весь комплекс устройств, существенно определяющий надёжность и безопасность полета и обеспечивающий хранение топлива в баках и его подачу в камеру сгорания двигателя, а также при необходимости перекачку топлива для балансировки самолёта.

Одной из задач проектирования летательного аппарата является определение его массово-инерционных характеристик. Знание этих характеристик позволяет решать целый ряд важных задач проектирования. К их числу относятся задачи исследования динамических характеристик конструкции планера, собственные частоты колебаний которого зависят от моментов инерции. Без знания инерционных характеристик нельзя решать задачи исследования характеристик устойчивости и управляемости самолета и проектировать его систему управления.

Мерой инерционности любого тела являются его осевые моменты инерции $I_x; I_y; I_z$ (в декартовой системе координат). Общий вид (1).

$$I_i = \int_V 2i^2 dm \quad (1)$$

где: $2i$ - расстояние элементарной массы до i -й оси координат; dm - элементарная масса тела. Интегрирование проводится по занимаемому телом объёму V .

Моментно-инерционные характеристики во многом определяются схемными решениями в облике самолета. Проблема корректного определения моментов инерции приобрела особую остроту в связи с увеличением размеров самолетов и их взлетной массы. Поскольку моменты инерции возрастают пропорционально четвертой или пятой степени линейного размера, с ростом размеров самолета инерционность самолетов, а соответственно и потребные управляющие усилия резко возрастают [1, 2]. На основе принятых схемных решений в зависимости от заданной массы топлива и целевой нагрузки на рисунке 1 приведён алгоритм формирования компоновки топливных ёмкостей самолета.

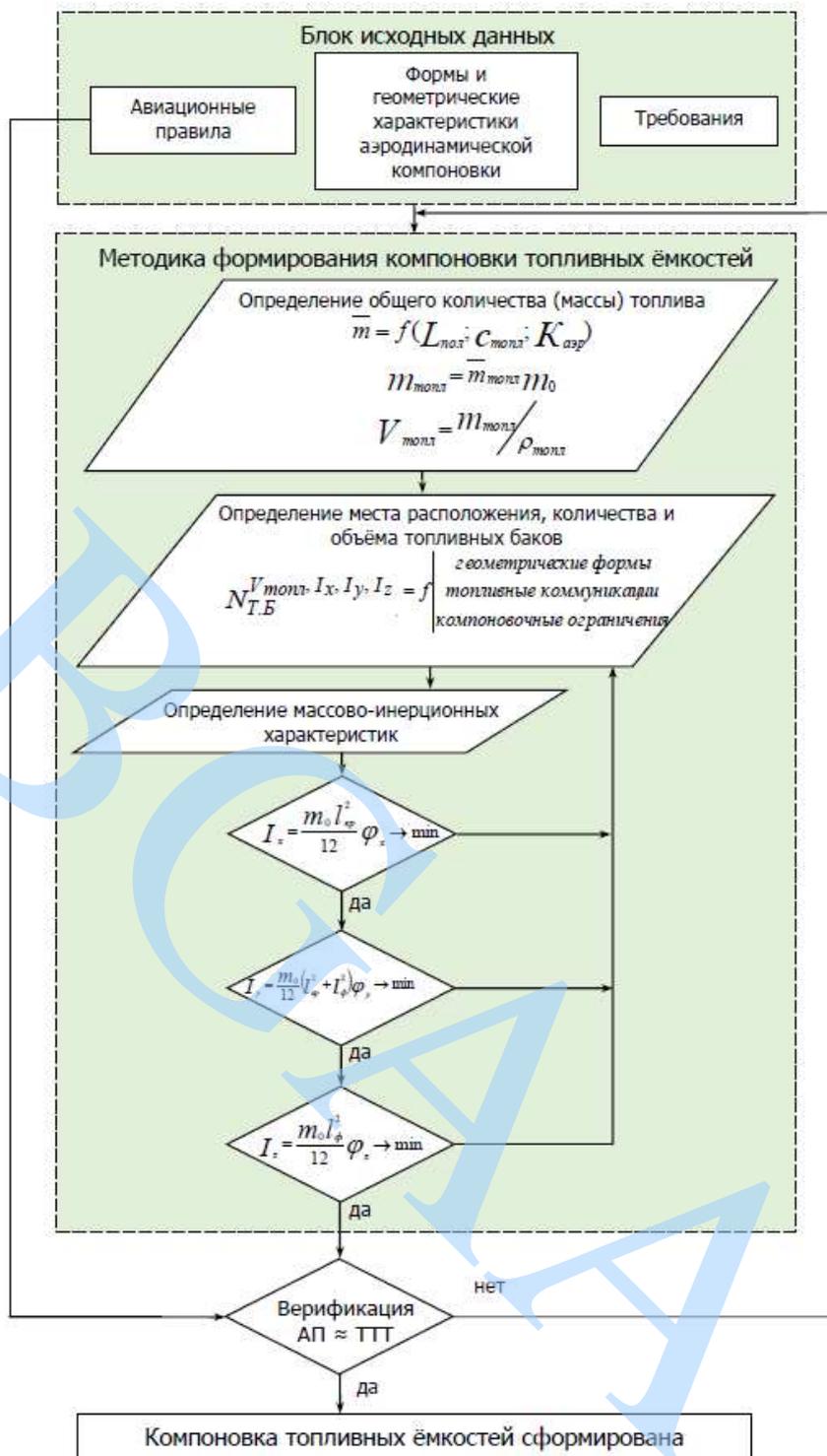


Рисунок -1 Алгоритм формирования компоновки топливных ёмкостей

В результате проведенного анализа массовых характеристик, форм и зон и компоновки было определено, что в большинстве случаев градиент изменения моментов инерции самолета зависит от массовых и компоновочных параметров двигателя и топлива.

Таким образом, при заданных массово-геометрических параметрах самолета основными компонентами, влияющими на инерционные характеристики относительно оси ОХ, является масса топлива в крыле и зоны компоновки топлива и двигателей. Следовательно, данные компоненты уравнения моментно-инерционного баланса можно рассматривать как параметры, определяющие моментно-инерционную компоновку самолета. Так как изменения геометрических параметров крыла самолёта имеют ограничительный характер, то улучшение его массово-инерционных характеристик можно проводить за счёт компоновки топливных баков на этапе проектирования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шейнин, В.М. Весовое проектирование и эффективность пассажирских самолетов / В.М Шейнин, В.И. Козловский. - М.: Машиностроение, 1977. – Т. 1,2– 208с.
2. Проектирование самолётов : 5-е изд., перераб. и доп / под ред. М.А. Погосяна. – М.: Инновационное машиностроение, 2018. – 864 с.

УДК 629.735.45

Е.В. Фетисов, С.А. Шевцов, И.И. Завялик, Д.А. Мокшин

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

АНАЛИЗ ПРИЧИН ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ГИДРО-ГАЗОВЫХ СИСТЕМ ВЕРТОЛЕТА АРМЕЙСКОЙ АВИАЦИИ

Вертолеты армейской авиации базируются и выполняют задачи по предназначению в различных природно-климатических условиях, характеризующихся географическим расположением и состоянием атмосферы [1]. Эти условия эксплуатации вертолетов армейской авиации и обуславливают специфические особенности их технического обслуживания.

Проведенный анализ надежности систем вертолетов армейской авиации показал, что в процессе эксплуатации наибольшее количество отказов и неисправностей возникает в тех системах, в которых в качестве рабочего тела используются жидкости и газы. В большей степени это происходит по причине попадания частиц пыли и песка при заправке и зарядке гидро-газовых систем вертолета, а также операциях связанных с техническим обслуживанием этих систем.

От бесперебойного и безотказного функционирования агрегатов и узлов гидро-газовых систем зависит надежность вертолета в целом, так как эти системы обеспечивают работу силовых установок, систем управления и систем жизнеобеспечения.

Надежность – свойство объекта сохранять во времени способность выполнять требуемые функции в заданных режимах и условиях применения, технического обслуживания, хранения и транспортирования [2].

Загрязнениями считаются разнообразные по природе твердые частицы, жидкие газообразные примеси, а также микроорганизмы наличие которых ухудшает физико-химические свойства рабочих жидкостей и газов, применяемых в гидро-газовых системах вертолета.

Загрязнения поступают в гидро-газовые 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 так же заправке и зарядке систем).

В настоящее время вертолеты армейской авиации эксплуатируются в сложных и часто меняющихся условиях воздействия окружающей среды. Активное применение вертолетов армейской авиации в южных регионах с жарким климатом и повышенной запыленностью воздуха увеличивает вероятность возникновения отказов и неисправностей агрегатов гидро-газовых систем. В то же время для предотвращения попадания посторонних частиц и загрязнений в гидро-газовые системы вертолетов армейской авиации конструктивно предусмотрены различные пылезащитные устройства для очистки поступающего воздуха от пыли и песка, а в самих системах фильтроэлементы для очистки рабочих жидкостей и газов. Однако частицы загрязнений, содержащиеся в атмосфере южных регионов, имеют маленькие размеры и обладают высокой проникающей способностью, что снижает функции фильтрующих устройств и не позволяет в

полной мере обеспечивать чистоту жидкостей и газов, применяемых в функциональных системах вертолета.

Таким образом, возникает необходимость проведения дополнительных исследований, направленных на поддержание заданного уровня надежности гидро-газовых систем при эксплуатации вертолетов армейской авиации в природно-климатических условиях с жарким климатом и повышенной запыленностью воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пугачев, А.И. Техническая эксплуатация летательных аппаратов. Учебник для вузов гражданской авиации. Изд. 2-е, перераб. и доп. / А.И. Пугачев, А.А. Комаров. – М. : «Транспорт», 1977. – 440 с.

2. Надежность в технике. Термины и определения : ГОСТ 27.002-2015. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 30 с.

УДК 620.179.17

А.А. Крылов, М.Е. Востриков

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

МЕТОДЫ, СПОСОБЫ И ВОЗМОЖНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОДШИПНИКОВЫХ ОПОР АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Повышение надежности воздушных судов военного назначения (ВС ВН) 4+ и 5-го поколения является достаточно сложной и актуальной задачей в современных условиях развития и совершенствования ВС ВН по причине растущей сложности элементов конструкции, на этапах разработки, производства и в процессе эксплуатации. При расчетах показателей надежности авиационной техники в процессе ее разработки исходными данными являются данные о надежности элементов, в частности, данные об интенсивностях их отказов. Наиболее нагруженным элементом всего ВС, является газотурбинный двигатель (ГТД). Существенную долю отказов ГТД, приводящих к досрочным съемам двигателей с эксплуатации составляют разрушения подшипниковых опор роторов низкого и высокого давления. Проведенный авторами анализ статистических данных за период с 2015 по 2020 год показывает, что за указанный период значительная доля авиационных двигателей были досрочно сняты с эксплуатации по причине отказа (заклинивания) подшипников опор роторов.

Основными факторами, влияющими на ресурс подшипниковых опор роторов ГТД, являются:

- статические и динамические нагрузки, передаваемые от основных узлов через ротор и подшипниковые опоры на корпус ГТД;
- качество применяемых ГСМ;
- качество изготовления и сборки двигателя на этапах разработки производства и в процессе эксплуатации;
- вибрационные нагрузки и другие факторы.

Следовательно, необходима своевременная диагностика технического состояния подшипников опор роторов, на основе современных средств и методик диагностики.

К основным существующим методам диагностики повреждения подшипниковых опор ГТД относятся [1]:

- трендовый анализ;
- анализ сигналов во временной области;

- анализ сигналов в частотной области;
- пространственный анализ параметров вибрации, рассмотрим эти методы подробнее.

Методы вибрационной диагностики подшипниковых опор, основанные на трендовом анализе. Трендовый анализ заключается в изменении значений интегральной вибрации, измеряемой бортовыми устройствами измерения и регистрации, на корпусе ГТД. Этот метод, ввиду простоты реализации, получил наибольшее распространение. Под интегральной вибрацией понимается некоторое усредненное значение вибрационного сигнала в заданной полосе частот. Для ГТД это диапазон частот вращения роторов, для наземных газотурбинных установок принят и стандартизован частотный диапазон от 10 до 1000 Гц. Усреднение сигнала проводится либо путем вычисления среднеквадратического значения вибрационного сигнала (СКЗ), либо путем вычисления среднего по модулю значения амплитуды вибрации (двигатели серии АЛ). Результаты таких усреднений (СКЗ и среднее по модулю) близки, но по модулю значение несколько ниже среднеквадратического – до 10% [2]. Интегральная вибрация двигателя служит критерием интенсивности вибрационных процессов, протекающих в ГТД. При статистическом анализе сложных сигналов вибрации, большая часть диагностической информации теряется.

Методы вибрационной диагностики подшипниковых опор, основанные на анализе сигналов во временной области. Анализ изменения амплитуды вибрации в течение некоторой временной выборки не так полезен для диагностики ГТД, как другие виды представления информации (например - спектр). Некоторые виды неисправностей, которые не всегда имеют очевидное отражение в спектре вибрации, могут быть определены по анализу его формы. Стационарные (в статистическом смысле) вибрации механических систем представляются оценками вероятностных характеристик, которые определяются путем усреднения по времени. Данными методами могут выявляться повреждения, такие как единичные большие сколы взаимодействующих рабочих поверхностей деталей подшипниковой опоры, вызывающие единичные импульсы, которые хорошо просматриваются в сигнале, разложенном по времени.

Методы вибрационной диагностики, использующие анализ в частотной области. Вибросигнал зачастую состоит из различных составляющих широкого частотного диапазона от нескольких Гц и до сотен кГц. Поскольку диагностическая информация содержится, в том числе и в данных о частотных компонентах сигнала, то приходится разделять исследуемый вибросигнал на составляющие отдельных частотных диапазонов.

Пространственный анализ параметров вибрации подразумевает исследование функциональной зависимости измеряемых параметров вибрации от времени, частоты, пространственных координат и порядкового номера в группе независимых измерений вибрации. Составляющие данного метода:

- метод определения среднего положения вала. Определяет нагруженность подшипниковых опор ГТД. Данный метод имеет высокую информативность, но для подшипников качения в составе ГТД сложно применим, из-за невозможности установки датчиков непосредственно у элементов опор роторных систем.

- анализ траектории перемещения центра вала. Метод определяет правильную интерпретация орбиты прецессии вала ротора, позволяет понять природу вынуждающих сил. Орбита может быть представлена в исходном или отфильтрованном виде.

К современным способам и устройствам диагностики подшипниковых опор авиационных двигателей можно отнести:

- устройство для измерения акустического сигнала от деталей турбомшины [3];
- способ обнаружения резонансных колебаний ротора газотурбинного двигателя [4];
- способ определения динамического дисбаланса ротора авиационного газотурбинного двигателя [5];

Проведенный анализ основных существующих методов, способов и устройств диагностики подшипников опор роторов вала ГТД, по ряду критериев оценки показывает, что ни один из них, полностью не обеспечивает заданный уровень надежности на всех этапах эксплуатации. Следовательно, необходима разработка средств диагностики опор роторов вала ГТД основанных на применении способов и математических моделей, которые будут эффективны (информативны) даже при несущественных повреждениях (начальные стадиях разрушения) подшипниковых опор

ГТД. Возможным способом решения данной задачи является применение комплексной методики на основе алгоритмов нейронных сетей (ИНС) и современных способов и приборов диагностики. К несомненным достоинствам применения алгоритмов нейронных сетей, можно отнести [6]:

- высокое быстродействие (особенно в случае аппаратной реализации с использованием преимуществ массовой параллельной обработки);
- потенциально высокую помехо- и отказоустойчивость (в силу структурной избыточности, присущей самой природе ИНС, ошибка или отключение части сети для ее устранения не приводят к отказу ИНС, а лишь могут снизить качество обработки информации);
- универсальность применения, возможность решения плохо формализуемых задач (кластерный анализ, идентификация, прогноз и т.п.);
- способность приобретения знаний об исследуемой предметной области, обучаясь на примерах и подстраивая веса синаптических связей для интерпретирования предъявляемых им многомерных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Диагностика технических устройств / Г.А. Бигус [и др.]. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. – 615 с.
2. Звонарев, С.Л. Измерение и анализ вибрации газотурбинных двигателей / С.Л. Звонарев – М.: Изд-во МАИ, 2004. – 106 с.
3. Устройство для измерения акустического сигнала от деталей турбомшины. Пат. 2642963 Российская Федерация, МПК G01M 15/00. / Герман Г.К., Зубко И. О., Зубко А. И.; заявитель и патентообладатель ПАО ОДК - УМПО (RU). - № 2017112768; заявл. 13.04.2017; опубл. 29.01.2018, Бюл. № 4.
4. Способ обнаружения резонансных колебаний ротора газотурбинного двигателя. Пат. 2668358 Российская Федерация, МПК G01H 13/00. / Герман Г. К., Зубко И. О., Зубко А. И.; заявитель и патентообладатель ПАО ОДК - УМПО (RU). - № 2017139961; заявл. 17.11.2017; опубл. 28.09.2018, Бюл. № 28.
5. Способ определения динамического дисбаланса ротора авиационного газотурбинного двигателя. Пат. 2627750 Российская Федерация, МПК G01M 15/14. / Герман Г. К., Зубко И. О., Зубко А. И.; заявитель и патентообладатель ПАО ОДК - УМПО (RU). - № 2016132676; заявл. 09.08.2016; опубл. 11.08.2017, Бюл. № 23.
6. Сизых, В.Н. Нейросетевая система автоматического управления самолёта в режиме демпфирования / В.Н. Сизых, А.А. Крылов, Е.В. Озеров // Вестник воронежского государственного технического университета. Воронеж. – 2011. –№7. – часть №1. – С. 189 – 194.

УДК 620.179.17

А.В. Попов, А.О. Самуйлов

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

АКУСТИКО-ЭМИССИОННОЙ МЕТОД ОПЕРАТИВНОЙ ОЦЕНКИ ТРЕЩИНОСТОЙКОСТИ ПЛАНЕРА ВОЗДУШНЫХ СУДОВ НА ОСНОВЕ ИНВАРИАНТОВ

Только за последние 5 лет в государственной авиации зафиксировано более 20 авиационных событий, причиной которых явилось частичное или полное разрушение силовых элементов планера воздушных судов (ВС). Разрушение силовых элементов планера ВС в полете приводит к тяжелым последствиям, начиная от прекращения полетного (боевого) задания, что уже является авиационным происшествием, до аварии ВС и гибели летного состава.

Определение трещиностойкости силовых элементов планера ВС в настоящее время производится оптическими методами, проникающими веществами, магнитными методами на

предмет наличия трещин [1]. Такая методика не позволяет должным образом обнаруживать развивающиеся дефекты, дефекты малых размеров, а также дефекты, находящиеся в труднодоступных местах.

К перспективным методам диагностики трещиностойкости следует отнести акустический метод диагностики позволяющий оценивать опасность возникновения усталостного разрушения вне зависимости от типа, размеров и предыстории эксплуатации.

Особенностью метода акустической эмиссии (АЭ), определяющей его использование для оценки трещиностойкости силовых элементов планера воздушных судов, является возможность выявления развивающихся (активных) дефектов, т.е. таких дефектов, которые могут вызвать разрушение конструкции и привести к человеческим жертвам или существенным материальным потерям, а также классифицировать повреждения по степени опасности и оценивать остаточный ресурс конструкции [2-3].

Важным критерием для диагностики данным методом является приложение нагрузки к объекту контроля. Степень приложения нагрузки выбирается из условий достижения норм и прочности и безопасной эксплуатации для данной конструкции [3].

Предлагается рассмотреть статистический метод оценки кинетики разрушения, основанный на инвариантных соотношениях характеристик случайных потоков (математическое ожидание и дисперсия) импульсов АЭ называемых «разладками» [4].

Характер «разладки» зависит от особенностей материала и динамики нагружения конструкций. Предлагаемый метод оценки процессов АЭ обладает следующими преимуществами:

- дает возможность повышения достоверности оценки прочностных характеристик конструкций силовых элементов планера ВС по сигналам АЭ;
- возможность периодического и постоянного определения прочностных характеристик конструкций;
- по информации о характере распределений и «разладки» для одного элемента позволяет осуществлять определение прочностных характеристик конструкций однотипных серий;
- справедливость использования предлагаемого метода подтверждена экспериментальными исследованиями, характерным изменением других информативных параметров АЭ [5-8].

Рассмотренный метод инвариантов является средством получения информации о характере внутренних процессов накопления повреждений в силовых элементах конструкций при деформировании. Так как все измерения сопровождаются случайными погрешностями, то обработка полученных результатов должна включать в себя операции над случайными величинами, выполняемыми на основе теории вероятностей и математической статистики.

Применение разработанного метода оперативной оценки трещиностойкости планера ВС на основе инвариантов АЭ, учитывающий степень опасности дефектов, может быть использован при постоянном или периодическом определении прочностных характеристик конструкций планера ВС и повышает вероятность обнаружения дефектов и позволяет прогнозировать динамику развития дефектов планера ВС на ранних стадиях.

ЛИТЕРАТУРА

1 Восстановление боевой авиационной техники. – Воронеж : издание ВВИА имени профессора Н.Е. Жуковского, 1989. – С. 251-253.

2 Правила организации и проведения акустико-эмиссионного контроля сосудов, аппаратов, котлов и технологических трубопроводов : ПБ 03-593-03. – М.: Ростехнадзор России, 2003. –102 с.

3 Неразрушающий контроль: справочник: в 8 т. /под общ. ред. В. В. Клюева. Т. 7: в 2 кн. Кн. 1. Метод акустической эмиссии / В. И. Иванов, И. Э. Власов. Кн. 2 Вибродиагностика / Ф. Я. Балицкий, А. В. Барков, Н. А. Баркова 2-е изд., дораб. – М.: Машиностроение, 2006. – 829 с.

4 Расщепляев, Ю.С. Метод инвариантов в задаче исследования потоков акустической эмиссии / Ю.С. Расщепляев, А.В. Попов // Дефектоскопия. – 2000. – № 10. – С. 71 – 75.

5 Способ оценки процессов разрушения конструкций при акустико-эмиссионном контроле: Пат. 2233444 РФ / А.В. Попов. Бюл. 2004. – № 21. – 5 с.

6 Расщепляев, Ю.С. Обобщение метода инвариантов для оценки изменения характеристик акустической эмиссии при контроле прочности конструкций / Ю.С. Расщепляев, А.В. Попов // Контроль. Диагностика. – 2006. – № 5. – С. 28 – 30.

7 Попов, А.В. Метод контроля прочности силовых элементов конструкций на основе оценки численно-временных характеристик АЭ-процессов / А.В. Попов, Е.А. Кондранин // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 7. – С. 45 – 47.

8 Попов, А.В. Определение прочностных характеристик конструкций на основе амплитудных инвариантов акустико-эмиссионных процессов / А.В. Попов, В.Э. Жумай // Контроль. Диагностика. – 2008. – № 10. – С. 29 – 32.

УДК 621.45.026

С.В. Кореньков, А.С. Колесников

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. Профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина», Российская Федерация

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИЛОВЫХ УСТАНОВОК ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ С ГАЗОТУРБИНЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

Условия использования авиационной техники любого назначения диктуют всё более высокие требования к её силовым установкам, особенно в отношении топливной эффективности. Газотурбинные двигатели (ГТД), в основном входящие в состав силовых установок современных летательных аппаратов, находящихся на пике своего совершенства.

Дальнейшее повышение их эффективности за счет увеличения основных параметров рабочего процесса (степени повышения давления и степени подогрева) ограничивается свойствами материалов, которые применяются в конструкции двигателей, в первую очередь газовых турбин. В случае появления таких материалов рост основных параметров будет ограничен возможностями применяемого топлива. Для получения максимального коэффициента полезного действия (КПД) двигателя степень повышения давления должна соответствовать степени подогрева, с увеличением степени повышения давления будет расти температура воздуха за компрессором, и для обеспечения требуемой степени подогрева необходимо повышать максимальной температурой газов на выходе из камеры сгорания. Так при температуре воздуха за компрессором 1100 К (при степени повышения давления 50) температура в камере сгорания должна составлять 2800...3000 К, а максимальная температура горения керосина при стехиометрической топливовоздушной смеси около 2700 К.

Другой подход к повышению экономичности ГТД – повышение КПД его элементов. Это направление является наиболее исследованным, и элементы двигателя на настоящий момент имеют максимально возможные КПД. Так увеличение КПД газовой турбины на 2% является сложной научно-технической проблемой, решение которой не является целесообразными, т.к. снижение удельного расхода топлива при этом составит менее 1%.

Таким образом, «доводка» ГТД традиционных схем не даст значимого эффекта, при достаточно больших затратах на ее проведение.

Еще одним направлением совершенствования ГТД может стать изменение термодинамического цикла Брайтона – Стечкина за счет перераспределения тепла и промежуточного охлаждения рабочего тела. Промежуточное охлаждение воздуха в двухкаскадном компрессоре (а их большинство) позволит снизить работу сжатия в каскаде высокого давления и потребную работу турбины высокого давления, что повысит КПД двигателя. Применение рекуператоров в затрубном тракте также позволяет увеличить КПД и снизить удельный расход топлива за счет ступенчатого подвода тепла к воздуху (перед камерой сгорания в рекуператоре и в камере сгорания за счет сжигания топлива). Но указанные меры приводят к усложнению конструкции ГТД, и не для всех их схем будут давать заметный положительный эффект.

Таким образом, существенное повышение топливной эффективности возможно только за счёт кардинальных изменений. Например, при переходе на другой тип топлива. Более высокой, по сравнению с авиационными керосинами, теплотворной способностью обладают газовые топлива (водород, метан, пропан). Но из-за низкой плотности их применение в качестве топлива силовой установки летательного аппарата затруднено. Выходом может стать хранение газов на борту в криогенном состоянии. В этом случае помимо запаса химической энергии возможно использовать хладоресурс, например для промежуточного охлаждения рабочего тела или для охлаждения элементов ГТД.

Авиационное сконденсированное топливо обладает высокой теплотворной способностью при достаточно высокой плотности, что позволяет получать практически равную с авиационным керосином энергоёмкость бака летательного аппарата.

В заключение можно сделать вывод о том, что работы по повышению эффективности силовой установки могут не дать желаемых результатов. Поэтому необходимо рассматривать комплексную систему «летательный аппарат – силовая установка – топливо», что позволит взаимно компенсировать недостатки отдельных элементов системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Нечаев, Ю.Н. Авиационные турбореактивные двигатели с изменяемым рабочим процессом для многорежимных самолетов / Ю.Н. Нечаев, В.Н. Кобельков, А.С. Полев. – М.: Машиностроение, 1988.
2. Югов, О.К. Согласование характеристик самолета и двигателя \ О.К. Югов, О.Д. Селиванов. – М.: Машиностроение, 1975.
3. Вниманию газы: криогенное топливо для авиации / Андреев В.А. [и др.]. – М.: Московский рабочий, 2001. – 224с.
4. Разносчиков, В.В. Системный анализ использования топлива в авиационных силовых установках / В.В. Разносчиков // Полет. Общероссийский научно-технический журнал. – 2008. – № 4. – С. 28-32.
5. Резников, М.Е. Авиационные топлива и смазочные материалы (авиационная химмотология) / М.Е. Резников. – М.: Воениздат, 2004. – 323 с.
6. Дубовкин, Н.Ф. Топлива для воздушно-реактивных двигателей / Н.Ф. Дубовкин, Л.С. Яновский, А.А. Харин. – М.: МАТИ – РГТУ им. К.Э. Циолковского, 2005 – 443 с.

УДК 621.431.75; 004.932

Е.Д. Азарко, А.М. Коваленко

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЦЕЛЕЙ ВИЗУАЛЬНОЙ ДЕФЕКТΟΣКОПИИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Визуально-оптический контроль является одним из основных методов контроля газо-воздушного тракта авиационных двигателей и других труднодоступных мест на авиационной технике. В свою очередь данный метод контроля имеет ряд недостатков, основными из которых являются низкая разрешающая способность человеческого зрения, субъективность оценки. Современные видеоэндоскопы уже имеют определенный функционал, способный решать данные проблемы. Так, к примеру, в компании «Boeing» и в медицинской сфере применяются видеодефектоскопы со встроенными функциями автоматического выделения и распознавания дефектов [1]. В связи с этим предлагается расширить возможности применяемых в авиации ВВС и войск ПВО видеодефектоскопов (ВД40-150, Vucam), путем внедрения технологий цифровой обработки полученных материалов дефектоскопии.

Рассмотренные видеодетектоскопы предназначены для поиска дефектов ответственных деталей газо-воздушного тракта авиационных двигателей, краткий анализ которых представлен в таблице 1.

Таблица 1 - Дефекты ответственных деталей газо-воздушного тракта авиационных двигателей.

<u>Компрессор</u>					
Низкого давления			Высокого давления		
<i>Диск</i>	<i>Лопатка</i>		<i>Диск</i>	<i>Лопатки</i>	
Царапины	Царапины		Царапины	Царапины	
Износ	Трещины		Износ	Смятия	
Коррозия	Изменение длинных размеров		Коррозия	Изменение длинных размеров	
Трещины в ободке диска в области газов	Износ на боковых поверхностях хвостовика		Трещины от центрального отверстия к ободу	Износ на боковых поверхностях хвостовика	
<u>Турбина</u>					
Высокого давления			Низкого давления		
<i>Диск</i>	<i>Лопатки</i>	<i>Вал</i>	<i>Диск</i>	<i>Лопатки</i>	<i>Вал</i>
Царапины	Прогар	Царапины	Царапины	Царапины	Царапины
Износ	Коррозия	Износ	Износ	Коррозия	Износ
Коррозия	Нагар	Коррозия	Коррозия	Нагар	Коррозия
Нагар	Царапины	Нагар	Нагар		Нагар

Опыт эксплуатации видеодетектоскопов показывает, что рассмотренные дефекты не всегда могут быть выявлены. В связи с этим требуется проведение дополнительной обработки материалов дефектоскопии.

В настоящее время существует множество инструментов, которые позволяют выполнить качественную обработку изображений. Наибольшую популярность имеет библиотека OpenCV. OpenCV – это библиотека алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов общего назначения с открытым кодом, в нее входят более 2500 алгоритмов, в которых есть как классические, так и современные алгоритмы [2].

Основными существующими методами распознавания объектов на цифровых изображениях, полученных с видеодетектоскопов являются:

1. Контурный анализ (детектор границ) представляет из себя метод описания, хранения, распознавания, сравнения и поиска графических образов (объектов) по их контурам. Рассмотрение только контуров объектов позволяет уйти от пространства изображения к пространству контуров, что существенно снижает сложность алгоритмов и вычислений. Главным достоинством контурного анализа является инвариантность относительно вращения, масштаба и смещения контура на изображении.

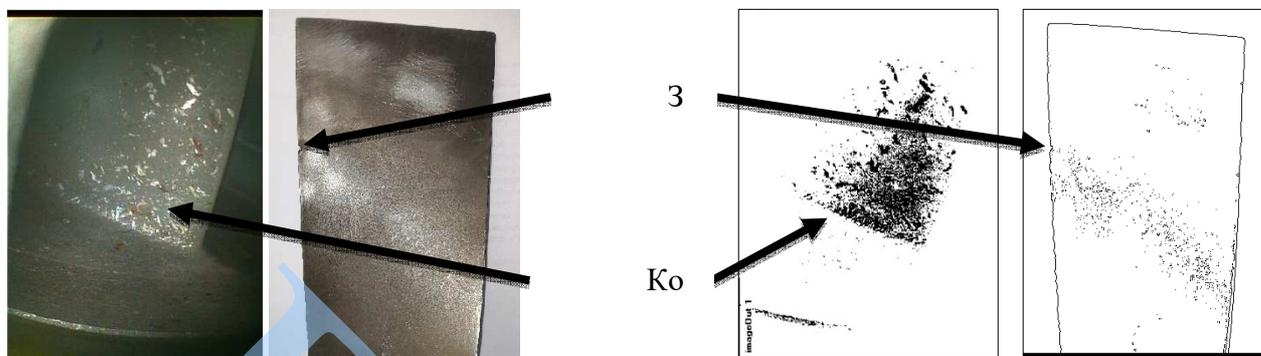
2. Поиск шаблона. Данный метод применяется для поиска участков изображений, которые более схожи с некоторым заданным шаблоном. Таким образом, метод имеет 2 входных параметра – 1. Изображение на котором происходит поиск шаблона, 2. Изображение шаблона. Цель работы алгоритма – найти на тестируемой картинке область, которая лучше всего совпадает с шаблоном.

3. Сопоставление по ключевым точкам. В компьютерном зрении данная концепция относится к методам, которые нацелены на вычисление абстракций изображения и выделения на нем ключевых особенностей. Данные особенности затем используются для сравнения двух изображений с целью выявления у них общих сопоставляющих. Не существует строго определения того, что такое ключевая особенность картинки. Ею могут быть как изолированные точки, так и кривые или некоторые связанные области.

4. Поиск объекта по цвету в цветовом пространстве RGB. Одной из важных проблем поиска по цвету – это влияние множества факторов, таких как освещенность. Пространство RGB относится к линейным пространствам, т. е. используются три пространства R, G, B. При изменении

параметров каждого из пространств, можно обнаружить детали изображений, которые «прятались» в стандартном режиме. Поэтому поиск объектов по цвету в пространстве RGB является одним из простейших и не трудозатратных.

На рисунке 1 показан результат применения фильтров цифровой обработки изображений рабочих лопаток газотурбинного двигателя Р-95Ш. Применение цветового фильтра библиотеки OpenCV позволяет выделить дополнительные информативные признаки дефектов.



а) исходное изображение, б) изображение с применением цветового фильтра и детектора границ

Рисунок 1 - Применение фильтрации изображений при визуально-оптическом контроле лопаток компрессора газотурбинного двигателя

Таким образом, применение алгоритмов распознавания изображений в визуальной дефектоскопии позволит повысить точность определения дефектов при визуально-оптическом методе контроля газозадушного тракта авиационных двигателей и ускорить процессы обработки материалов видеodefektoskopii. Это достигается путем выделения дополнительных признаков дефектов, не способных к обнаружению человеческим зрением.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абламейко, С.В. Анализ изображений для решения задач медицинской диагностики / С.В. Абламейко, А.М. Недведь. – Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2012. – 242 с.
- 2 Брадски, Г. Изучение OpenCV: компьютерное зрение с библиотекой OpenCV / Г. Брадски, А. Келер. - O'Reilly Media, 2008 – 555 с.

УДК 004.9.358.484

З.Н. Агаев, Д.А. Гридасов, Н.З. Агаев, А.В. Сенин

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

ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА ПОВЫШЕНИЕ ИСПРАВНОСТИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Одно из направлений по реформированию военно-промышленного комплекса (ВПК), авиапромышленности и воздушного транспорта лежит в плоскости создания механизма, который бы гибко и эффективно обеспечивал взаимодействие элементов цепочки: «производство продукции – поставка запчастей – эксплуатация – техническое обслуживание и ремонт – утилизация».

После Второй мировой войны логистика стала приоритетным направлением в управлении не только военно-промышленным комплексом США, Японии, стран Западной Европы, входящих в НАТО, но и предприятий гражданского сектора экономики.

К мероприятиям поддержки материально-технического обеспечения относятся:

- каталогизация предметов снабжения;
- прогноз и определение потребностей начального и текущего периодов снабжения материальными средствами;
- планирование и управление закупками и заказами;
- управление накоплением, эшелонированием и распределением материальных средств;
- управление счетами.

Прогноз и определение потребностей снабжения заключается в отработке набора запасных частей и расходных материалов, необходимых в начальный период эксплуатации судна, когда процесс текущего снабжения еще не налажен. Состав этого набора по номенклатуре и количеству определяется расчетами, выполняемыми в процессе анализа логистической поддержки. Номенклатура и объемы поставок в рамках текущего снабжения также определяются выполняемыми в процессе анализа расчетами, учитывающими фактические условия эксплуатации судна.

Планирование и управление закупками представляет собой электронную процедуру запроса и получения от поставщиков сведений о возможностях поставок предметов снабжения, минимальных партиях их отпуска и ценах. В процессе планирования определяются конкретные поставщики предметов снабжения.

Управление заказами – действия, осуществляемые с заказом от момента его выдачи поставщику до подтверждения поставки заказанных средств. В ходе электронного информационного обмена между заказчиком и поставщиком реализуются необходимые операции по размещению и выполнению заказа.

Управление накоплением, эшелонированием и распределением материальных средств в системе воздушно-космических сил (ВКС) предусматривает выполнение в электронном виде операций:

- оценки уровня текущих запасов материальных средств и принятия решений по их пополнению;
- подготовки соответствующих заявок;
- контроля качества поступающих материальных средств;
- организации учета, накопления, эшелонирования, хранения, распределения и выдачи средств.

Важно подчеркнуть, что информационный обмен в процессе планирования закупок, управления закупками, заказами, счетами, накоплением, эшелонированием и распределением предметов снабжения предполагает электронное представление используемых при этом документов.

Важнейшим условием применения электронного документа оборота является применение интегрированной логистической поддержки (ИЛП).

Интегрированная логистическая поддержка – это обеспечение эксплуатирующих и ремонтных организаций эксплуатационной и ремонтной документацией, выполненной в электронном виде и предназначенной для предоставления в интерактивном режиме справочной и описательной информации, информации об эксплуатационных и ремонтных процедурах и работах на конкретном воздушном судне.

По экспертным оценкам, применение ИЛП, предполагает снижение в 1,5...2 раза времени простоя авиатехники в неисправном состоянии [1] и существенное повышение боеготовности авиационных частей.

При этом должны быть решены следующие основные задачи:

- проведение каталогизации и учета выпускаемой продукции;
- определение реальных возможностей предприятий, в том числе, их ресурсной составляющей на основе создания и поддержания электронной базы данных;

- создание системы мониторинга за изменением состояния предприятий и выпускаемой ими продукции, включая подсистему раннего предупреждения кризисных явлений;
- создание и поэтапное внедрение систем качества;
- внедрение с последующей сертификацией систем управления заказами, поставками и сервисным обслуживанием продукции и запчастей, прежде всего идущими на экспорт по государственным контрактам.

Для эффективного построения логистических цепочек и достижения указанных целей необходимы описание, учет и оценка выполняемых функций предприятий – участников. Наиболее актуальная проблема – максимальное использование высокодоходной сферы деятельности по поставке запчастей, включая их транспортировку и сервисное обслуживание, дающей устойчивые валютные поступления. Предприятия машиностроения функционируют на базе консолидирующих технологий, охватывая, прежде всего, широкую сеть поставщиков. Поэтому при наличии реальной конкурентной среды, больших финансовых потоков и высоко стандартизированной продукции (прежде всего, комплектующих, запчастей) вероятность применения логистических механизмов управления будет высокой.

Головные предприятия авиапромышленности, связанные с производством авиационной техники (АТ), призваны осуществлять постконтрактное ее обслуживание, включая поставку запчастей и оказание сервиса. По экспорту запчастей и сервисному обслуживанию, государственным структурам (прежде всего, Министерству промышленности, науки и технологий) необходимо создать эффективный механизм управления поставками запчастей и по оказанию сервиса на базе современных информационных технологий. Основу построения системы гибких поставок составляет логистический подход, который позволяет решать весь комплекс работ и сервисных услуг, связанных с производством, транспортировкой и продажей запчастей.

Основными вопросами построения логистической системы поставок являются:

- определение структуры и состава процедур в системе поставок;
- выбор организационной формы и информационной технологии функционирования сети поставщиков и их взаимодействия с головным координационным центром;
- разработка механизма отбора и оценки функционирования поставщиков с учетом уровня организации производства, качества и стоимости поставок, наличия систем качества и современной инфраструктуры товародвижения.

Особое место в системе принадлежит электронной базе данных по каталогизации госзаказчиков и продукции отрасли в рамках Федеральной системы каталогизации продукции (ФСКП). Она ориентирована на достижение следующих целей:

- формирование оптимальной номенклатуры продукции, повышение ее технического уровня и качества;
- переход к автоматизированным системам управления запасами и формирование заявок на основании технологий штрихового кодирования;
- внедрение CALS-технологий при формировании логистической поддержки процесса проектирования, производства и эксплуатации сложных комплексов и образцов техники (запчастей), повышение конкурентоспособности этой техники на мировом рынке.

В целях создания такой системы необходимо разработать комплекс нормативных документов, организационных мер и информационной поддержки за процессами производства, поставки, эксплуатации и утилизации авиационно-технического имущества (в первую очередь авиационных запасных частей), как гражданской, так и военной авиационной техники.

Требования к логистической информационной системе:

- наличие передовой информационной логистической системы, позволяющей контролировать всю цепочку поставки оборудования;
- контроль должен осуществляться автоматически в реальном режиме времени;
- все стадии документооборота должны быть учтены и контролируемы;
- на основе оперативных запросов должны выдаваться отчеты любой формы и любой степени сложности.

Применение систем интегрированной логистической поддержки, созданных на платформе современных технологий с возможностью интернет-доступа, позволит:

- усилить государственное регулирование рынка авиационно-технического имущества, включая увеличение налогооблагаемой базы;
- вытеснить с рынка незарегистрированную и несертифицированную продукцию;
- снизить затраты авиакомпаний на поддержание летной годности, поставку запчастей и, как следствие, - снижение затрат на техническое обслуживание и ремонт;
- повысить безопасность полетов и контроль за критическими параметрами авиационных ресурсов и всех участников авиационного рынка.

Построение интегрированных логистических цепочек, объединенных в сеть, охватывает процессы от проектирования изделий, закупок сырья и комплектующих, до поставок запчастей и агрегатов. Ведущей формой организации становится сетевая распределенная структура, ориентированная на логистические технологии. Приоритет отдается информационным технологиям, обеспечивающим гибкие формы организации производства и доставки продукции «точно в срок».

В настоящее время в России предпринимаются определенные шаги по внедрению CALS-технологий, которые рассматриваются как инструмент организации и информационной поддержки всех участников создания, производства и использования на всех стадиях жизненного цикла продукции, сокращения издержек в процессах производства и эксплуатации и повышения уровня сервиса. Эффективное применение этого инструментария возможно на базе ИЛП, являющейся «ядром» концепции CALS-технологий.

Интегрированный процесс поставок обеспечивает выбор комплектующих, кодирование изделий и запчастей, планирование закупок (поставок) и оперативный контроль за выполнением заказов. Система ИЛП обеспечивает предприятия оперативной и аналитической информацией в электронной среде, что делает межотраслевое взаимодействие участников авиационного рынка более эффективным и надежным.

ЛИТЕРАТУРА

1. Прикладная логистика. – Москва: НИЦ CALS-технологий, 2004. – 645 с.

УДК 620.179.1

И.В. Трубников, А.А. Дольников, Н.В. Рогов

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

ОСОБЕННОСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ДЕФЕКТОВ АКУСТИЧЕСКИМ ИМПЕДАНСНЫМ МЕТОДОМ КОНТРОЛЯ

В современной авиации дальность и скорость являются очень важными характеристиками. Именно эти характеристики позволяют быстро и неожиданно прибыть авиации в район конфликта. При помощи современных авианосцев авиация может достичь любой точки на земном шаре за короткий промежуток времени. Авиация играет важную роль в современных конфликтах.

Своевременное применение современных материалов в авиастроении позволяет обеспечить дальность полета, максимальную взлетную массу и высокие прочностные характеристики воздушного судна. В авиастроении за последние годы использование композиционных материалов позволило намного улучшить характеристики воздушных судов. Доля применения композиционных материалов в конструкции воздушных судов в авиастроении, представлены на рисунке 1 [1].

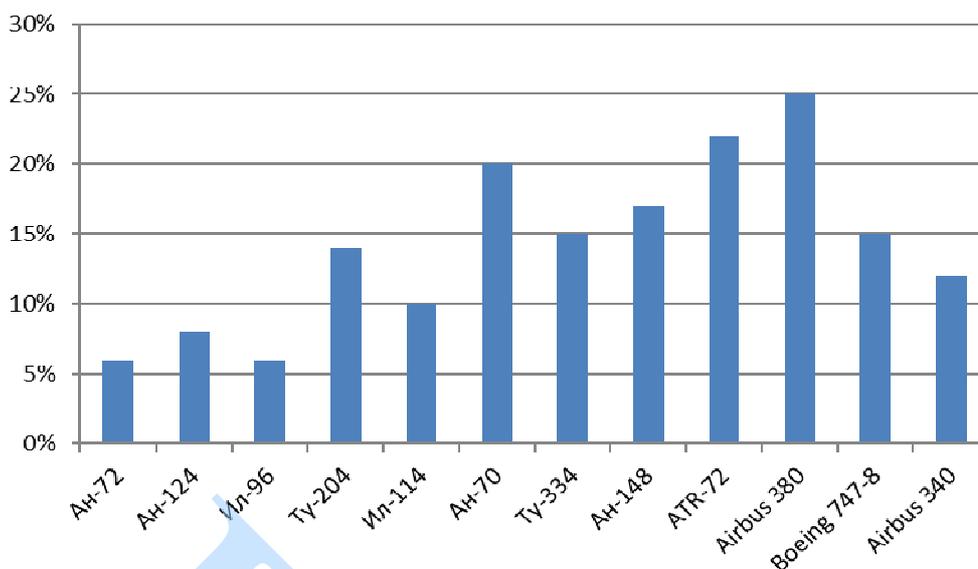


Рисунок 1 – Доля композиционных материалов в конструкции воздушного судна

В наши дни выполненные элементы конструкции, из композиционных материалов, не достаточно совершенны и при изготовлении и эксплуатации появляются различные дефекты, которые снижают надежность использования воздушного судна. Причины возникновения дефектов могут быть различные, для своевременного их выявления применяют методы неразрушающего контроля [2]. Для устранения обнаруженного дефекта необходимо совершить ряд операций, представленных на рисунке 2.

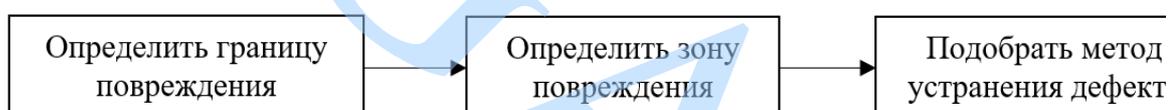


Рисунок 2 – Определения дефекта

При применении импедансного метода контроля на сотовых элементах конструкции из композиционных материалов имеется возможность определить границу повреждения, но определить глубину залегания дефекта практически невозможно. Поэтому исследования направлены на повышение достоверности информации о дефекте, его размере и глубине по величине механического импеданса при импедансном методе неразрушающего контроля. Экспериментальное и аналитическое изучение данного вопроса дает возможность получить точные сведения о зоне повреждения дефекта. Проведен полный факторный эксперимент, в котором реализуются все возможные сочетания уровней факторов. Каждый фактор имеет два уровня. В качестве переменных факторов были взяты:

- резонансная частота – f ;
- толщина обшивки – h ;
- размер стенок – s .

Исследования проводились на макете из многослойного композиционного материала с использованием дефектоскопа типа ИД-91М (рисунок 3).



Рисунок 3 – Проведение акустического импедансного метода контроля

В ходе исследования проведены сравнение аналитических и экспериментальных величин и подтверждение модели. После проверки значимости коэффициентов регрессии проводился статистический анализ полученной модели для того, чтобы узнать об адекватности используемых и полученных уравнений. На основании исследований разработана методика, с помощью которой определялась глубина залегания подповерхностного дефекта.

Таким образом, в результате исследования была разработана методика для определения глубины дефекта с использованием дефектоскопа типа ИД-91М. Также было установлено, что размеры повреждений связаны с численными величинами механического импеданса. Исследования продолжаются, в будущем они будут проведены на других макетах с похожими композиционными материалами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аверичкин, П. А. Композиционные материалы в авиационных силовых установках: учебное пособие / П. А. Аверичкин. – Ярославль: Изд. ЯГТУ, 1997. – 199 с.
2. Зотов, А. А. Композиционные материалы: классификация, состав и структура, свойства: учебное пособие / А. А. Зотов, В. И. Резниченко. – Москва: Факториал, 2018. – 132 с.

УДК 629.014

М.В. Майсак, М.И. Панченко, В.А. Гончарова

Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)

ПРОБЛЕМЫ И НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ВНЕШНЕГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПЕРСПЕКТИВНЫХ САМОЛЁТОВ, ВЫПОЛНЕННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОНЦЕПЦИИ «БОЛЕЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ САМОЛЁТ»

В настоящее время в мире разработан и поступил в эксплуатацию ряд самолётов нового поколения, разработанных на базе концепции «Более электрического самолета» (БЭС). Традиционно под понятием «БЭС» понимается самолет с единой системой энергоснабжения, в качестве которой используется система электроснабжения, обеспечивающая питанием системы управления полетом, привод шасси, системы жизнеобеспечения и кондиционирования, электронные устройства, и другие системы. Однако практическая реализация этой концепции, связана не только с изменениями в системах самолёта, но и существенными изменениями в конструкции планера и в их силовых установках.

Внедрение технологий БЭС в гражданской авиации даёт такие существенные преимущества самолётам нового поколения, как:

- снижение веса самолёта;
- улучшение эксплуатационных характеристик маршевых и вспомогательных двигательных установок, повышение их топливной экономичности;
- повышение отказоустойчивости и надёжности систем самолёта;
- существенное снижение расходов на техническое обслуживание и ремонт, сокращение времени обслуживания;
- снижение вредных выбросов в окружающую среду и соответствие самым высоким экологическим требованиям;
- улучшение экономических и энергетических показателей, снижение стоимости жизненного цикла.

В военной авиации внедрение технологий БЭС придаст авиационным комплексам следующие качества:

- увеличение дальности полета и полезной (боевой) нагрузки;
- снижение уровня радиационной, оптической и инфракрасной заметности;
- улучшение разгонных характеристик и маневренности;
- решение задачи унификации и повышение быстродействия, степени автоматизации, компактности и интеграции бортового авиационного оборудования;
- возможность применения новых высокоточных мощных средств вооружения;
- повышение уровня боевой и технической готовности при сокращении расходов на сервисное обслуживание и ремонт.

Реализация концепции БЭС оказалась тесно увязанной с масштабным использованием в конструкции планера самолётов композиционных материалов и силовых установок нового поколения. Внедрение концепции БЭС потребовало от самолётостроителей разработки и использования новых подходов к отдельным задачам проектирования самолётов нового поколения, но использование этих методов в отечественной практике затруднительно, так как они носят закрытый характер или являются «ноу-хау» иностранных корпораций.

Например, на борту Boeing B787 «Дримлайнер» используются мощности способные суммарно генерировать до одного мегаватта электроэнергии. Для этого используются две вспомогательные силовые установки, каждая по 250 киловатт и два генератора аналогичной мощности. При этом, достигнутая весовая эффективность данных систем пока остаётся недоступной для отечественной промышленности и требуется последовательное выполнение ещё целого комплекса научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

В свою очередь, изменение архитектуры и состава основных систем на Boeing B787 «Дримлайнер» привело к достаточно значительному росту их относительной массы в весовой сводке самолёта. Для достижения заданных требований по лётно-техническим характеристикам и, в первую очередь по дальности полёта, потребовалось соответствующее улучшение весовой эффективности планера самолёта. Конструкторы Boeing во многом решили эту задачу за счёт массового использования композитных материалов в конструкции планера, доля которого составляет порядка 50 процентов от массы планера. Одновременно, в конструкции планера возросло и использование конструкций, выполненных из титана.

На сегодняшний день, ни один из современных боевых самолетов не выполнен по концепции «БЭС». Так, американский истребитель F-35, несмотря на переход к электрической системе аэродинамического управления, сохранил вспомогательную централизованную гидравлическую систему, отбор воздуха от компрессора двигателя для нужд системы СКВ, а также топливно-гидравлические агрегаты.

Следует подчеркнуть, что и за рубежом многие компоненты БЭС также пока находятся на ранних стадиях развития, а их уровень готовности технологий не превышает второго-четвёртого или так называемых TRL2-4.

В целом, на данный момент все больше электрифицированных средств и систем самолета смешивается с традиционными гидравлическими и пневматическими. На первый план в краткосрочной и среднесрочной перспективе выходят так называемые «электрические и

гибридные» технологии. Степень и скорость электрификации самолётов будет постоянно нарастать, что приведет к появлению новых типов маршевых и вспомогательных турбозлектрических, гибридных и распределенных авиационных энергетических установок. Также, с развитием технологий БЭС государства и авиационные регулирующие органы будут вынуждены выработать новые правила для воздушного транспорта [1].

Текущий уровень применения технологий БЭС способствовал значительной оптимизации массы самолёта, реконфигурируемости его систем, экономии расхода топлива и общих затрат. С другой стороны, технологии БЭС существенно ужесточили требования к системе энергоснабжения самолета, качеству электроэнергии, требования в области эксплуатации, надежности и отказоустойчивости авиационных систем и их компонентов. На практике это требует необходимости разработки инновационных систем генерации, регулирования, распределения и защиты энергии на борту. Таким образом, внедрение концепции БЭС в гражданских и в боевых самолётах, даже на ранних стадиях проектирования и формирования концепции требует не только учитывать существенно разные расчётные условия, но и вынуждает разрабатывать новые методические приёмы.

В отечественной авиационной промышленности ведутся разработки электрических систем управления самолетом, электроприводов управления створками грузовых отсеков, отдельных элементов механизации крыла, мотор-колеса для шасси самолета, электрических топливных насосов, СКВ, ПОС и т.д., которые уже находят применение на военных самолетах.

В гражданских проектах ситуация более сложная. Например, по большинству ключевых систем и компонентов, формирующим основу отечественного БЭС отсутствуют единые технические требования для производителей авиационного оборудования. Отсутствует интегрированный подход к разработке БЭС в постановке «Самолет, как система».

Например, внедрению технологий БЭС в стране препятствует отсутствие:

- отечественной компонентной базы для перехода на повышенное напряжение $\pm 270\text{В}$ (540В);
- единой нормативной базы и требований системного характера для проектирования и разработки электроэнергетической системы повышенного напряжения, включая стандарты установки отдельных компонентов;
- современной экспериментально-стендовой базы по отработке технологий БЭС.

Необходимо внедрение современных методов проектирования на базе принятия решений по результатам математического моделирования. Это необходимо, в первую очередь, для учета взаимного влияния систем и подсистем БЭС, комплексной оптимизации параметров, для существенного повышения топливной эффективности и улучшения экологических показателей будущих самолётов. Применение расчетного моделирования с использованием современных инженерных программных комплексов будет способствовать повышению эффективности и качества расчётов, уменьшению стоимости и сокращению сроков разработки более электрического самолёта. Как важный этап отработки методик проектирования целесообразно использованием самолета - демонстратора технологий.

В Российской Федерации по объективным причинам длительное время не удавалось сформировать комплексный подход к должному развитию в отрасли концепции БЭС и реализации её на серийных образцах самолётов нового поколения. Особенно критично отставание от западных компаний во внедрении концепции БЭС в практику конструкторских работ имеет место в области гражданских самолётов, а реализация новых проектно-конструкторских решений фактически пока не вышла за стадию поисковых научно-исследовательских работ и этапа концептуального проектирования. Поэтому проблема глубокого системного анализа концепции БЭС с получением, как новых результатов теоретических исследований, так и формирование методических подходов для решения практических задач проектирования самолётов нового поколения на ранних стадиях, остаётся значимой для отечественного авиастроения.

Таким образом, к числу выявленных и актуальных проблем, которые потребуют совершенствования моделей для внешнего проектирования можно отнести:

- отсутствие верифицированных статистических данных, параметрических зависимостей и граничных условий, доступных для практического использования;

- отсутствие систематизированных данных по научно-техническим заделам в отечественном авиастроении и смежных отраслях доступных для внедрения в самолётах, использующих концепцию БЭС, уровням готовности и ожидаемым срокам внедрения этих технологий;

- ограниченные возможности использования зарубежных данных из-за существенных различий в уровне доступных технологий и решений, связанных с техническим обликом силовых установок, комплектующих, агрегатов и систем российских и иностранных разработки и производства.

В этой связи, анализ, отечественного и зарубежного опыта, конструкторских решений по внедрению концепции БЭС, а также данных по их эффективности в практической эксплуатации самолётов нового поколения, позволит уточнить методические подходы [2, 3, 4], используемые на этапе внешнего проектирования и сформировать инструменты определения требований к подобным летательным аппаратам и боевым авиационным комплексам (основным, лётно-техническим, эксплуатационным, маркетинговым характеристикам и др.).

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники: Монография / Под. ред. М.А. Погосьяна. – М.: Изд-во МАИ, 2020. – 448 с.
2. Коноплева, В.М. Методология управления концептуальными проектами в авиастроении / В.М. Коноплева, Е.Б. Скворцов, А.С. Шелехова // XIII Всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2019 - Сб. науч. тр. - Москва, 2019. – С. 1538–1543
3. Платунов, В.С. Методология системных военно-научных исследований авиационных комплексов / В.С. Платунов. – М.: Издательство «Дельта», 2005. – С.106-110.
4. Скопец, Г.М. Внешнее проектирование авиационных комплексов: Методологические аспекты / Г.М. Скопец. – М.: ЛЕНАНД, 2017. – С.80-82.

УДК 620.179

М.Г. Коптев, В.В. Лесков

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

ОПЕРАТИВНЫЙ СПОСОБ РЕМОНТА МЯГКИХ ТОПЛИВНЫХ БАКОВ БОЕВОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Важнейшим элементом повышения надежности эксплуатации любой технической системы является организация системы технического обслуживания и ремонта, представляющая собой комплекс мероприятий, направленных на поддержание системы в работоспособном состоянии, предупреждение аварийных ситуаций, а также на организацию их работы для того, чтобы обеспечить максимальную эффективность.

Ремонт – комплекс операций по восстановлению исправности, работоспособности и ресурса изделий или его составных частей. Ремонт боевой авиационной техники тесно связан с применением новейших высокоэффективных методов и средств неразрушающего контроля, ресурсосберегающих технологических методов и наличием высокооснащённой материально-производственной базы [1].

Для проведения ремонта боевой авиационной техники (в широком его понятии) необходимо осуществить ряд организационных, технических и экономических мероприятий:

- создать материально-производственную базу ремонта;
- обеспечить ремонтно-технологической документацией, контрольно-ремонтными средствами, запасными частями и расходными материалами;
- подготовить специалистов-ремонтников для выполнения самых разнообразных ремонтных работ.

В настоящее время ремонт боевой авиационной техники осуществляется: заводской – на авиаремонтных заводах (АРЗ) ВВС и частично на заводах промышленности;

войсковой – войсковыми авиационными ремонтными мастерскими (ВАРМ), а также в ТЭЧ *ап* и *аз*.

Войсковой ремонт – ремонт авиационной техники на местах размещения или базирования авиационных частей или местах вынужденных посадок неисправной технике силами и средствами эксплуатирующих частей, подвижных или стационарных ремонтных подразделений, а также выделяемыми им в помощь бригадами авиационных ремонтных предприятий (АРП) и заводов промышленности [2].

Войсковой ремонт является неотъемлемой частью технической эксплуатации и предназначен для поддержания заданного уровня исправности АТ. При ведении боевых действий войсковой ремонт является основным видом восстановления АТ.

Задачи войскового ремонта сводятся к оперативному восстановлению неисправной и поврежденной техники непосредственно в войсках, модернизации ЛА по эксплуатационным бюллетеням, совершенствованию, ремонту и поддержанию в исправном состоянии технологического и наземного оборудования и инструмента.

Топливный бак - ёмкость в которой хранится жидкое топливо, размещенное непосредственно на борту ЛА. Топливный бак входит в состав топливной системы ЛА, предназначенный для обеспечения подачи топлива к двигателю и агрегатам. В конструкции современных образцов авиационной техники широко применяется кессон-бак.

Кессон-бак представляет собой мягкий бак, изготовленный из резинового материала, что обеспечивает его целостность при перегрузках и ударах. Но не исключает повреждения в результате огневого воздействия авиации противника.

Для восстановления боеготовности АТ и возвращения ее на аэродром базирования, необходимо устранить повреждения в максимально кратчайшие сроки. Возможно использование обычного винта и резиновой прокладки.

Для увеличения площади прижатия болта целесообразно использовать шайбу с соответствующим внешним и внутренним диаметром. Винт с шайбой и резиновым уплотнителем вкручивается в подготовленное отверстие. Диаметр отверстия должен удовлетворять плотному прилеганию шпильки винта с резиновым уплотнителем.

Между двумя резиновыми составами легкого бака и уплотнителем для лучшей фиксации наносим термостойкий, быстро схватываемый клей, который устойчив к экстремальным температурам, бензинам, керосинам и большинству растворителей.

Предлагаемая технология оперативного ремонта боевых повреждений мягкого бака позволит сократить время, затраченное на восстановление боевой готовности АТ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кривуля, В.Г. Восстановление боевой авиационной техники : учебное пособие / В.Г. Кривуля. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1990. – 406 с.
2. Федеральные авиационные правила инженерно-авиационного обеспечения, кн.1. – М. : Министерство обороны, 2005. – 252 с.

МЕТОД ДИАГНОСТИРОВАНИЯ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ И РЕГИСТРАЦИИ ПОВРЕЖДЕНИЙ ЭЛЕМЕНТОВ ПЛАНЕРА С ПРИМЕНЕНИЕМ СВОБОДНЫХ КОЛЕБАНИЙ

Контроль по техническому состоянию конструкций ВС и конструкций из композитных материалов обуславливается перспективностью применения динамического контроля элементов ВС, основа, которой является анализ тенденции варьирования вибрационных характеристик конструкций, которые находятся в эксплуатации. Методы: акустическая эмиссия, импедансный метод, свободные колебания и др.

Оперативное выявление возможных дефектов и неисправностей и диагностики технического состояния неразрывно связано безопасностью полетов, а также с надежной эксплуатацией агрегатов, узлов и изделий.

При должном сборе данных и информации об объекте есть возможность отследить его поведение в дальнейшей эксплуатации и определить оптимальный момент для проведения оценки его технического состояния и принятия решения о его работоспособности.

Традиционные методы определения неисправности и повреждения изделий дают информацию только факте выхода параметров за предельно допустимое значение. О дальнейшем поведении объекта в условиях динамических нагрузок, которые могут привести к отказам или разрушению, метод информации не дает.

Демонтаж и организация отправки изделия на завод изготовитель для определения его пригодности, а также устранения неисправностей и ремонта, для организации крайне невыгодно.

Предлагаемый метод заключается в том, что в процессе эксплуатации объекта через определенные промежутки времени проводятся тестовые динамические воздействия в контрольных точках. Это позволяет определить наступление предотказного состояния объекта за счет отклика конструкции на эти воздействия.

При воздействии гармонических возбуждений на сотовые конструкции в определенном диапазоне частот из-за накопления микрповреждений происходит изменение жесткостных характеристик. Тем самым происходит изменение максимальной амплитуды отклика. При этом определяется заметный дрейф частот резонансных явлений с помощью зафиксированных датчиков на объекте. Применяя интегральные преобразования для анализа получаемой информации позволяет сформировать критерии оценки технического состояния исследуемого объекта. В качестве базовой информации для оценки состояния объекта могут быть использованы расчетные данные или данные полученные при проведении исследования объекта перед началом его технической эксплуатации. Для исключения погрешностей в проверке состояния объекта производится серия измерений. По итогам проведения данного метода необходимо определить дальнейшее поведение объекта и вычислить оптимальный момент проведения очередной проверки состояния объекта.

В основу данного метода внедрен анализ свободных колебаний возбуждаемых механическим воздействием (ударом) в контрольных точках. Далее средством преобразования и регистрации производится запись сигнала вибрации. В ходе работы проводится серия измерений для исключения случайных погрешностей.

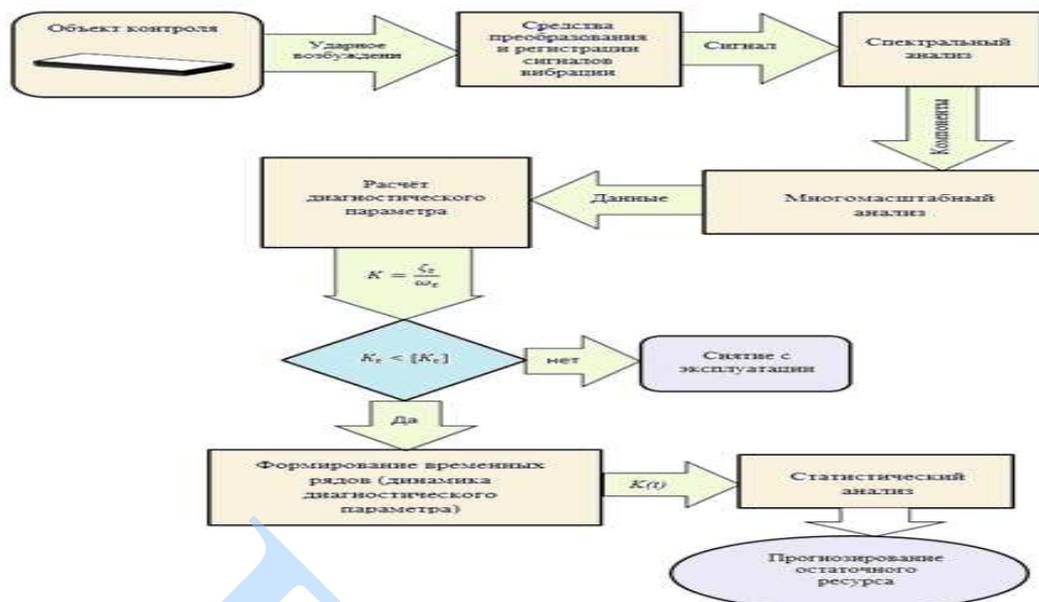


Рисунок 1 – Алгоритм проведения диагностирования сотовых конструкций

После проведения процедуры из полученных сигналов при помощи преобразования Фурье получаем приближенные значения собственных частот колебаний. Затем при помощи непрерывного вейвлет-преобразования производится определение достаточно точных значений модальных параметров на собственных частотах колебаний. По полученным значениям собственных частот колебаний и коэффициентов демпфирования проводится расчет диагностического параметра. После проведения расчетов сравниваются параметры с максимально допустимой величиной для рассматриваемой конструкции. Если экспериментально полученное значение диагностического параметра превышает максимально допустимую величину, то контролируемый объект снимается с дальнейшей эксплуатации. При выполнении условий безотказной работы проводится занесение полученного значения диагностического параметра в базу данных, для определения динамики его изменения в течении эксплуатации. В конце проводится статистический анализ и определение наработки изделия до следующей проверки.

Физическая сущность расчетов основанных на амплитудно-частотной характеристике заключается в использовании некоторого количества измерительных датчиков и в дальнейшем сравнении информации полученной при измерении вибрации в высокочастотной области до и после повреждения.

При серьезных изменениях в жесткости и расслоении конструкции происходит заметное влияние на амплитудно-частотную характеристику. Частота и амплитуда затухания колебаний, поврежденной конструкции, могут быть легко пересчитаны для отслоения. Различием между амплитудно-частотными характеристиками заключается в непрерывной функции с большим количеством минимальных и максимальных значений. Обнаружение повреждения происходит при смещении, относительно друг друга, максимальных и минимальных значений. При приближении возбудителя и датчика к повреждению, возрастает частота возбуждения.

Контроль при уменьшении собственной частоты колебаний из-за отслоения трехслойной конструкции, происходит с помощью определения изгибной жесткости. Собственная частота поврежденной сотовой конструкции, определяемая при проведении испытаний, сравнивается с теоретическими результатами.

Снижение собственной частоты колебаний говорит об увеличении площади повреждения объекта.

Следовательно, при возникновении отслоения будет увеличиваться коэффициент демпфирования, а собственная частота уменьшаться. Исходя из этого, целесообразно использовать комплексный параметр для оценки технического состояния объекта. Его можно записать как:

$$K = \sum_{\omega=1}^n \frac{\zeta}{\omega_i}, \quad (1)$$

где: $i=1; 2; 3; \dots$ - номер моды собственных колебаний. Оценочным критерием будет являться превышение допустимой величины этим параметром.

$$K < [K], \quad (2)$$

где: $[K]$ – максимально допустимое значение комплексного параметра.

Предлагаемое оборудование для проведения диагностики

Для обеспечения регистрирования информации при диагностировании состояния элементов конструкции планера предлагается многоканальный синхронный регистратор-анализатор вибросигналов «Атлант 8» с вибродатчиками ВК-320А. Предназначен для синхронной регистрации, спектральной обработки, а также графического анализа сигналов от различных датчиков, которые имеют выход по напряжению; решения практических проблем оперативной диагностики состояния оборудования «на месте измерения и регистрации» при помощи встроенных в компьютер экспертных систем, поиска дефектов различных механизмов и конструкций.

АТЛАНТ является универсальным прибором, обладает широкими возможностями и позволяет легко изменять параметры и свойства регистрации сигналов. При его помощи можно синхронно, т. е. одновременно, регистрировать, обрабатывать и просматривать на экране «временные» сигналы от многих датчиков.

Вся информация по контролируемым агрегатам, выполненным замерам и рассчитанным параметрам состояния хранится во внутренней базе данных прибора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фёдоров, Р.В. Частотная отстройка элементов конструкции планера воздушного судна / Р.В. Фёдоров, С.А. Серебрянский // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2021. – № 1 (109). – С. 5.
2. Тиц, С.Н. Анализ состояния и перспективы развития оперативной диагностики конструкций планера воздушных судов // Аспирантский вестник Поволжья, Самара. – 2005. – №1(9). – С.24-25.
3. Попов, Ю.И. К вопросу обеспечения эксплуатационной живучести конструкции планера самолета / Ю.И. Попов, С.А. Серебрянский, М.В. Майсак // Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2019. – № 12 (273). – С. 32-39.

УДК 629.17

И.А. Потапов, А. В. Косицын

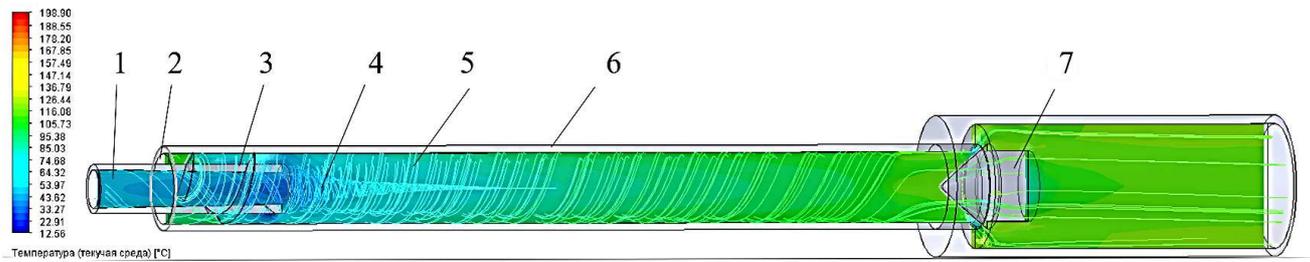
Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

ПРИМЕНЕНИЕ ВИХРЕВОГО ЭФФЕКТА ДЛЯ ОХЛАЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СЪЕМНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Целью работы является определение возможности применения вихревого эффекта энергетического разделения газа для охлаждения элементов съемного оборудования воздушных судов.

К числу перспективных систем охлаждения относятся вихревые пневматические холодильно-нагревательные устройства, в основе работы которых лежит вихревой эффект энергетического разделения газов [1]. Преимуществами вихревых систем охлаждения являются простота, надежность и ресурс, по которым они значительно превосходят другие типы систем. Однако эффективное применение вихревых систем ограничено узким диапазоном изменения геометрических параметров вихревых труб, что существенно ограничивает диапазон режимов полета самолета, при которых достигается необходимый уровень охлаждения.

В рамках исследования спроектирована вихревая труба (рисунок 1) с осевым входом и винтовым закручивающимся устройством.



1 – диафрагма с осевым отверстием; 2 – осевой вход; 3 – винтовое закручивающее устройство; 4 – вынужденный обратный вихрь; 5 – свободный прямой вихрь; 6 – гладкая цилиндрическая труба; 7 – дроссель

Рисунок 1 – Вихревая труба с осевым входом

Полученные значения температуры охлажденного воздуха вихревой трубой в пакете Flow Simulation ПО SolidWorks в диапазоне высот и скоростей полета сверхзвукового самолета представлена на рисунке 2. Зависимости рассчитаны для случая прямого скачка уплотнения при торможении набегающего потока перед вихревой трубой.

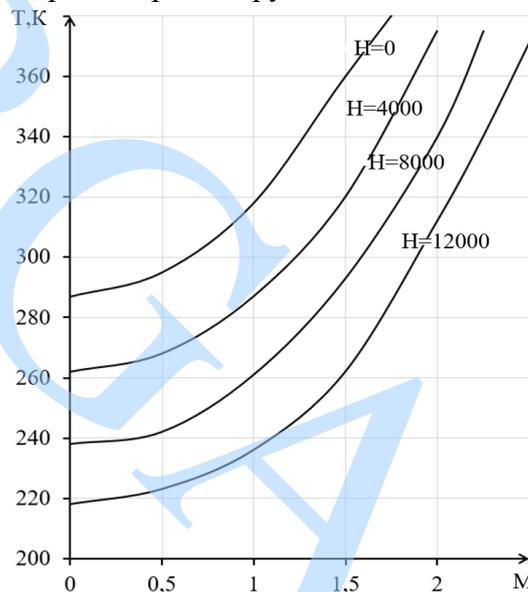


Рисунок 2 – Зависимость температуры охлажденного воздуха от H и M полета самолета

Для расчета зависимостей приняты следующие числовые значения:

- зависимость температуры от высоты - по международной стандартной атмосфере;
- коэффициент восстановления давления σ_d - по кривым [2];
- температурная эффективность $\eta=0,5$.

Ввиду того, что для $11 < H < 30$ км температура по высоте неизменна, этому диапазону высот соответствует кривая $H = 12$ км.

Анализ кривых показывает, что применение вихревой трубы возможно для кондиционирования кабины до $M = 1,8$, а для охлаждения электронного оборудования (максимальная температура которого не должна превышать $+60^\circ \text{C}$), до $M=2,2$. Использование каскадных схем может заметно увеличить предельное M вихревой охлаждающей системы, хотя и потребует значительного увеличения расхода сжатого воздуха.

ЛИТЕРАТУРА

- Меркулов, А.П. Вихревой эффект и его применение в технике / А.П. Меркулов. — М.: Машиностроение, 1968. - 182 с.
- Абрамович, Г.Н. Прикладная газовая динамика / Г.Н. Абрамович. – М.: Энергия, 1994. - 824 с.

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

ПРИМЕНЕНИЕ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ С ЦЕЛЬЮ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РАБОЧИХ ЛОПАТОК ПЕРВОЙ СТУПЕНИ КОМПРЕССОРА ДВИГАТЕЛЕЙ ТИПА ТВЗ-117

Специфика эксплуатации газотурбинных двигателей (ГТД) типа ТВЗ-117 обуславливает наряду с типовыми повреждениями (трещины, прогары, коробления, коррозии, эрозии, выработки контактных поверхностей, износа элементов лабиринтных уплотнений, нагарообразования и др.) повышенный эрозионный износ [1].

Эрозионный износ лопаток компрессора ГТД наступает в результате взаимодействия твердых частичек пыли с поверхностью детали. Двигаясь с большой скоростью по проточной части двигателя, абразивные частицы вызывают износ лопаток компрессора, специальных слоев рабочих колец, лабиринтных уплотнений.

Согласно статистике, при ведении боевых действий в Афганистане (1979-1989) из-за запыленности аэродромов и вертолетных площадок только за 4 месяца 1985 г. в частях армейской авиации (АА) было досрочно снято 18 двигателей. В 1986 г. за год эксплуатации вертолетов в условиях повышенной песочной пыли в частях АА 40-й армии было снято 362 ГТД [2].

Износ рабочих и направляющих лопаток, увеличение зазоров, изменение аэродинамики профилей лопаток ведут к уменьшению степени повышения давления в компрессоре, секундного расхода воздуха, увеличению температуры газов перед турбиной, удельного расхода топлива, уменьшению максимальной мощности двигателя, снижению границы помпажа примерно на 6-8% (т.е. снижению запаса устойчивости компрессора на 9-10%) [3].

Установка пылезащитных устройств на воздухозаборниках двигателей и введение ограничений по эксплуатации вертолетов в условиях пыльных и песчаных площадок снижают эрозионный износ лопаток, но ведут к снижению мощности двигателя, повышению расхода топлива, а порой – и к невозможности выполнения задачи, поставленной на полет.

Поэтому вследствие специфичности применения вертолетов первоочередной задачей, решение которой обеспечивает повышение безопасности полетов, является своевременное определение эрозионного износа деталей проточной части компрессора.

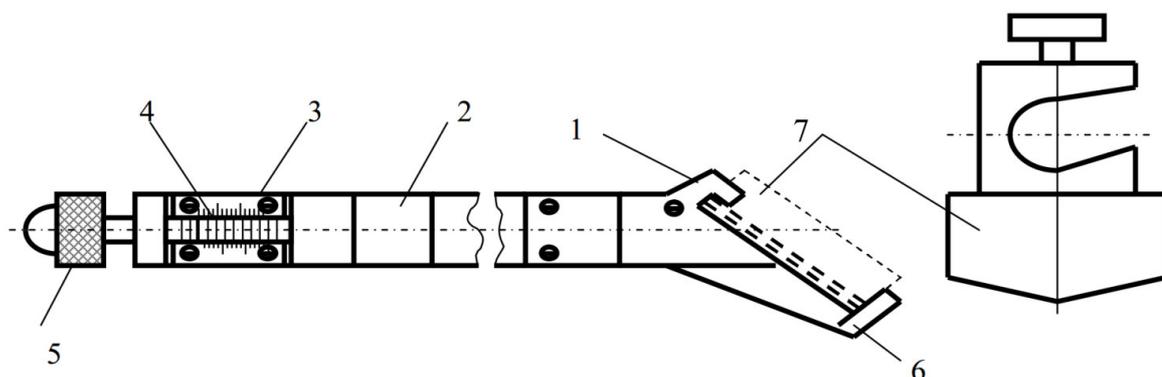
Согласно [4] периодичность выполнения работ по замеру износа лопаток первой ступени ротора компрессора следующие:

- при износе до 1 мм – через 100 (50*) ч;
- при износе от 1 до 1,5 мм – через 50 (25*) ч;
- при износе от 1,5 до 2 мм – через 25 (10*) ч;
- при износе 1,8 мм и более – не реже чем через 20 взлетов и посадок.

Значения с знаком «*» указывают периодичность выполнения работ при эксплуатации на низких высотах с содержанием большого количества пыли и песка.

Технология выполнения замера износа лопаток первой ступени ротора компрессора в эксплуатирующих организациях указана в [4]. Согласно предложенной методике, замеру подлежат 12 рядом стоящих рабочих лопаток первой ступени компрессора, далее вычисляется средняя величина износа. Допустимая средняя величина износа по двенадцати лопаткам не должна превышать 2 мм.

Для замера износа лопаток используется специальное приспособление У6360-2455, предварительно настраиваемое по шаблону (рисунок 1).



1 – неподвижный захват; 2 – штанга; 3 – регулируемый лимб; 4 – подвижный шток с нониусом; 5 – маховик с фиксатором; 6 – подвижный захват; 7 – шаблон-упор.

Рисунок 1 – Приспособление У6360-2455

Рассмотрев методику оценки величины износа лопаток первой ступени компрессора, описанной в [4], можно сделать вывод о том, что результат оценки величины износа в значительной степени зависит от квалификации инженерно-технического состава, выполняющего данную операцию и исправного оборудования, в данном случае приспособления У6360-2455 (рисунок 1). При этом возможны ситуации, как субъективного завышения, так и занижения величины эрозионного износа.

В связи с этим, необходимы такие средства визуального контроля проточной части авиационных ГТД, которые позволят обеспечить:

- простой доступ к тем элементам авиационного ГТД, визуальный контроль которых требуется согласно нормативно-технической документации;
- наблюдение дефектов с высокой степенью разрешения в различных ракурсах;
- измерения этих дефектов с высокой точностью;
- документирование результатов контроля в максимально удобной форме;
- эффективное и безопасное, как для АТ, так и персонала, использование этих приборов в различных условиях эксплуатации (временных, климатических и т.п.).

В настоящее время одной из наиболее эффективных визуально-измерительных систем, наиболее полно отвечающих вышеперечисленным требованиям, является технология лазерного сканирования. Она позволяет специалистам получать предельно точную и оперативную информацию при выполнении инженерно-конструкторских, эксплуатационных или ремонтных задач. Именно эта технология позволяет с успехом переходить от использования в работе двухмерных чертежей к формированию трёхмерных моделей.

Преимущества лазерного сканирования в эксплуатации является:

- высокая производительность при обработке, оценке состояния поверхности;
- точность воспроизведения геометрии исследуемых элементов;
- мгновенная визуализация полученных данных;
- получение максимально полных результатов;
- оперативность в получении информации;
- возможность сравнения 3D скана с CAD-моделью (конструкторской документацией);
- создание сечений и сравнение с данными 2D-чертежей;
- сравнение двух и более сканов между собой, например, сравнение со сканом эталонного изделия.

3D-сканер представляет собой специальное устройство, которое анализирует определённый физический объект или же пространство, чтобы получить данные о форме предмета и, по возможности, о его внешнем виде. Собранные данные в дальнейшем применяются для создания цифровой трёхмерной модели этого объекта.

Цель 3D-сканера в том, чтобы создать облако точек геометрических образцов на поверхности объекта. В дальнейшем эти точки могут быть экстраполированы для воссоздания формы предмета (процесс, называемый реконструкцией).

Задачи, решаемые при помощи 3D-сканеров:

- обратное проектирование (реверс-инжиниринг), получение готовых чертежей;
- метрологический контроль изделий в процессе изготовления, анализ износа в процессе эксплуатации;
- контроль геометрии, деформации и повреждений изделий;
- контроль качества;
- цифровая архивация.

Существует несколько технологий для цифрового сканирования формы и создание 3D-модели объекта. Однако была разработана специальная классификация, которая делит 3D-сканеры на 2 типа: контактные и бесконтактные. В свою очередь, бесконтактные 3D-сканеры можно поделить ещё на 2 группы – активные и пассивные.

При использовании полученных данных от 3D сканеров можно решить две глобальные задачи:

1. Реверс-инжиниринг. К этому типу задач относятся любые задачи, связанные с использованием полученной 3D модели для любого вида компьютерного моделирования или проектирования.

2. Контроль. К задачам контроля относятся любые задачи, связанные с инспекцией или анализом геометрических параметров сканируемого объекта.

Результат 3D-сканирования:

- полигональная модель. Совмещение скана с САД-моделью и проведения анализа отклонений (САД-сравнение). Преимущества в сравнении с традиционными видами контроля;
- процесс компьютеризирован, что исключает возможные ошибки, связанные с человеческим фактором, сравнение происходит по всей поверхности, а не по отдельным точкам, что увеличивает достоверность результатов, то есть контроль является полным и всесторонним результаты сравнения документируются также автоматически и сразу сохраняются в архиве, исключая двойную работу
- наглядность представления результатов, делает отчет более информативным для широкого круга пользователей, анализ осуществляется на месте, исключается необходимость высокой квалификации инженерно-технического состава, а также необходимость большого числа различного измерительного оборудования и шаблонов для контроля изделия, все что нужно – это компьютерная САД-модель изделия с данными о размерах и допусках.

Авторы надеются, что предлагаемый в работе подход применения лазерного 3D сканера для оценки величины эрозионного износа рабочих лопаток первой ступени компрессора ГТД типа ТВ3-117 с учетом ценности получаемой информации контролируемого параметра улучшат эффективность технической диагностики ГТД, а значит своевременно и более точно определять величину эрозионного износа деталей проточной части компрессора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чигрин, В.С. Визуальная диагностика элементов проточной части ГТД: Учебное пособие / В.С. Чигрин, Б.М. Конюхов. – Рыбинск: РГАТА, 2008 –51 с.
2. Барашков, А.А. Опыт инженерно-авиационного обеспечения боевых действий армейской авиации в Афганистане (1979-1989) / А.А. Барашков. – Воронеж: ВАИУ, 2011 –138 с.
3. Абдельвахид, М.Б. Методика оценки влияния климатических условий и эрозионного износа на характеристики ТРДДФ / М.Б. Абдельвахид // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва, 2014.
4. Турбовальный двигатель ТВ3-117. Руководство по технической эксплуатации. Кн. 1, кн. 3.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ НА ВОЗМОЖНОСТЬ ПАРИРОВАНИЯ ЛЕТЧИКОМ ОСОБЫХ СИТУАЦИЙ В ПОЛЕТЕ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ ЭКСПЕРТНОГО РАНЖИРОВАНИЯ

Воздействие опасных факторов (ОФ) на элементы авиационной системы (АС) может привести к возникновению и развитию в полете особых ситуаций (ОС) (усложнение условий полета, сложная, аварийная и катастрофическая ситуации). В зависимости от конкретных условий эксплуатации (УЭ) данное воздействие может быть парировано, например, правильными и своевременными действиями экипажа и не допущено перерастание ОС в катастрофу, или не парировано. Таким образом, количественная оценка вероятностей парирования ОФ с учетом конкретных УЭ требует предварительной оценки степени их влияния. В статье предложен алгоритм оценки степени влияния УЭ на возможность парирования летчиком ОС в полете с использованием процедуры экспертного ранжирования.

Определение перечня факторов характеризующих УЭ. Перечень показателей (таблица 1), характеризующих УЭ при выполнении полетного задания (ПЗ) сформирован с учетом требований руководящих документов [1].

Таблица 1 – Показатели, характеризующие УЭ и их характеристика

Показатель X (УЭ)	Характеристика
Профессиональная подготовка летчика X_1	летчик 1 класса / летчик-снайпер; летчик 2 класса; летчик 3 классной квалификации / без класса
Состояние летчика на момент вылета X_2	1, 2, 3, 4, 5 вылет в летную смену
Время суток X_3	День; Ночь
Метеоусловия X_4	Визуальные (ВМУ); Приборные (ПМУ) метеоусловия
Высоты выполнения ПЗ X_5	Средние и большие высоты ($H > 1000$ м.); малые высоты ($H = 200 - 1000$ м.); предельно малые высоты ($H = 0 - 200$ м.)

Процедура экспертного оценивания степени влияния показателей X_i на вероятность парирования ОС летчиком при выполнении ПЗ включает в себя следующие этапы:

- 1) формулирование вопроса и определение количества экспертов;
- 2) унификацию результатов экспертного опроса;
- 3) анализ согласованности мнений экспертов, принимавших участие в экспертизе;
- 4) синтез обобщенного мнения.

Степень влияния показателей X_i характеризующего УЭ на парирования летчиком осуществившихся ОС выразим коэффициентами весомости w_i , для оценки которых применена процедура экспертного ранжирования [2].

Формулирование вопроса. Экспертам было предложено на основании их профессионального опыта оценить в баллах, ранжировать (от 1 до 5) в порядке убывания влияния каждого из представленных факторов $\{X_1, \dots, X_5\}$ (таблица 1) на потенциальную возможность парирования летчиком конкретной ОС.

Количество экспертов m в составе рабочей группы в составе рабочей группы определено из условия [3]

$$m \geq 0,5(0,33 / b + 5), \quad (1)$$

где b – ошибка результата экспертного анализа $b = [0 \dots 1]$.

На основании выражения (1), при допустимой ошибке экспертного анализа равной 5%, $b = 0,05$, в состав рабочей группы должно входить не менее 6 экспертов.

Для решения поставленной задачи количество экспертов в рабочей группе принято равным $m = 10$, что не противоречит условию (1). В качестве экспертов выступали: летный состав преподавателей кафедры летной подготовки и боевого применения авиации авиационного факультета Военной академии Республики Беларусь.

Унификация результатов. В результате экспертного ранжирования показателей X_i получено индивидуальное мнение каждого k -го эксперта в виде вектора рангов

$$R_k = \{r_{ki} | i = 1 \dots n\}, k = 1 \dots m, \quad (2)$$

где r_i – ранг i -го объекта, порядковое число от 1 до 5; $n = 5$ – количество показателей характеризующих УЭ; $m = 10$ – количество экспертов в экспертной группе.

Сумма рангов S_k , проставленных k -м экспертом, по всем показателям X_i , согласно [2] должна удовлетворять следующему условию:

$$S_m = n(n+1)/2. \quad (3)$$

Нарушение условия (3) свидетельствует о наличии связанных рангов, это обусловлено присвоением k -м экспертом нескольким показателям X_i одинаковой величины ранга r_i . Дальнейшее применение ранжировок (2), при нарушении выше представленного равенства (3), требует их предварительного пересчета в величины, стандартизированных рангов, выражение для пересчета приведено в [3].

Анализ согласованности мнений экспертной группы при ранжировании оценен путем расчета и проверки статистической значимости дисперсионного коэффициента конкордации (коэффициента согласия) W . Дисперсионный коэффициент конкордации W определяется как отношение выборочной оценки дисперсии к максимальной по формуле [2]

$$W = \frac{12S(\Delta^2)}{m^2(n^3 - n) - m \sum_{k=1}^m T_k}, \quad (4)$$

где n – количество объектов ранжирования; m – количество экспертов; $S(\Delta^2)$ – сумма квадратов отклонений рангов i -го объекта от среднего значения; T_k – показатель связанных рангов в ранжировке k -го эксперта, выражение для расчета приведено в [3].

В таблице 2, в качестве примера сведены результаты анкетного опроса $m = 10$ экспертов о влиянии показателей X_i (таблица 1) на возможность парирования легчиком самолета Су-25 события A_1 заключающегося в превышении допустимой перегрузки n_y .

Таблица 2 – Сводная и стандартизированная матрица рангов с результатами расчета

Эксперт №	Сводная матрица рангов						Стандартизированная матрица рангов						S
	1	2	3	4	5	m	1	2	3	4	5	m	
1	2	5	1	1	1	10	4	5	2	2	2	15	
2	2	3	1	1	1	8	4	5	2	2	2	15	
3	2	4	3	4	2	15	1,5	4,5	3	4,5	1,5	15	
4	2	3	2	1	1	9	3,5	5	3,5	1,5	1,5	15	
5	2	4	3	2	1	12	2,5	5	4	2,5	1	15	
6	2	3	1	1	1	8	4	5	2	2	2	15	
7	2	3	1	1	1	8	4	5	2	2	2	15	
8	1	5	2	2	1	11	1,5	5	3,5	3,5	1,5	15	
9	2	4	3	2	1	12	2,5	5	4	2,5	1	15	
10	1	4	3	2	1	11	1,5	5	4	3	1,5	15	
r_{Σ}							29,0	49,5	30,0	25,5	16,0	–	
$S(\Delta^2)$							615,5						
W							0,76						

Принято, что при $W \geq 0,5$ выводы экспертов согласованны в большей мере, чем не согласованны [2]. Результат расчета $W = 0,76$ (таблица 2) свидетельствует о высокой степени

согласованности экспертной группы. Статистическая значимость W подтверждена по χ^2 критерию Пирсона путем сравнения расчетного значения χ^2 табличным $\chi^2_{\text{таб}}$ [2].

Синтез обобщенного мнения, заключается в объединении частных оценок экспертов (2) в общий итоговый показатель, значения коэффициентов весомости w_i каждого фактора X_i .

Выражение для расчета коэффициентов весомости имеет вид [2]

$$w_i = \frac{2[m(n+1) - r_{i\Sigma}]}{mn(n+1)}. \quad (5)$$

где $r_{i\Sigma}$ – сумма рангов, по каждому i -му показателю X_i .

Результаты расчета коэффициентов весомости w_{ij} влияния показателей характеризующих УЭ X_i (таблица 1) на возможность парирования летчиком событий A_1 заключающегося в превышении допустимой нормальной перегрузки $n_y \geq 6,5$ ед. при выполнении ПЗ приведены на рисунке 1 (а). На рисунках 1 (б) и (в) в качестве примера, приведены результаты расчета коэффициентов влияния показателей X_i на возможность парирования летчиком событий связанных с ложным срабатыванием системы предупреждения о пожаре, событие A_2 , и попадание ВС в опасные явления погоды, A_3 .

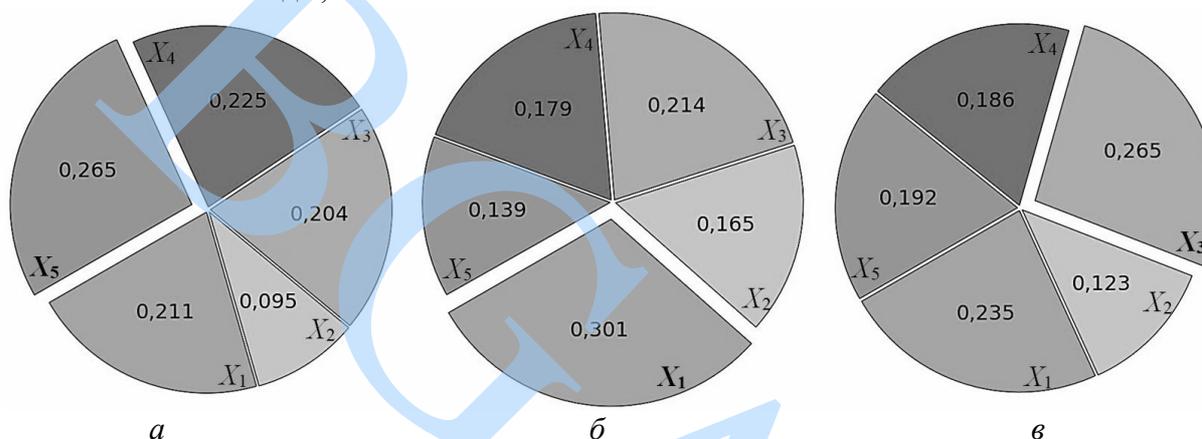


Рисунок 1 – Коэффициенты весомости, характеризующие влияние показателей X_i на возможность парирования летчиком событий A_1 (а), A_2 (б) и A_3 (в)

Анализ рисунка показывает, что на возможность парирования летчиком события A_1 большее влияние оказывают высоты выполнения ПЗ X_5 , меньшее – состояние летчика на момент вылета X_2 . На возможность парирования события A_2 большее влияние оказывает профессиональная подготовка X_1 , меньшее – высоты выполнения ПЗ X_5 . На возможность парирования события A_3 большее влияние оказывает время суток X_3 , меньшее состояние летчика на момент вылета X_2 .

Использование методов экспертного ранжирования позволяет количественно оценить степень влияния показателей характеризующих УЭ на вероятность парирования летчиком воздействия ОФ при отсутствии достаточного объема статистического материала. По подобной методике могут быть оценены коэффициенты w_i , характеризующие влияние показателей X_i на возможность парирования различных прогнозируемых событий.

Количественная оценка степени влияния показателей X_i на вероятность парирования ОФ позволит в дальнейшем количественно оценить риск для БзП, с целью принятия своевременных управленческих решений по его устранению или уменьшению, при планировании ПЗ руководящим летным составом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авиационные правила организации и выполнения полетов государственных воздушных судов Республики Беларусь: утверждены постановлением МО РБ от 30.11.2004 г. № 74. Минск, 2004.

2. Экспертные методы оценки качества промышленной продукции. Обработка значений экспертных оценок : ГОСТ 23554.2 – 81.– М : Изд-во стандартов.1982. – 69 с.

3 Анохин, А.Н. Методы экспертных оценок: учеб. пособие / А.Н. Анохин. – Обнинск: ИАТЭ, 1996. – 148 с.

УДК 532.527

С.А. Толстов, В.Н. Изотов

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

РАЗРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ ПО ИССЛЕДОВАНИЮ РАЗДЕЛЕНИЯ ПОТОКА В ВИХРЕВОЙ ТРУБЕ

Работа посвящена разработке экспериментальной установки по исследованию эффекта, связанного с разделением газового потока, поступающего под давлением в специальную трубу, называемую вихревой, на два: холодный и горячий. Данный эффект известен достаточно давно и носит название эффекта Ранка-Хилша [1-4]. Не смотря на это, однозначного ответа на причины, вызывающие это уникальное явление, чтобы в одном процессе одновременно происходило и охлаждение и нагревание рабочего тела не дано. Поэтому на сегодняшний день учеными и инженерами продолжают исследовательские и теоретические работы по объяснению феномена вихревого эффекта [2,3].

Интерес к данному эффекту объясняется тем, что в настоящее время вихревые трубы нашли применение в различных областях хозяйственной деятельности и наблюдается их дальнейшая потребность [1,4,5]. Практическое использование вихревых труб говорит о том, что это устройство, приносит положительный результат. Одним из основных критериев за внедрение их в производство, является простота изготовления и принцип работы. Действительно, конструктивно вихревая труба это цилиндр, с одной стороны которого через сопло, по касательной к его внутренней поверхности, вводится сжатый воздух, а с другой стороны он закрыт камерой с дросселем. Сжатый газ, вводимый по касательной к внутренней поверхности трубы, образует внутри движущийся вихрь, который разделяется на два потока холодный, выходящий из центра и горячий, выходящий из камеры с дросселем (рисунок 1).

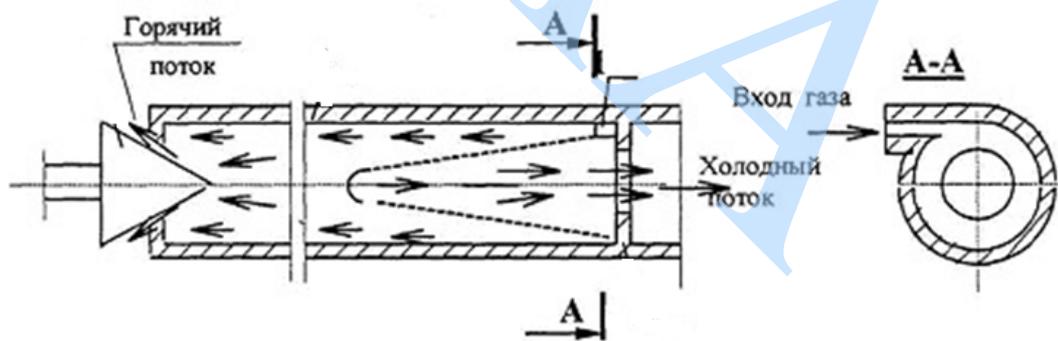
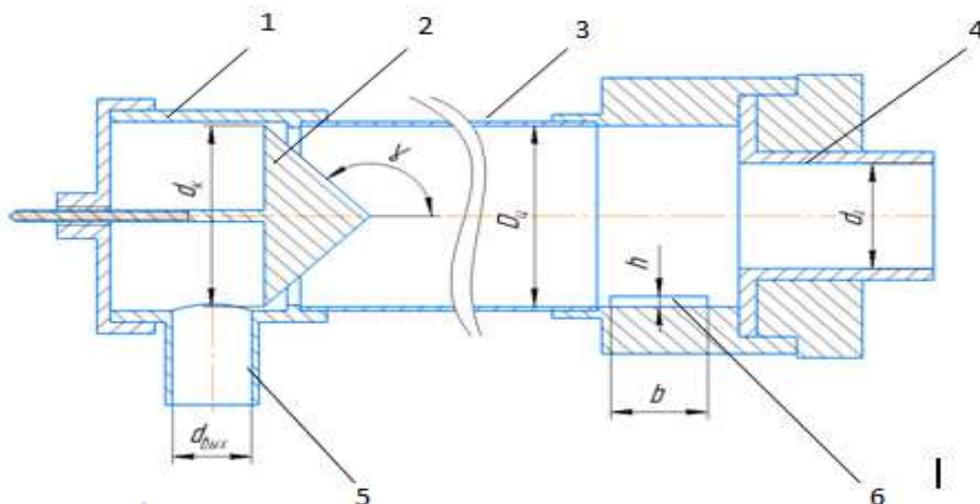


Рисунок 1- Принципиальная схема работы вихревой трубы

Таким образом, дальнейшее исследование процессов работы вихревой трубы на сегодняшний день продолжает оставаться актуальной задачей. Тем более эта задача актуальна в тех случаях, когда на практике уже имеется избыточное давление газа. Применительно к авиации, это компрессор силовой установки, от которого можно отвести часть сжатого воздуха. Полученные холодный и горячий потоки можно использовать в различных системах самолета, например, в системе кондиционирования.



- 1- камера (d_k – диаметр камеры), 2- подвижный дроссель (γ - угол дросселя относительно оси цилиндра), 3- цилиндр (D_c - диаметр цилиндра), 4- осевой канал для выхода холодного потока (d_i - диаметр канала), 5- канал для выхода горячего потока ($d_{вых}$ - диаметр выходного канала), 6- сопло (h - длина сопла, b - ширина сопла)

Рисунок 2 - Схема разрабатываемой вихревой трубы

Задачей работы является разработка экспериментальной установки по исследованию разделения потока. Схема разрабатываемой установки представлена на рисунке 2. Как видно из рисунка, все части вихревой трубы предполагается сделать разъемными, для того, чтобы можно было проводить эксперименты с различными размерами элементов.

В частности, вызывает интерес, получить оптимальные размеры элементов вихревой трубы (длины и диаметра цилиндра, площади сечения и формы сопла, величины зазора между дросселем и цилиндром), с целью получить необходимые параметры разделенного потока.

ЛИТЕРАТУРА

1. Меркулов, А.П. Вихревой эффект и его применение в технике / А.П. Меркулов.– Самара: Оптима,1997. – 355 с.
2. Гупта, А. Закрученные потоки / А. Гупта, Д. Лилли, Н. Сайред. – М.: Мир, 1987. – 590 с.
3. Халатов, А.А. Теория и практика закрученных потоков / А.А. Халато. – К.: Наукова думка, 1989.– 198 с.
4. Кузнецов, В.И. Теория и расчет эффекта Ранка / В.И. Кузнецов. – Омск: изд-во ОмГТУ, 1994.– 217 с.
5. Азаров, А.И. Вихревые трубы нового поколения / А.И. Азаров // Конструктор. Машиностроитель. – 2007. – №3. – С. 18 – 24.

УДК 629.01

С.А. Серебрянский, Е.В. Крутова

Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)

ФОРМИРОВАНИЕ МАССИВА ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Большая конкуренция привела к ужесточению требований, предъявляемых потребителем к качеству продукции. Переход предприятий на новый уровень индустриализации является трендом, направленным на выпуск эффективного и конкурентоспособного продукта не только для внутреннего рынка, но и для заказчиков из других стран. Развитие стандартов «индустрии 4.0»

значительно повышает производственную и экономическую эффективность промышленных предприятий.

На данный момент отсутствует общепринятая методика определения уровня конкурентоспособности авиационной техники. Это усугубляет реализацию заданных требований к самолету на принципе поэтапного планирования и контроля соответствия изделия заданным функциональным, технологическим, техническим и эксплуатационным требованиям, а также поддержания соответствия требованиям на протяжении всех этапов жизненного цикла летательного аппарата.

Современные подходы к созданию конкурентоспособной АТ предполагают объединение процессов создания (проектирования, изготовления, испытаний и сертификации) и обеспечения эксплуатации АТ в единую Программу ЖЦ образца АТ, нацеленную на достижение поставленных государственных или коммерческих задач.

Для каждой стадии жизненного цикла летательного аппарата характерны два слоя: информационный и материальный. В информационном слое создаются описания изделий и процессов различного назначения. Он характеризуется преобладанием интеллектуального труда. В материальном слое по описаниям, представленным в различной форме, выполняется материализация изделий и процессов.

В результате формируется единое информационное пространство, обеспечивающее полную цифровизацию всех этапов жизненного цикла летательного аппарата и управление ими. Интеграция информационных потоков позволяет проводить оптимизацию взаимодействия между этапами с позиций соответствия спросу на выпускаемый продукт и эффективности использования ресурсов.

Единое информационное пространство создаёт облачную среду, в которой цифровой двойник проходит через все этапы жизненного цикла изделия. Единое пространство нужно понимать, как совокупность всех данных, относящихся к проекту самолета, которые доступны всем подразделениям и исполнителям в рамках их компетенции при выполнении своих служебных обязанностей.

Цифровой двойник самолета в едином информационном пространстве, представляет работу своего физического объекта на всех этапах жизненного цикла.

За счет применения новой парадигмы цифрового проектирования и моделирования стало возможным уйти от традиционной ситуации, когда число изменений изделия (в силу допущенных ошибок или полученных новых, ранее не учтенных сведений) и, соответственно, возрастающие затраты на их внесение распределяются на протяжении всего жизненного цикла разработки - от стадии проектирования до начала серийного производства. В итоге становится возможным сосредоточить основную долю изменений и затрат на стадии проектирования и тем самым значительно минимизировать общий объем затрат, сократить издержки обеспечить создание наукоемких высокотехнологичных изделий нового поколения в кратчайшие сроки.

Внутренняя составляющая цифрового двойника представляет собой структурированную многомерную матрицу функциональных, технических, технологических, эксплуатационных и экономических свойств. Эти свойства формируются и проявляются на отдельных этапах ЖЦ летательного аппарата, а так же требований: к экологическим показателям ($T^{\text{Экол}}$), к технической документации ($T^{\text{Т.док}}$), отраслевых стандартов ($T^{\text{ОСТ}}$), предъявляемых к авиационному изделию и его составным частям. Модель представления данных об изделии в информационном пространстве определяется как инструмент моделирования процессов на этапах ЖЦ, включающий в себя структуры данных о свойствах и требованиях, методы структурирования данных, правила ограничения целостности и алгоритмы взаимосвязи структурированных данных.

Каждое из свойств (C^K) и требований (T^K), предъявляемых к изделию, представляет собой элементы двумерной матрицы параметров размерностью (j, l) . А их совокупность – это структурированная многомерная матрица цифрового двойника (рис. 1) размерностью (k, j, l) .

Элементы матрицы функциональных свойств ($C^Ф$) складываются назначением изделия, условиями его применения, техническими возможностями и характеризуют способность выполнять свои функции в соответствии с предназначением.

Элементы матрицы технических свойств ($C^Тх$), характеризуют приспособленность изделия

к реализации физических принципов, входящих в основу его функционирования как сложной технической системы.

Элементы матрицы технологических свойств ($C^{Тн}$), характеризуют приспособленность летательного аппарата к возможности технологической реализации технических решений, заложенных на предыдущих этапах.

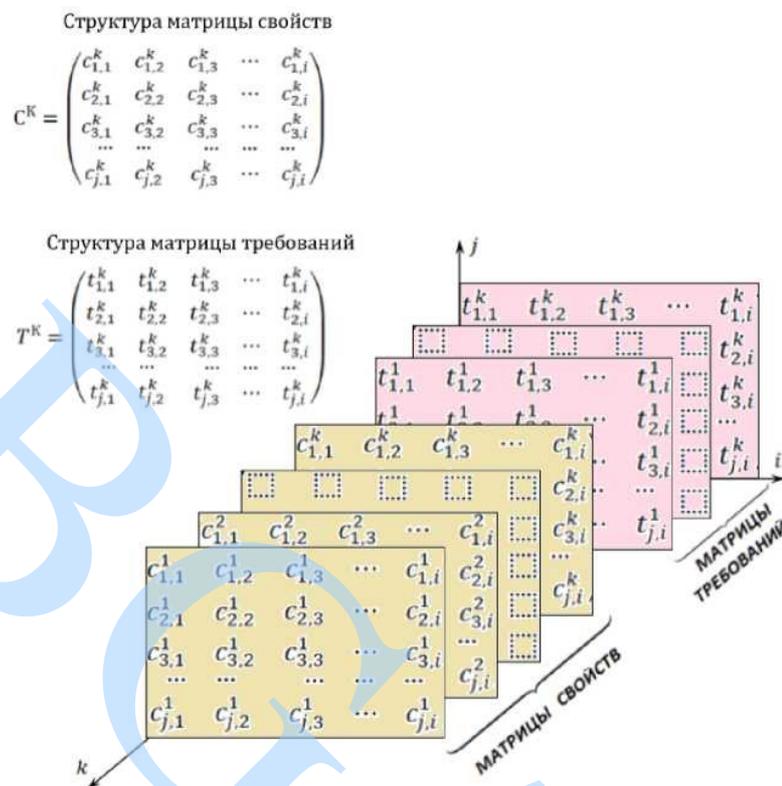


Рисунок 1 - Структурированная многомерная матрица

Если в качестве изделия рассматривать самолёт, то элементы ($a_{j,i}^k$) функциональных свойств (C^Φ), входящие в массив, будут включать такие параметры как: ($m_{цн}; V_{кр}; H_{кр}; H_{max}; L_{max}; n_y^{экс}; n_x^{экс}$) и др. В данном случае: $m_{цн}$ - масса целевой нагрузки определяющая назначение летательного аппарата, а параметры $n_y^{экс} = f n_y^p$ и $n_x^{экс} = f n_x^p$ зависят от требований (n_y^p и n_x^p).

На этапе предварительного проектирования исходными данными входящих в структурную матрицу свойств и структурную матрицу требований может входить: требуемые летно-технические характеристики, требуемые ресурсные характеристики, требования к силовой установке, взлетная масса первого приближения m_0 , определение размерных параметров – S, P₀, взлетная масса второго приближения - $m^{(2)}$ и другие параметры.

Далее на этапе эскизного проектирования в структурную матрицу свойств и структурную матрицу требований входят следующие данные: компоновка, центровка, экспериментальные исследования, конструктивно силовая схема, весовые аэродинамические прочностные расчеты и т.д. На этапе рабочего проектирования такими данными могут служить: уточненные расчеты, стендовые отработки, данные наземных и летных испытаний и т.д.

При переходе к этапу эксплуатации изделия, модель цифрового двойника может быть доработана и использована для получения обратной связи с разработкой и изготовлением летательного аппарата, прогнозированием и диагностикой неисправностей, повышением эффективности работы, выявления новых потребностей потребителя.

Облачный сервис ЕИП накапливает и хранит историю эксплуатации летательного аппарата и всех видов работ, проводимых при обслуживании. Полнота этих данных позволяет прогнозировать поведение реального изделия. Появляется возможность тестирования целого парка авиационной техники, мониторинга их технического состояния и проведения системного анализа на основе агрегированной текущей информации от изделия и его составных частей.

В данном случае цифровые двойники используют информацию из целого ряда источников, включая данные с датчиков, осуществляющих мониторинг различных показателей рабочего состояния физического объекта, сведения от специалистов-экспертов и от других подобных изделий или парков изделий, а также более крупных систем, частью которых может физическое изделие. В цифровых двойниках можно реализовывать и технологии машинного обучения, в силу того что они являются, по сути, самообучающимися системами.

Цифровой двойник построен на больших данных, которые поступают в реальном времени по множеству измерений. Данные измерения могут создать формирующийся профиль процесса или объекта в цифровом мире, который может дать важную информацию о производительности системы, что приведет к принятиям решения в физическом мире, таким как изменение разработки летательного аппарата, так и производственного процесса.

Симбиоз с технологиями интернета вещей является драйвером для развития информационных технологий. Цифровые двойники получают реальную информацию от различных источников, которые осуществляют мониторинг состояния физических изделий, при этом интернет вещей обеспечивает сбор, систематизацию и анализ данных различного рода. Это способствует тому, что процесс создания АТ становится экономичным и эффективным. Использование цифровых технологий позволяет существенно сократить время, затрачиваемое на подготовку производства при создании новой техники, проведение испытаний, дает значительный выигрыш при дальнейшей модернизации самолетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Цифровые технологии в жизненном цикле российской конкурентоспособной авиационной техники: Монография / Под. ред. М.А. Погосьяна. – М.: Изд-во МАИ, 2020. – 448 с.
2. Конструкция и прочность летательных аппаратов. Учебник для вузов ВВС / Под ред. О.В. Болховитинова.– М.: ВВИА им. проф. Н.Е. Жуковского, 2004. – 678 с
3. Серебрянский, С.А. Цифровой двойник в едином информационном пространстве жизненного цикла как инструмент обеспечения конкурентоспособности изделия авиационной техники / С.А. Серебрянский, Д.Ю. Стрелец, М.В. Шкурин // Автоматизация в промышленности. 2021. №1. С. 20-26.

УДК 620.179

С.Н. Сергеев, Д.Ю. Захарьяшев, И.Д. Кравцов

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

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СТОЕК ШАССИ САМОЛЕТОВ В АВИАЦИОННОМ ПОЛКУ

В авиационных частях имеют место случаи разрушения основных стоек шасси самолета МиГ-29СМТ, которые произошли из-за развития трещины на стенке с внутренней стороны стакана.

С целью предупреждения подобных случаев был определен и проанализирован ряд причин, по которым могло произойти развитие трещины:

- конструктивный недостаток;
- производственный недостаток;
- нарушение правил технической эксплуатации;
- эксплуатация сверх установленного ресурса;
- нарушение эксплуатационных ограничений по перегрузке и остатку топлива на посадке.

Так в работе во внимание были приняты нарушения эксплуатационных ограничений по перегрузке и остатку топлива на посадке и эксплуатация сверх установленного ресурса. В дальнейшем выполнена сверка назначенных показателей ресурса и срока службы агрегатов шасси на соответствие требованиям действующего ресурсного бюллетеня. В качестве базы данных количества посадок использовалась форма 25/ВВС, на основе которой был выполнен анализ состояния парка самолетов МиГ-29СМТ. Кроме этого, дополнительно исследовались два самолета МиГ-29 (бортовые номера 07 и 101), которые находятся на учебном аэродроме ВУНЦ ВВС «ВВА».

Дальнейшее исследование и анализ выполнялись на самолете с разрушенной стойкой по данным объективного контроля. За основу были взяты показатели перегрузки при посадке (n_y) (рисунок 1) и масса топлива при посадке (m_T) за крайние 100 полетов.

Произведен сбор и анализ статистических данных по перегрузке и остатку топлива на посадке. Максимальная перегрузка за 100 крайних посадок составляет 2,0 ед (поз. 65), максимальный остаток топлива 2752 кг.

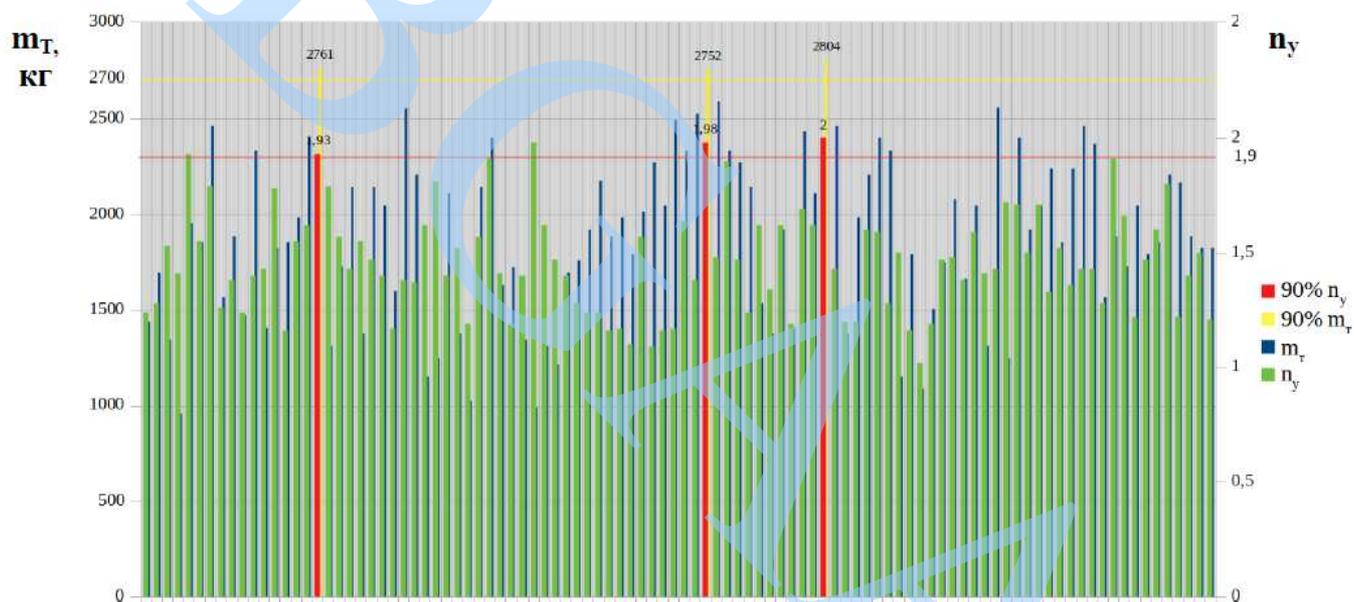


Рисунок 1 – Показатели n_y и m_T при посадке за крайние 100 полетов

Для определения очередности проведения исследований парка воздушных судов, был применен метод «время-вероятность». Данный метод предназначен для минимизации трудоемкости и времени поиска неисправности проверяемых узлов и элементов [1]. Анализ проводится по двум показателям – значение времени (T_i), необходимое для проверки наличия неисправности и вероятность отказа i -го узла (Q_i). По отношению T_i/Q_i выполняется ранжировка в порядке увеличения отношения. По полученным значениям определяется очередность проведения исследований (N_i) состояния основных стоек шасси в авиационном полку

В результате проделанной исследовательской работы была сформирована общая методика проверки состояния основных стоек шасси парка самолетов (рисунок 2).

В дальнейшем для осуществления дефектоскопии основных стоек шасси ультразвуковым методом неразрушающего контроля была выбрана ультразвуковая измерительная установка «СКАНЕР+» с режимом дефектоскопа общего назначения.

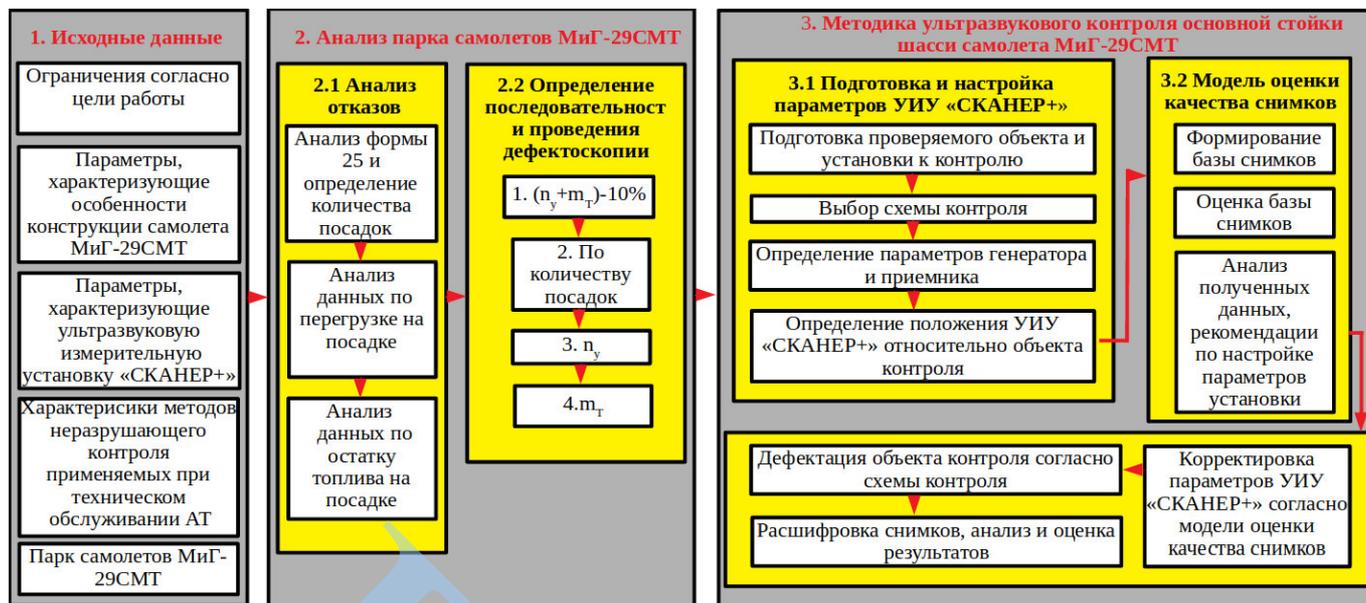


Рисунок 2 – Методика оценки состояния основных стоек шасси парка самолетов

Применение данной методики позволяет определить последовательность выполнения проверки парка воздушных судов, минимизировать простой самолетов и уменьшить время на выполнение контроля технического состояния деталей основных стоек шасси в авиационной эскадрильи на 17,3 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолов, Д.В. Моделирование систем и процессов / Д.В. Богомолов. – Воронеж: ВУНЦ ВВС ВВА, 2015. – 285с.

УДК 623.746

Степуть В.Ч., Твёрдый В.Д., Москвин К.М

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ ВОЗДУШНЫХ СУДОВ

Непрерывное улучшение конструкции и летно-технических характеристик воздушного судна (ВС) обеспечивается использованием в конструкции материалов с высокими физико-механическими свойствами, применением прогрессивных технологий изготовления изделий, информационных технологий и др.[1].

Основными направлениями совершенствования производства ВС являются: применение прогрессивных технологических методов и процессов; автоматизация производства; использование информационных технологий; совершенствование нормативно-технологической документации; использование передовых достижений в области организации производства. Одним из направлений повышения эффективности производства является применение современных информационных технологий для интеграции процессов, выполняющихся в ходе всего жизненного цикла продукции и ее компонентов. Это направление реализуется в виде внедрения и использования концепции CALS-технологий. CALS-технологии – современный подход к проектированию и производству высокотехнологичной и наукоёмкой продукции, заключающийся в использовании компьютерной техники и современных информационных технологий на всех стадиях жизненного цикла изделия. За счет непрерывной информационной поддержки обеспечиваются единообразные способы управления процессами и взаимодействия всех участников этого цикла: заказчиков продукции, поставщиков/производителей продукции, эксплуатационного и ремонтного персонала.

В течение полутора десятков лет развивается новое направление в технологии – печать деталей в 3D-принтерах. Слово «печать» употребляется в данном случае не совсем точно, очевидно в связи с тем, что оборудование, используемое в этих технологиях, принято называть принтером [2]. В основе всех технологий 3D-печати лежат процессы точной послойной полимеризации или спекания лазерным лучом, который перемещается по программе, описывающей геометрию детали, изготавливаемую таким образом из полимеров или металлических порошков (рисунок 1).

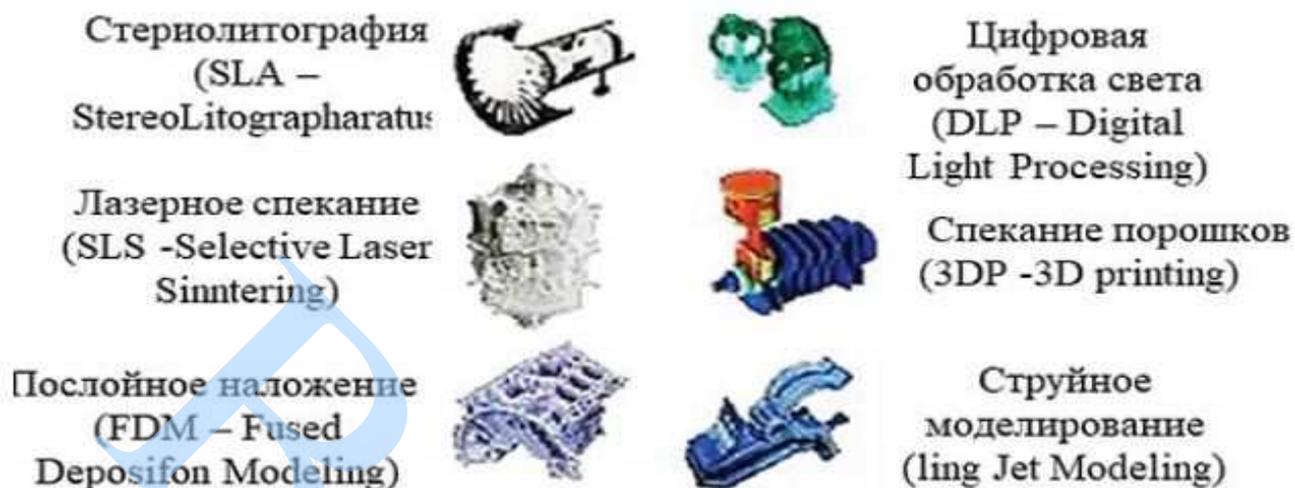


Рисунок 1- Технологии 3D печати

Существует несколько типов 3D-принтеров, основным достоинством которых является получение пространственных деталей любой по сложности формы, в том числе органов человека и животных. Высокие температуры, возникающие при расплавлении лазерным лучом металлических порошков, позволяют сегодня изготавливать таким способом прочные детали. Совместное использование трехмерной компьютерной графики, интегрированных вычислительных комплексов и лазерного луча позволяют изготавливать сложнейшие детали без специальной оснастки [2].

Важным фактором повышения производства самолетов является использование прогрессивных технологий и оборудования [3, 4]. В механообрабатывающем производстве: широкое использование высокоскоростной обработки и многооперационных станков; использование зеркального фрезерования; использование дробеструйной обработки.

В литейном производстве: расширение применения методов быстрого прототипирования; применение методов вакуумно-пленочной формовки; применение литья под низким давлением; применение литья в облицованные кокили.

В заготовительно-штамповочном производстве – использование станков с ЧПУ для формообразования длинномерных обшивок.

В агрегатно-сборочном производстве: использование прогрессивного ручного механизированного инструмента; использование упрочняющих методов обработки отверстий для повышения ресурса болтовых соединений; внедрение и использование клепальных автоматов с ЧПУ; использование стыковочных стендов с ЧПУ.

В производстве изделий из КМ: использование новых материалов с высокими характеристиками прочности и упругости; разработка технологических процессов изготовления изделий интегральной конструкции.

Для производства сплавов, используемых в конструкции АД, необходимо 30% титана, 28% никеля, 20% железа, 10% хрома, 4% молибдена, 4% алюминия, 2% кобальта, 2% вольфрама [5, 6].

Очень большая относительная доля трудозатрат в начальный период освоения современного АД приблизительно 45% по механической обработке снижает показатели двигателестроения: коэффициент использования материалов, технико-экономическую эффективность, повышает трудоемкость, снижает качественные показатели [6].

Выход из этого положения лежит в применении новых технологий (рисунок 2), к которым

можно отнести следующие: широкое применение лазерной технологии; применения сверхпластичности в производстве деталей ГТД; дальнейшее совершенствование технологии получения литых лопаток турбин; совершенствование электрохимической обработки деталей в авиадвигателестроении; применение струйной гидроабразивной обработки деталей ГТД; горячее изостатическое прессование; замена традиционной конструкции компрессора диск + лопатка на конструкции блисков и блингов (моноколёс); применение новых покрытий для деталей компрессора; применение новых покрытий в конструкции турбины.

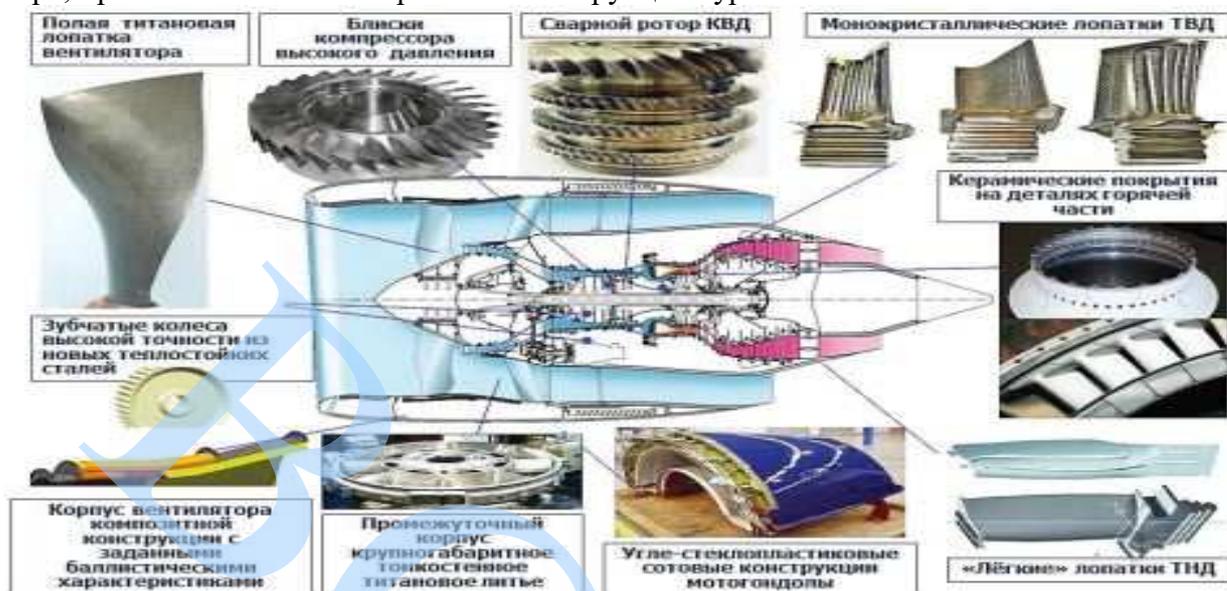


Рисунок 2 - Внедрение перспективных технологий в двигателестроении (ПД-14)

Лазерная технология включает: резку, сварку, наплавку термоупрочнения сплавов, обработку неметаллических материалов.

Лазерный луч как источник нагрева имеет преимущества: высокая концентрация подводимой энергии и локальность обработки отдельного участка поверхности без нагрева остального объема детали; регулирование параметров лазерной обработки позволяет получить нужную структуру поверхностного слоя и его свойства: твердость, износостойкость, шероховатость и др.; высокая технологичность: отсутствие вредных отходов.

Лазерная технология применяется для раскроя листовых материалов, обрезки обечаек камеры сгорания, изготовление перфорации в деталях ГТД, скругление кромок в керамических стержнях для получения отверстий в деталях охлаждаемых лопаток турбин, а также используют газовые и твердотельные лазерные излучатели, работающие в непрерывном и импульсном режимах [6, 7].

Сверхпластичность (СП) — это способность ультрамелкозернистых материалов равномерно пластически деформироваться на очень большую степень при относительно высоких температурах, малых напряжениях и малых скоростях деформации [8].

Преимущества от применения сверхпластичных сплавов:

А) Штамповка труднодеформируемых сплавов на основе никеля и титана. За счет малых скоростей деформации резко уменьшается производительность — это недостаток СП.

Б) Штамповка тонкостенных деталей сложной формы с обрезанием, что позволяет приблизиться к размерам готовой детали.

В) Улучшение ряда показателей качества готовой продукции: увеличение точности размеров и чистоты поверхности поковок, отсутствие внутренних напряжений, повышение коррозионной стойкости.

На отечественных заводах двигателестроения освоен один из первых вариантов СП - изотермическая штамповка дисков и лопаток из титановых и никелевых сплавов на гидравлических прессах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Баранов, Д.А. Производство и ремонт летательных аппаратов и двигателей: в 2 ч. / Д.А. Баранов, В.М. Самойленко. – М.: ИД Академии Жуковского, 2018. – Ч. 1: Производство авиационной техники: учебное пособие. – 88 с.
2. Арасланов, С.М. Основы проектирования и производства самолетов / С.М. Арасланов // Авиация общего назначения. - 2016. – С. 41-54.
3. Приоритеты авиационных технологий: В 2-х кн. / Науч. ред. А. Г. Братухин. - М.: Изд-во МАИ, 2004. – Кн. 1. – 696 с.
4. Современные технологии агрегатно-сборочного производства самолетов / А. И. Пекарш [и др.]. – М.: Аграфпресс, 2006. – 304 с.
5. Абраимов, Н.В. Химико-термическая обработка и защитные покрытия в авиадвигателестроении : учебное пособие для вузов / Н.В. Абраимов, Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов; под редакцией Н.В. Абраимова. – М.: Высшая школа, 1999. – 525 с.
6. Иванов, Е.Г. Новые авиационные материалы : учебное пособие для вузов / Е.Г.Иванов. – М.: ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 2007. – 144 с.
7. Демин, Ф.И. Технология изготовления основных деталей газотурбинных двигателей: учебное пособие / Ф.И. Демин, Н.Д. Проничев, И.Л. Шитарев; под. общ. ред. проф. Ф. И. Демина. – 2-е изд. – Самара: Изд-во СГАУ, 2012 – 324 с.
8. Буланов, И.М. Технология ракетных и аэрокосмических конструкций из композиционных материалов: учебное пособие для вузов / И.М. Буланов, В.В. Воробей. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 1998. - 516 с.

УДК 004.9.358.424

Х.Х. Бобоев, Р.Е. Андреев, З.Н. Агаев

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

ВЛИЯНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ НА БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ АВИАЦИИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В числе важнейших эксплуатационно-технических характеристик (ЭТХ), определяющих эффективность летательного аппарата (ЛА), особое место занимают показатели надежности, безопасности и живучести [1]. В условиях возрастающих объемов интенсивности использования воздушных судов (ВС) неизбежно возрастают требования по обеспечению безопасности полетов (БП). БП характеризуется свойством авиационно-транспортной системы, заключающееся в ее способности осуществлять воздушные перевозки без угрозы для жизни и здоровья людей, предупреждать возникновение особых ситуаций. Необходимость решения проблемы обеспечения БП, обусловило поиск и разработку новых методов оценки ее уровня, формирования теоретических основ сохранения летной годности.

На БП влияют следующие факторы:

1. Человеческий фактор – люди в той обстановке, в которой они живут и трудятся, взаимодействуют с машинами, процедурами и окружающей обстановкой, а также между собой;
2. Технический фактор – включает характеристики ВС и другой авиационной техники, средства навигации и управления воздушным движением;
3. Неблагоприятные внешние условия – события или явления во внешней среде, которые создают угрозу безопасности полета. К ним относятся неблагоприятные метеорологические условия, скопление в воздухе птиц, наличие спутных следов от ранее пролетевших ВС и т.д.

При этом следует иметь в виду, что во всех случаях, связанных с исследованиями в данной области, присутствует и явном или неявном виде «человеческий фактор» (ЧФ) как один из важнейших аспектов безопасности полетов. На заре авиации доля ЧФ составляла около 5%, в середине XX в. – 45%. В настоящее время ЧФ определяет 80% всех авиационных происшествий.

Человеческий фактор – одно из центральных понятий, используемых при рассмотрении проблемы обеспечения безопасности полетов. Это понятие чрезвычайно объемно и служит для характеристики всех явлений, событий при эксплуатации авиационной техники (АТ), связанных с деятельностью авиаспециалистов, проводящих на земле подготовку ВС к полету и непосредственно в воздухе во время полета.

Под человеческим фактором следует понимать совокупность индивидуальных и присущих профессиональному контингенту в целом качеств и свойств человека, которые проявляются в конкретных условиях функционирования авиационной системы, оказывая влияние на ее эффективность и надежность. В такой высокотехнологичной отрасли, как авиация, основное внимание при решении проблем часто уделяется техническим средствам. Однако статистика данных авиационных происшествий неоднократно подтверждает тот факт, что, по крайней мере, три из четырех происшествий являются следствием ошибок, допущенных внешне здоровыми индивидуумами с надлежащей квалификацией.

Ошибки технического обслуживания возникают в процессе эксплуатации и обычно вызваны некачественным ремонтом оборудования или неправильным монтажом вследствие недостаточной подготовленности обслуживающего персонала, неудовлетворительного оснащения необходимой аппаратурой и инструментами.

Статистика летных происшествий наглядно демонстрирует исключительно важную роль «отказа» человеческого звена в обеспечении безопасности полетов.

Возможные ошибки пилотов и техников, обслуживающий самолет на земле:

- неточное выполнение необходимого действия;
- невыполнение необходимого действия или пропуск его;
- нарушение последовательности необходимых действий;
- выполнение ненужного действия или постороннего действия.

Отечественный и зарубежный опыт показывает, что обеспечить эффективную реализацию функциональных возможностей АТ, снизить стоимость эксплуатации и повысить боеготовность авиационных частей возможно путем создания системы эксплуатации и ремонта авиатехники на основе применения современных ИПИ - технологий.

ИПИ-технологии – информационные технологии описания воздушного судна и составных частей на всех стадиях его жизненного цикла, среды разработчиков, изготовителей, эксплуатирующих и ремонтных организаций, процессов, протекающих в этих средах, необходимых ресурсов в условиях автоматизированного информационного взаимодействия всех участников жизненного цикла.

Одним из существенных компонентов обеспечения процессов эксплуатации и ремонта АТ является эксплуатационная документация. Традиционная документация в бумажном исполнении отличается чрезвычайно большим физическим объемом, сложностью, продолжительностью и трудоемкостью ведения текущих записей и внесения в нее изменений, значительными неудобствами использования.

Особо следует отметить недостатки эксплуатационной и ремонтной документации на бумажных носителях, которые во многом обуславливают:

- ошибки личного состава, которые нередко приводят к возникновению аварийных ситуаций в воздухе;
- увеличение времени на выполнение работ из-за плохой приспособленности документации к предоставлению избирательной технологической информации о процессах технического обслуживания и регламента;
- ошибки при планировании и управлении технической эксплуатацией и ремонтом ВС из-за плохой согласуемости документации на бумажных носителях с системой каталогизации предметов снабжения, с создаваемыми автоматизированными системами управления ИАС и материально-технического обеспечения.

Решение проблемы заключается в переводе всего комплекса эксплуатационной, ремонтной, нормативной, учетной и отчетной документации в электронный вид. При этом электронную документацию следует рассматривать как составную часть системы информационной поддержки эксплуатации и ремонта АТ. В соответствии с важнейшей задачей является выработка требований

к электронной эксплуатационной документации (ЭЭД), к порядку её создания в виде интерактивных электронных технических руководств (ИЭТР), к составу, структуре и содержанию документации, к системе ее автоматизированной подготовки и поставки пользователям. Успешному решению данной задачи способствует появление основополагающих стандартов [3].

В отличие от документов в бумажном исполнении электронные технические документы решают следующие задачи [2]:

- оперативное обеспечение персонала информационным материалом об устройстве и принципах работы систем воздушного судна;
- оценку технического состояния судна с использованием средств автоматизированного контроля, диагностирования, поиска и устранения неисправностей;
- оперативное и наглядное обучение правилам и процедурам технического обслуживания и ремонта, обеспечение информацией о технологии выполнения операций по техническому обслуживанию и ремонту, о потребностях в необходимых инструментах и материалах, о количестве и квалификации персонала;
- реализацию автоматизированного заказа предметов снабжения и других материальных средств и их учета на этапах прохождения к эксплуатанту;
- обеспечение электронного обмена данными между эксплуатантом, органами военного управления и поставщиками.

Характерными свойствами электронной документации являются:

- интерактивность, т.е. возможность для специалиста инженерно-авиационной службы или ремонтного завода получать необходимые сведения об эксплуатационных и ремонтных процедурах, относящихся к конкретному изделию, непосредственно во время проведения этих процедур в форме прямого диалога с компьютером;
- обеспечение прямого интерфейсного взаимодействия с электронными модулями оценки технического состояния судна и его составных частей;
- обеспечение проведения операций по поиску отказов и повреждений на судне, их устранения, заказу необходимых запасных частей;
- обеспечение гипертекстовых ссылок между фрагментами документации и поиск необходимой информации по контексту.

Таким образом, разработка и внедрение ИПИ-технологий в процесс эксплуатации АТ является актуальным направлением, она позволит в значительной мере сократить ошибки личного состава выполняющих комплекс операций технического обслуживания в процессе эксплуатации АТ, что в свою очередь повысит безопасность полетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анцелович, Л.Л. Надежность, безопасность и живучесть самолета : учебник / Л.Л. Анцелович. – М.: Машиностроение, 1985. – 296 с.
2. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработка требований к электронной эксплуатационной документации», (шифр «Въезд»). ФГУП «ЛИИ им. М.М. Громова», 2007.
3. Документация эксплуатационная на авиационную технику. Построение, изложение, оформление и содержание формуляров : ГОСТ 27692-2012. – М : Изд-во стандартов, 2013.

ГИПЕРЗВУКОВЫЕ ЛЕТАТЕЛЬНЫЕ АППАРАТЫ – ПЕРСПЕКТИВНОЕ НАПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЯ АВИАЦИИ

Известно, что скорость является основным критерием научно-технических достижений в авиации. Поэтому понятен повышенный интерес во всем мире к гиперзвуковым летательным аппаратам. Гиперзвуковой считается скорость, равная или превышающая $(4.5-5)M$. Здесь M – число Маха, обозначающее отношение скорости летательного аппарата (ЛА) к скорости звука в атмосфере. Гиперзвуковой ЛА – это ЛА, способный осуществлять полет в атмосфере с гиперзвуковой скоростью и маневрировать с использованием аэродинамических сил.

Активные исследования и реализации гиперзвуковых технологий в ряде стран (Германия, США) предпринимались еще в прошлом веке. В виду многообещающих перспектив (минимальное время достижения поражаемой цели, максимальная оперативность разведывательных операций, невозможность обнаружения средствами ПВО противника) новые возможности в первую очередь интересовали военных специалистов. С 60-х годов прошлого столетия в СССР и США проводились работы по ряду серьезных научно-технических программ в этой области. Возникшие при этом проблемы остаются актуальными и сейчас. Для их решения потребуется еще определенное время и значительные средства. Это, прежде всего проблемы силовых установок, топлива, аэродинамики, конструкционных материалов, систем управления и др.

Гиперзвуковые летательные аппараты (ГЗ ЛА) могут оснащаться различными типами силовых установок: жидкостными ракетными двигателями (ЖРД), гиперзвуковыми прямоточными воздушно-реактивными двигателями (ГПВРД), твердотопливными ракетными двигателями (РДТТ), ядерными ракетными двигателями (ЯРД) и др., в том числе комбинацией таких двигателей и ускорителей. Гиперзвуковые аэрокосмические системы могут включать несколько ступеней с ГЗВРД. Удельный импульс таких двигателей составляет от 1000 до 4000 секунд. Однако с ростом скорости этот показатель будет уменьшаться. При этом также будет происходить снижение аэродинамического качества. Кроме того, отношение тяги ГЗВРД к его массе в несколько десятков раз ниже этого показателя для ЖРД, что обуславливает значительные аэродинамические потери при полетах в атмосферной среде.

Авиалайнеры с ГЗВРД могут значительно сократить время путешествия из одной точки земного шара в любую другую. Однако пока нет положительного ответа на вопрос, смогут ли такие ЛА вмещать и перевозить количество топлива, достаточное для совершения длительных перелетов, а также избежать вредных для человека и техники шумовых эффектов при их эксплуатации. Еще остаются проблемными вопросы обеспечения высокой надежности и экономичности гиперзвуковых полетов.

Гиперзвуковое обтекание частей ЛА вызывает их аэродинамический (кинетический) нагрев. При этом в отдельных местах температура достигает таких величин, при которых происходят необратимые изменения прочностных свойств конструкционных материалов и физико-химических свойств воздуха, обтекающего нагретые поверхности. Решение проблемы – в создании материалов высокой жаростойкости либо специальной тепловой защиты. С точки зрения аэродинамики основную трудность представляет учет реальных свойств воздуха и динамики гиперзвукового обтекания ЛА. Требуется дальнейшее развитие и усовершенствование теоретических и экспериментальных методов исследований аэродинамики ГЗЛА.

Задача аэродинамики гиперзвуковых полетов должна сводиться к тому, чтобы за счет увеличения аэродинамического качества и совершенствования компоновки ГЗЛА добиться минимального аэродинамического сопротивления. Дальнейшее развитие и совершенствование методов исследования аэродинамики гиперзвуковых скоростей позволит уверенно развивать практическое освоение ГЗЛА, что сулит существенные выгоды, как для военной, так и для

гражданской авиации (минимальное подлетное время до цели, успешное преодоление сопротивления ПВО противника, оперативность связей и досягаемость любой точки на планете).

Известно, что аэродинамическое качество при гиперзвуковых скоростях обратно пропорционально толщине несущих поверхностей ЛА. Значит, добиться повышения аэродинамического качества можно за счет уменьшения относительной толщины профиля крыла. Наиболее подходящим для такого ЛА является аэродинамическая схема «летающее крыло», набранное из ромбовидных профилей, обладающим наименьшим волновым сопротивлением. Следует иметь в виду, что аэродинамическая схема ЛА «летающее крыло» имеет существенный недостаток – малый внутренний объем, необходимый для размещения полезной нагрузки и оборудования. В связи с этим конструкторы разработали подходящую для ГЗЛА аэродинамическую компоновку в виде значительно удлиненного фюзеляжа с очень тонкими крыльями переменной стреловидности, набранными из треугольных профилей. Таким образом, фюзеляж также представляет собой несущую поверхность, которая создает подъемную силу, соизмеримую с подъемной силой крыла. Переменная стреловидность крыла способствует также уменьшению его кинетического нагрева в полете.

Во избежание отрицательного влияния высокотемпературного нагрева поверхностей ЛА на работу бортового оборудования при полетах на гиперзвуковых скоростях конструкторы стремятся смещать области образования плазмы от мест расположения высокочувствительных антен и датчиков.

Химический распад молекул кислорода усложняет работу любого двигателя, потребляющего воздух. Чтобы поток всасываемого воздуха обеспечивал нормальную работу двигателя, скорость предварительного разгона ГЗЛА должна быть достаточно высокой и форма воздухозаборника должна этому способствовать.

В настоящее время ведутся серьезные научно исследовательские работы в области аэродинамики и авиационных двигателей и есть надежда, что сочетание сверхжаростойких сплавов и сложных систем регулирования температур в ближайшие десятилетия позволят авиационным специалистам успешно преодолеть тепловой барьер.

Чрезвычайная важность функциональных задач, сложность и высокая стоимость техники обуславливают важнейшие требования к ее надежности. ГЗЛА должен обладать высокой управляемостью, чтобы сесть на палубу авианосного корабля в случае возникновения нештатной ситуации над океаном, где нет запасных аэродромов. Перспективным направлением в области обеспечения надежности и безопасности является использование активных систем управления (АСУ), позволяющих выполнять объективное регулирование действующих на летящий самолет нагрузок и тем самым обеспечивать его эксплуатационный ресурс [1]. Концепция ограничения опасных маневренных нагрузок предусматривает в ответ на возникающую нагрузку отклонение с помощью АСУ органов управления ЛА. В результате изменяется распределение воздушной нагрузки по размаху крыла. При этом создается необходимая для маневра подъемная сила, а действующий изгибающий момент уменьшается. Коэффициент запаса прочности конструктивных элементов увеличивается.

Применение АСУ позволяет снизить уровень действующих на самолет нагрузок и, как следствие, увеличить полезную нагрузку и массу заправляемого топлива, что в целом повысит эффективность самолета.

Улучшить характеристики крыла можно, выполнив его механические части в виде единых с ним элементов. Такое крыло называется адаптивным. В нем носовые и хвостовые части выполняются отклоняемыми без образования щелей. При этом места сгиба остаются гладкими, не создавая возмущений в ламинарном потоке и не ухудшая аэродинамического качества крыла.

Адаптивно управляемое крыло - крыло самолета, профиль которого принимает форму, близкую к оптимальной на каждом заданном режиме полета [2]. Конструкция такого крыла позволяет плавно, за счет гибкой обшивки, отклонять носовую и хвостовую часть крыла, изменяя кривизну вдоль размаха в зависимости от высоты, скорости полета и перегрузки. Управление элементами крыла осуществляется высокоавтоматизированной дистанционной системой.

Отличительной особенностью современных боевых ЛА является их сверхманевренность –

способность выполнения управляемых эволюций пространственного движения за минимальное время при максимальных скоростях траекторного и углового движения. Такие режимы возможны только при высоком техническом совершенстве самолета, при возможности непосредственного управления действующими аэродинамическими силами и вектором тяги двигателей, при автоматической реализации интеллектуальных управляющих воздействий в бортовых системах активного управления.

Интеллектуальные системы управления (ИСУ) способны действовать в условиях неопределенности информации о внешней среде, противнике и внутреннем состоянии системы. Они функционируют на основе динамических моделей внешнего мира и внутренней среды, реализуемых в виде базы знаний. При этом ИСУ непрерывно реализует механизмы самообучения и адаптации в условиях меняющихся ситуаций. ИСУ, построенные на основе нейронных сетей, – один из ярких примеров бионического подхода, когда принципы функционирования управления живыми организмами эффективно использованы для создания нового поколения систем управления техническими устройствами [3].

Широкому внедрению новых активных систем управления в конструктивные системы перспективных ЛА будет также способствовать наметившаяся тенденция развития мехатроники – создание интеллектуальных мехатронных модулей [4]. Они представляют собой автономное устройство, включающее элементы точной механики, электротехники и гидравлики, электроники и микропроцессорных систем с интеллектуальными свойствами. Такое синергетическое объединение технических возможностей позволяет принимать и реализовывать решения об активном управлении при неполной информации об объекте управления и внешней среде. Таким образом, значительно облегчается работа оператора, а уровень управления будет соответствовать уровню развития техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шевченко, В.С. Тенденции развития бортовых систем управления летательными аппаратами / В.С. Шевченко // Вестник Военной академии Республики Беларусь. - 2019. - № 2(63). – С. 36 – 41.
2. Адаптивное крыло для гражданских транспортных самолетов // Новости зарубежной науки и техники / ЦАГИ. - 1986. – №14. – с. 9 - 12
3. Остроух, А.В. Интеллектуальные системы: учеб. пособие. / А.В. Остроух. – Красноярск: НИЦ, 2015. – 110 с.
4. Подураев, Ю.В. Основы мехатроники: учеб. пособие / Ю.В. Подураев. - МГТ «Станкин», 2000. – 80 с.

УДК 681.32.

Е.Л. Кохановский, А.А. Кулинка

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ЗАЩИТА ВОЗДУШНОГО СУДНА ОТ РАКЕТ, ИМЕЮЩИХ ГОЛОВКУ НАВЕДЕНИЯ МАТРИЧНОГО ТИПА

Проведенный анализ развития и применения управляемых ракет (УР) предназначенных для поражения воздушных целей продемонстрировал, что данные средства поражения имеют несколько степеней развития и к крайнему поколению относятся ракеты с головкой самонаведения (ГСН) матричного типа, особенностью которой является распознавание и наведение по образу воздушного судна. Анализ открытой литературы [1] наглядно показал, что в таких высокотехнологичных странах как США, Германия и Великобритания имеет место тенденция выбора типа головок самонаведения, для вновь разрабатываемых ракет, с использованием матричных фотоприемных устройств. Использование головок данного типа позволяет распознавать цель (ее образ), координаты и вектора движения с последующей выдачей

сигналов на органы управления, при этом такие ГСН обладают высокой точностью определения координат и помехоустойчивостью. Однако наведение УР на воздушное судно (ВС) строится на «классических» методах наведения: погони, параллельного сближения и комбинированный (рисунок 1):

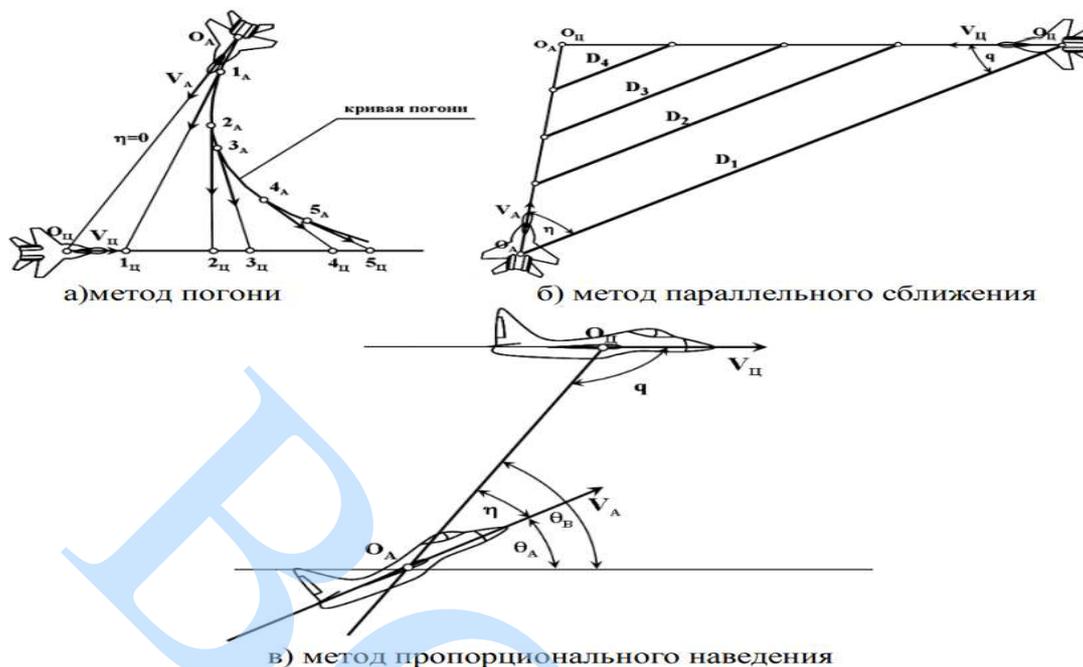


Рисунок 1 – Методы наведения ракет

Для организации защиты ВС от ракет используются такие способы как:
 защита ВС при помощи бортового комплекса обороны;
 активное маневрирование – маневрирование ВС, с применением фигур высшего пилотажа;
 маневрирование с использованием окружающей среды. Это может быть представлено уводом ракеты на солнце или использование рельефа местности.

При рассмотрении возможностей защиты самолетов от средств нападения последних поколений, следует учитывать новые возможности бортовых комплексов обороны, таких как «Президент – С». Данный комплекс имеет в своем составе обобщенные алгоритмы защиты, использующие различные системы ВС.

Подводя итог вышесказанному предполагаются следующие варианты защиты ВС от современных средств нападения:

1. Постановка радиоэлектронных помех, в том числе с лазерным излучением при использовании комплексов БКО.
2. Осуществление маневров ВС с использованием окружающей среды, а в отдельных случаях создание (маскировка) при помощи инверсионного следа.
3. Активное маневрирование ВС при использовании новых алгоритмов управления в автоматическом режиме [2]. Схема работы алгоритмов выстроена иерархически и в своей работе использует системы расчета противоракетного маневра и предупреждения об облучении.
4. Модернизацию комплексов БКО для возможности использования специальных боеприпасов для противодействия УР по траектории ее следования. Принцип противодействия будет заключаться в образовании облака пассивных помех. Специальные боеприпасы будут начинаться химическими веществами способными образовывать облака холодных и горячих газов.

Приходится констатировать, что для использования одного из вариантов защиты должны быть соблюдены некоторые условия – наличие на ВС БКО, обнаружения пуска средств поражения, определение типа ракеты. Ошибочно было бы думать, что применение одного способа позволит исключить поражение ВС средствами поражения. В связи с этим выявляется потребность в разработке алгоритмов защиты ВС способных работать в комбинированном

(совместном) режиме. Данной разработке может содействовать то, что различные методы защиты используют одни и те же системы ВС, с помощью которых определяются координаты и выдаются команды на органы управления для выполнения маневрирования и работы БКО.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Федосовой, И.А. Авиация и ПВО / Под редакцией И.А. Федосовой. – М : Дрофа, 2015. – 288 с.
2. Горчаков, М.А. Алгоритмическое обеспечение построения траектории уклонения летательного аппарата от управляемых средств поражения / М.А. Горчаков, А.В. Лущик, В.И. Рубинов // Вестник ВГТУ, 2018. – № 1. – С. 15-21.

УДК 629.7

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

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЧИСЛЕННЫХ МЕТОДОВ ГАЗОДИНАМИКИ В ИЗУЧЕНИИ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОСЕВОГО КОМПРЕССОРА ГТД

Разработка и успешное применение систем диагностики газотурбинных двигателей во многом определяется наличием в их составе математических моделей двигателя и его отдельных узлов. Использование характеристик многоступенчатого осевого компрессора с учётом эрозионного износа его элементов в процессе эксплуатации существенно повышает возможности таких систем, так как эрозионный износ проточной части, лопаточных венцов многоступенчатого компрессора является частой причиной досрочного съёма газотурбинного двигателя с летательного аппарата.

На сегодняшний день существует большое число методик различной степени детализации и сложности, позволяющих провести расчет компрессора [1]. Однако все они базируются на одно- и двумерных моделях потока и содержат в своей основе значительное число допущений. Кроме того, рабочий процесс ступени компрессора зависит от большого числа переменных и ограничений, что затрудняет достижение высокой точности расчета.

Для построения математических моделей учитывающих влияние износа лопаток на характеристику компрессора широкое применения находят численные методы газовой динамики, основанные на решении системы уравнений Навье – Стокса, описывающие движение газа с минимально возможными допущениями (т.н. CFD расчет) [2]. CFD расчет позволяет моделировать любые условия работы компрессора. Кроме того, результаты расчета значительно более информативны по сравнению с экспериментом, поскольку позволяют найти все параметры потока во всех точках рассматриваемой области. Расчетные программы, как правило, универсальны и могут быть также применены для изучения свойств других объектов.

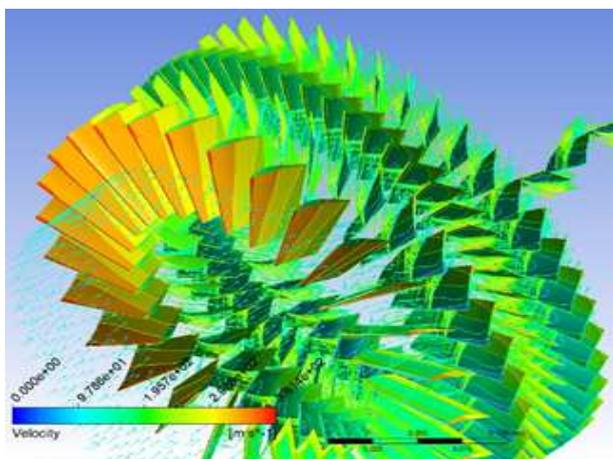


Рисунок 1 – Модель осевого компрессора в программном комплексе Ansys CFX

На рисунке 1 представлена разработанная авторами расчетная модель осевого компрессора, позволяющая по заданному виду износа лопаточных венцов рабочего колеса осевого компрессора построить характеристики и проследить изменение параметров компрессора в процессе эксплуатации. В основу предложенной модели заложен газодинамический 3D CAD/CAE расчет методом конечных элементов в программном комплексе Ansys CFX.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потапов, В.А. Моделирование характеристик многоступенчатого осевого компрессора турбовального ГТД с учётом нелинейности эрозионного износа его лопаток / В.А Потапов, А.А. Санько // Научный вестник МГТУ ГА. – 2020. – Том 23. – № 5. – С. 39-53.
2. Двирник, Я.В. Методика моделирования течения потока в осевом компрессоре ГТД численным методом / Я.В. Двирник, Д.В. Павленко // Вестник двигателестроения. – 2014. – № 1. – С. 34-40.

УДК 369.2

И.С. Прокуденко, С.Н. Романёнок

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

МЕТОДИКА ПРОЕКТНОЙ ОЦЕНКИ ПАРАМЕТРОВ ТВЕРДОТОПЛИВНОГО РАКЕТНОГО ДВИГАТЕЛЯ

В настоящее время одним из приоритетных направлений развития авиационной техники во всем мире является разработка беспилотных летательных аппаратов (БЛА).

Однако сегодня, БЛА с реактивными двигателями не нашли большого распространения. В то же время актуально разработка и применение таких БЛА для решения задач в качестве БЛА мишеней, ударных БЛА одноразового использования (камикадзе) и др.

При разработке малоразмерных реактивных двигателей требуется провести предварительную оценку их параметров. Однако для этого требуются актуальные методики расчета их параметров. Кроме того более точную оценку значений параметров возможно получить с применением современных пакетов проектирования (CAD) и инженерного анализ (CAE). Яркими примерами таких систем являются Solidworks и ANSYS.

Таким образом, задачей представленного исследования является разработка методики проектной оценки параметров реактивного двигателя с использованием CAD, CAE систем. В данном случае с использованием программного обеспечения Solidworks и ANSYS.

В связи с тем, что твердотопливный ракетный двигатель (РДТТ) представляет собой наиболее «простой» случай для данных расчетов, разрабатываемая методика предполагает рассмотрение двигателей именно данного типа.

Разработанная методика включает следующие пункты:

предварительный расчет энергетических и габаритных характеристик РДТТ, использованы методики и положения, представленные в [1, 2];

по данным, полученным на предыдущем шаге, построение упрощенной твердотельной модели в CAD системе Solidworks;

исследование полученного проектного решения в программном обеспечении ANSYS (с использованием пакетов Fluent, CFX, Static Structural, Steady-State, Thermal, Modal и др.)

В [1] представлена упрощенная методика проектной оценки параметров РДТТ, позволяющая оперативно и с достаточной степенью достоверности (для начальных этапов проектирования ракеты) определить энергетические и габаритные – массовые характеристики ракетного двигателя на твердом топливе.

Пособие составлено на базе методических положений, изложенных в [2], и предназначено для выполнения практических работ по определению характеристик РДТТ и курсового проекта по проектированию летательного аппарата на твердом топливе.

Построение профиля сопла (профилирование) осуществляется в соответствии с методикой представленной в [3]. Оно должно производиться с учетом необходимости получения минимальных потерь энергии, минимальных габаритов и веса.

Для оценки точности разработанной методики, произведен расчет РДТТ. В качестве прототипа для него выбран двигатель РДТТ-295, используемый в ракетах Р-73.

По результатам расчетов разработан чертеж проточной части РДТТ, представленный на

рисунке 1.

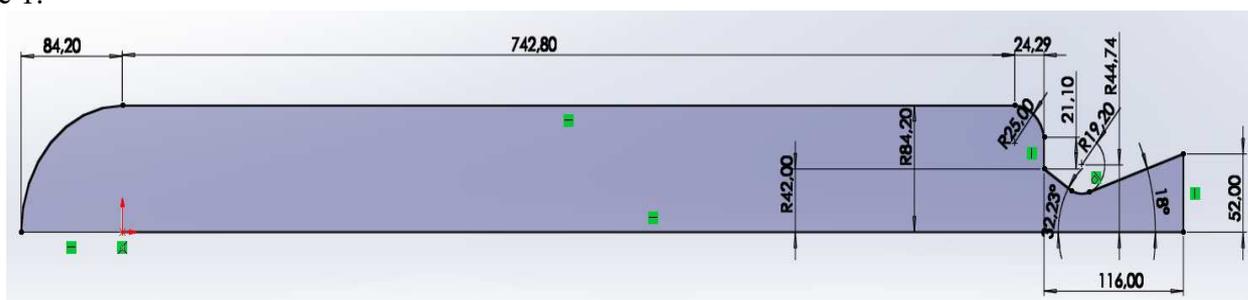


Рисунок 1 – Чертеж проточной части РДТТ

Далее, для создания твердотельного элемента и эскиза, применен инструмент «повернутая бобышка/основание» с вращением на 360° . Результат преобразования представлен на рисунке 2.

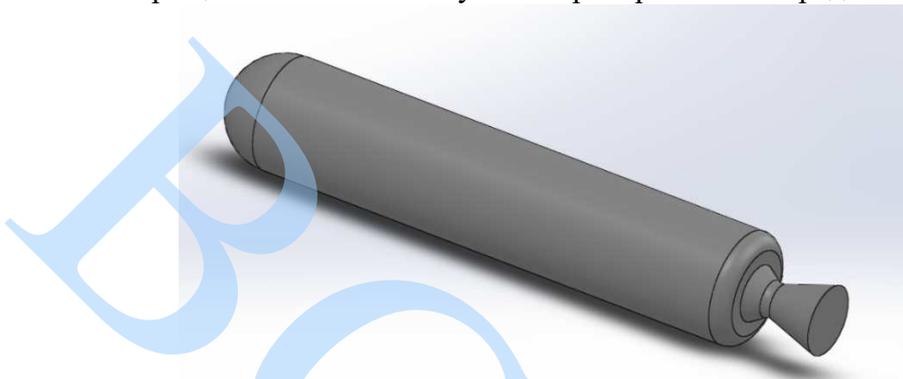


Рисунок 2 – Твердотельная модель проточной части РДТТ

Модель данного твердого тела может быть использована для дальнейших исследований рабочего процесса разрабатываемого РДТТ.

Однако, данная модель является избыточной с точки зрения экономии вычислительных и временных ресурсов.

Для сокращения требований к вычислительным ресурсам и снижения продолжительности вычислений в ПК ANSYS, без снижения точности, разработана расчетная область, представленная на рисунке 3.

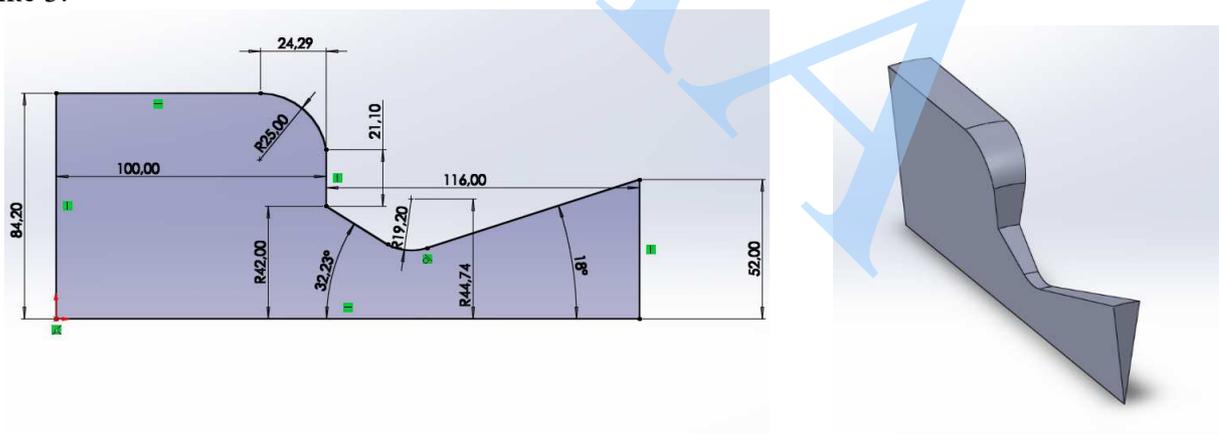


Рисунок 3 – Расчетная область РДТТ

Дальнейшим шагом является импорт разработанной модели в ПК ANSYS и построение расчетной сетки (рисунок 4).

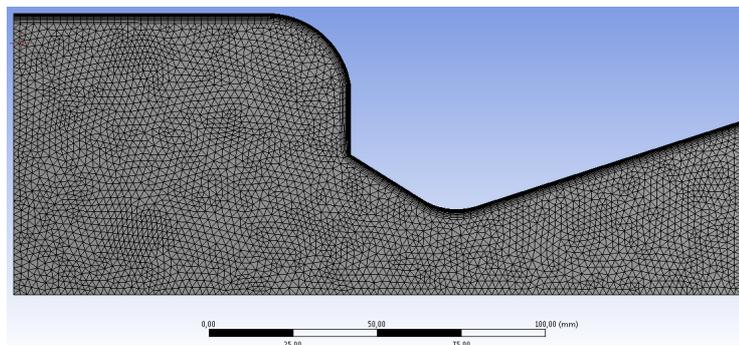


Рисунок 4 – Расчетная область и расчетная сетка в ПК ANSYS

Для учета степени кривизны и ребер и поверхностей, а также зазоров между геометрическими элементами, при построении расчетной сетки использован совместный режим «Curvature and Proximity» с максимальным размером ячейки до 2 мм. Кроме того, в пристеночных областях использован метод «Inflation» для построения расчетной сетки с призматическими сгущающимися слоями, для повышения точности расчетов в данных зонах.

Далее произведены настройки расчетной области. Свойства ее боковых поверхностей заданы как симметрия, поверхность соответствующая стенке РДТТ как стенка без перетекания и адиабатическим характером теплообмена. На входе заданы рассчитанные в соответствии с представленной методикой давление и температура в камере сгорания. На выходе заданы параметры стандартной атмосферы на уровне земли

Общий процесс решения данной задачи составил 903 итерации в течении 3 ч. 28 мин. В ходе решения получены результаты, представленные ниже.

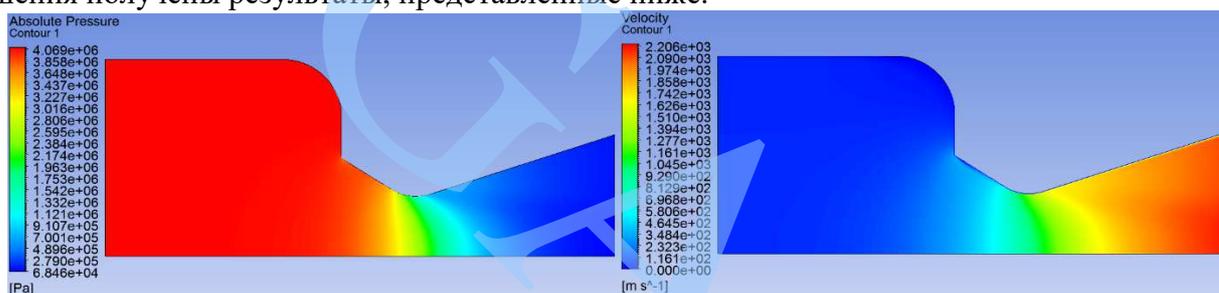


Рисунок 5 – Эпюры абсолютного давления и осевой скорости

Таким образом, в результате моделирования рабочего процесса РДТТ получено представление об общей картине физических процессов, протекающих в разрабатываемом РДТТ. При этом, существует возможность устранения грубых ошибок проектирования, связанных с протеканием рабочего процесса и выявленных в ходе его моделирования.

Полученные в ходе моделирования значения основных параметров рабочего процесса имеют расхождения с расчетными в связи с имеющимися допущениями и ограничениями. Несмотря на это, в целом, методика позволяет с достаточной степенью достоверности (для начальных этапов проектирования) определить энергетические и габаритные характеристики РДТТ.

На первом этапе разработки указанной методики, выполнен предварительный расчет энергетических и габаритных характеристик РДТТ, который показал достаточную точность по результатам сравнения полученных значений и данных РДТТ-295, имеющихся в открытых источниках. Кроме того, произведено уточнение полученных значений по результатам моделирования течения газов в двигателе и их истечения из сопла.

Таким образом, разработана методика проектной оценки параметров РДТТ, позволяющая с достаточной степенью достоверности (для начальных этапов проектирования) определить энергетические и габаритные характеристики РДТТ.

На следующих этапах разработки методики, требуется решить задачи оценки теплового состояния РДТТ и его статической прочности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Усолкин, В.В. Расчет энергомассовых и габаритных характеристик РДТТ : методическое пособие / В.В. Усолкин. – Издательство ЮУГУ. Миасс, 2001 – 14с.
2. Павлюк, Ю.С. Баллистическое проектирование ракет : учебное пособие для вузов / Ю.С. Павлюк. – Челябинск: Издательство ЧГТУ, 1996 – 114с.
3. Изотов, Б.А. Расчет и построение профиля сопла Лаваля: методические указания к лабораторной работе по курсу «Термодинамика и теплопередача». / Б.А. Изотов. - Выпуск 1. Серия научно-методических документов, содействующих профессиональному самоопределению студентов в учебном процессе «Я–специалист». – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. - 20 с.

3 СЕКЦИЯ

ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫЕ КОМПЛЕКСЫ. ЭЛЕКТРООБОРУДОВАНИЕ. РАДИОЭЛЕКТРОННОЕ ОБОРУДОВАНИЕ. РАДИОТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ПОЛЕТОВ

УДК 629.7.05

Д.Д. Марков

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

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ЭКИПАЖА ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Усталость пилотов вызывает серьёзную озабоченность благодаря воздействию этого неприятного фактора на безопасность полетов (БП). Утомлением является физиологическое состояние пониженной умственной или физической работоспособности в результате бессонницы или отсутствия отдыха, нарушение фазы суточного ритма или рабочей нагрузки, которое может ухудшить активность и способность члена экипажа безопасно управлять воздушным судном (ВС) или выполнять соответствующие задачи. Усталость же в свое время является одной из основных причин ухудшения самочувствия пилотов и, следовательно, авиационных происшествий (АП) и инцидентов.

О чем же говорит статистика:

- 90% пилотов считают утомление одной из ключевых проблем своей работы
- 30% ошибок - от утомления - по данным систем добровольных сообщений
- 7% пилотов – «Утомление – фактор, которым почти невозможно управлять волевым усилием»
- 50% командиров воздушных судов (КВС) в полетах более 12 часов предрасположены к происшествиям (Национальное бюро по безопасности на транспорте)
- 20% инцидентов прямо или косвенно связаны с утомлением
- 43% пилотов хотя бы раз засыпали во время полета
- 31% сообщили, что во время пробуждения обнаруживали спящими второго пилота (Британская ассоциация пилотов)

Чаще всего усталость мешает сосредоточиться на решении проблем и прислушаться к мнению напарника. Это тоже может привести к тому, что пилоты менее активно и точно будут реагировать на изменение обстановки, получение радиосообщений и показания приборов. В результате их решения в такой ситуации могут быть не всегда адекватными и четкими.

В процессе управления самолётом каждый член экипажа является звеном управления и имеет собственные характеристики такие как:

- задержка реакции на внешние сигналы;
- инерционность;

- наличие области нечувствительности;
- способность к слежению за сигналами;
- восприятие ограниченного числа объектов в ограниченный период времени.

Все эти ограничения, в зависимости от опыта пилота, могут привести к возникновению ошибочных действий.

Исходя из этого можно сказать, что экипажу летательного аппарата (ЛА) необходима интеллектуальная поддержка при решении пилотажно-навигационных задач.

На рисунке 1 приведена кривая распределения авиационных происшествий по этапам полёта и кривая распределения загрузки пилота.



Рисунок 1 — Кривая распределения авиационных происшествий по этапам полёта и кривая распределения загрузки пилота

Как видно из рисунка 1 обе кривые на тех же этапах повторяют друг друга. Можно сделать вывод, что самым загруженными, опасными и сложными этапами полёта являются именно взлёт и посадка.

Типовая ситуация (ТС) — это та ситуация, в которую самолёт может попасть на определённом этапе полёта с ненулевой вероятностью. ТС можно подразделить на ситуации, которые возникают в процессе нормальной эксплуатации и на особые ситуации.

Из Федеральных авиационных правил возьмем следующие термины:

Особая ситуация — ситуация, возникающая в полёте в результате воздействия на него неблагоприятных факторов или их сочетании и приводящая к снижению безопасности полёта. Она может возникнуть если произойдёт ухудшение управляемости, устойчивости, а также лётных характеристик, если увеличится психологическая нагрузка на экипаж.

Сложная ситуация — особая ситуация, которая характеризуется:

– заметным ухудшением лётных характеристик (ЛХ) без выхода на запредельные режимы полёта;

– возникновением условий, влияющих на эффективность экипажа;

Катастрофическая ситуация — ситуация, при возникновении которой предотвращение гибели людей оказывается практически невозможным.

Аварийная ситуация — особая ситуация, которая характеризуется:

– ухудшением лётных характеристик;

– физической усталостью экипажа ВС, которая может повлиять на его работу;

– выходом на запредельные режимы полёта;

Типовые ситуации можно классифицировать по критерию опасности возникновения. Такая классификация приведена на рисунке 2.

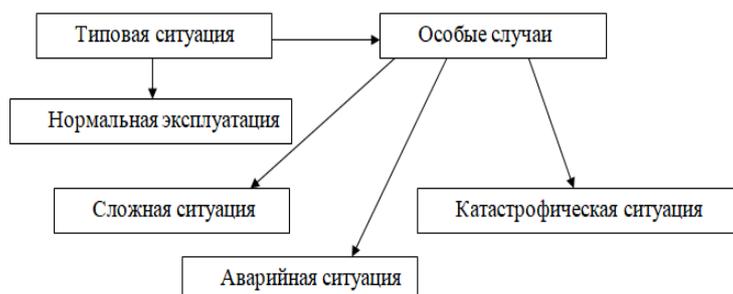


Рисунок 2 — Классификация типовых ситуаций по критерию опасности возникновения

Главной задачей БОСЭС является обеспечение экипажа рекомендациями, при выполнении которых переход из особой ситуации в катастрофическую был невозможен.

После выбора ТС для реализации в БОСЭС необходимо определить критерии оценки данной ситуации, ответив на следующие вопросы:

- насколько опасна данная ситуация?
- какие параметры движения ЛА, состояние систем, движение экипажа, внешние условия могут быть причиной возникновения данной ситуации?

В процессе получения экспертных знаний необходимо получить как можно более конкретный ответ на данные вопросы. Данный этап является самым трудоёмким и сложным при построении бортовой оперативно-советующей экспертной системы.

При построении ЭС интеллектуальной поддержки экипажа ЛА можно рассматривать различные источники для получения экспертных знаний как о ТС, так и о ЛА, в котором будет применяться данная БОСЭС. К таким источникам можно отнести техническую литературу, руководства лётной эксплуатации (РЛЭ) и т.д. Схема, описывающая возможные источники получения экспертных знаний для построения БОСЭС показана на Рисунке 3.

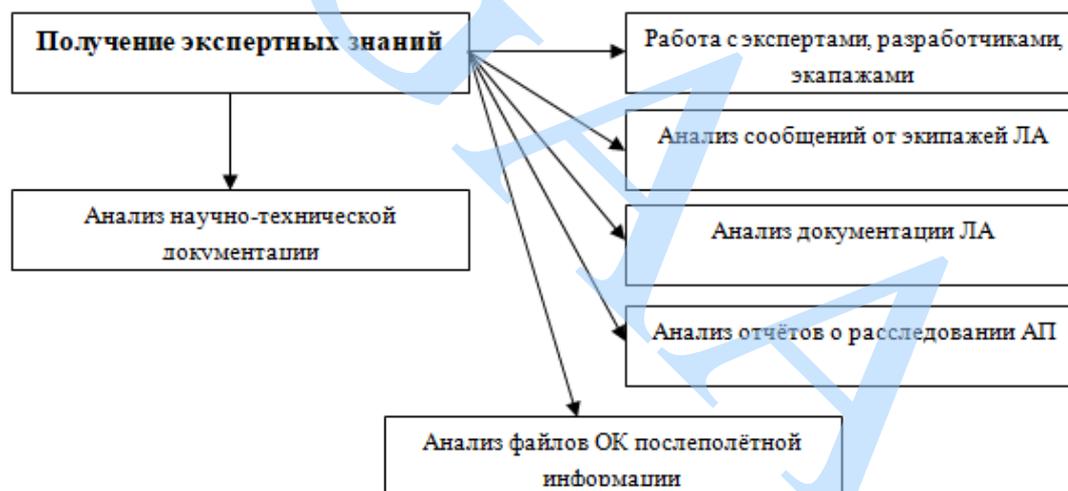


Рисунок 3 — Источники получения экспертных знаний

Таким образом исходя из ежегодных отчётов международных организаций International Civil Aviation Organization и EuroControl о состоянии безопасности полётов в мире, причиной возникновения 60-80% авиапроисшествий является человеческий фактор, определяющийся ошибками в действиях экипажей ЛА. Исходя из всего вышесказанного выявлены основные источники получения экспертных знаний: нормативная документация ЛА, включающая отчёты о расследовании АП, анализ файлов ОК послеполётной информации и др.

ЛИТЕРАТУРА

1 Интеллектуальная поддержка экипажа на основе доверительной модели замкнутой эргатической системы «самолет–летчик» / Евдокименков В.Н. [и др.] – М.: Физматлит, 2019. – 187 с.

2 Земляной, Е.С. Пилотажно-навигационный комплекс с интеллектуальной поддержкой экипажа летательного аппарата. дис. к.т.н., – М. МГТУ имени Н.Э Баумана, 2016, – С. 51-60

3 Безопасность полётов. Состояние безопасности полётов в мире. Издание 2013 года. – Канада: Международная ассоциация гражданской авиации, 2013. – 54 с.

УДК 621.396.96

А.Л. Трофименков, Д.М. Мицкевич, К.В. Усов

Учреждение образования «Военная академия Республики Беларусь»

РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПРИЕМА СИГНАЛОВ ADS-B

В настоящее время широкое применение в составе систем радиолокационной разведки получила система ADS-B (Automatic Dependent Surveillance – Broadcast). Использование ADS-B в единой системе организации воздушного движения обеспечивает точное определение и постоянное обновление информации о местоположении воздушных судов (ВС), находящихся в воздушном пространстве РБ. Это позволяет обеспечить безопасность полетов и эффективно использовать воздушное пространство за счет полной информации о местоположении ВС, участвующих в движении в соответствии с нормами эшелонирования. ADS-B система применяется в современных РЛС, таких как: 5P05РБ, 5P08РБ, 12А6 (рисунок 1).

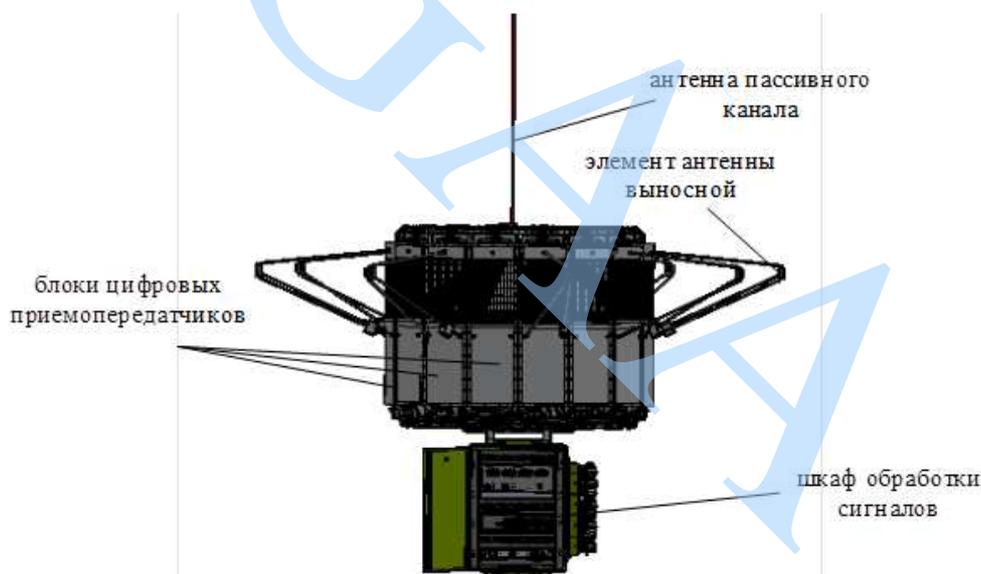


Рисунок 1 – Радиолокационная станция 5P05РБ с установленной антенной пассивного канала для приема сигналов ADS-B

Использование активной радиолокации основано на приеме и обработке сигналов, отраженных от воздушных объектов, где расстояние до цели определяется по времени распространения сигнала до объекта облучения и обратно, а направление определяется по положению антенны радиолокатора в момент облучения цели. Таким образом, потребитель получает первичную информацию о воздушном объекте. Однако такой способ обнаружения воздушных объектов обладает следующими недостатками:

- невозможность идентификации ВС;

- большая погрешность определения высоты полеты ВС;
- резкое снижение зоны обнаружения РЛС в условиях применения активных и пассивных помех;
- необходимость реализации большой мощности передатчика для обнаружения целей на больших расстояниях;
- сложность реализации алгоритмов обработки сигналов при применении сложных законов модуляции зондирующих сигналов.

Одним из способов устранения недостатков активной радиолокации стало применение активного излучения, создаваемого средствами воздушного объекта. Внедрение специальной РЭТ для активного излучения на гражданские воздушные суда позволило применить пассивную радиолокацию для контроля их движения и обеспечить дополнительной информацией потребителя. Применение системы ADS-B по всему миру и объединение их в одну базу с помощью сети интернет позволило реализовать контроль движения воздушных судов практически по всему воздушному пространству. Поэтому установка аппаратуры активного ответа на воздушные суда становится обязательным во многих странах. В перспективе применение такой аппаратуры будет возможна не только на воздушных судах, но и на БЛА.

Одна станция приема ADS-B способна выдавать положения ВС, оборудованных ответчиками, работающими в режиме «S». В этом режиме ВС передает закодированную информацию, содержащую опознавательный индекс ВС, координаты, сведения о его высоте или другие данные.

В состав станции ADS-B входит:

- антенная система;
- блок усиления и фильтрации (БУФ);
- блок обработки сигналов (БОС);
- система отображения информации.

Антенная система предназначена для приема сигналов бортовых ответчиков IFF/SIF на частоте 1090 МГц и передачи их в БУФ. В состав антенной системы входят следующие составные части:

- антенна приема сигналов ADS-B A10-1090 (рисунок 2);
- антенна GPS/ГЛОНАСС;
- устройство грозозащиты;
- соединительные кабели.



Рисунок 2 – Антенна вертикальная А10-1090

Антенна А10-1090 имеет коэффициент усиление 10 дБ, круговую диаграмму направленности в горизонтальной плоскости и прижатый к земле лепесток в вертикальной плоскости, что позволяет использовать ее в качестве базовой антенны, обеспечивающей уверенный прием сигналов от ВС во всей зоне наблюдения, определяемой только кривизной поверхности Земли.

Блок усиления и фильтрации предназначен для фильтрации и усиления сигналов бортовых ответчиков IFF/SIF принятых антенной системой. Для уменьшения малогабаритных параметров усилителей радиочастотного диапазона без ухудшения их эксплуатационных и технических характеристик используются аналоговые микросхемы со встроенными цепями согласования.

В качестве усилителя высокой частоты установлен монолитный СВЧ усилитель BGM1013, имеющий на частоте 1 ГГц коэффициент усиления около 35 дБ и коэффициент шума 4,6 дБ. Для фильтрации усиленных сигналов используется полосовой фильтр ТА1090ЕС. Данный фильтр необходим для подавления сигналов от других источников излучения и составляющей зеркального канала в приемнике. Минимальное вносимое затухание не более 3 дБ. Оконечным устройством БУФ является детектор сигналов. Детектор построен на логарифмическом усилителе

AD8313. Использование логарифмического усилителя, который часто применяют при детектировании радиоимпульсов, где уровень входного сигнала приемника может варьироваться в широких пределах, позволит увеличить чувствительность приемника. Задача детектора обнаружить наличие или отсутствие импульса. Сигнал на выходе детектора представляет собой последовательность импульсов с максимальной частотой заполнения 1 МГц.

С выхода БУФ принятые сигналы для их дальнейшей оцифровки и декодирования поступают в блок обработки сигналов. БОС должен обеспечивать высокую скорость обработки сигналов и непрерывную готовность принимать сообщения. Поэтому основным элементом блока является ПЛИС «Spartan-6». В ПЛИС производится демодуляция сигналов, обнаружение и декодирование сообщений, определение типов режимов ответов, привязка момента приема сообщения к счетчику времени. Для синхронизации счетчика времени применяется GPS/ГЛОНАСС приемник.

Полученные данные (время приема ответа ВС, типы режимов ответов ВС: mode «А», «С», «2», «3», «1», «S», «4») с выхода БОС по каналу Ethernet поступают в систему отображения информации. В качестве системы отображения информации может выступать ноутбук или встроенное в РЛС автоматизированное рабочее место (рисунок 3).

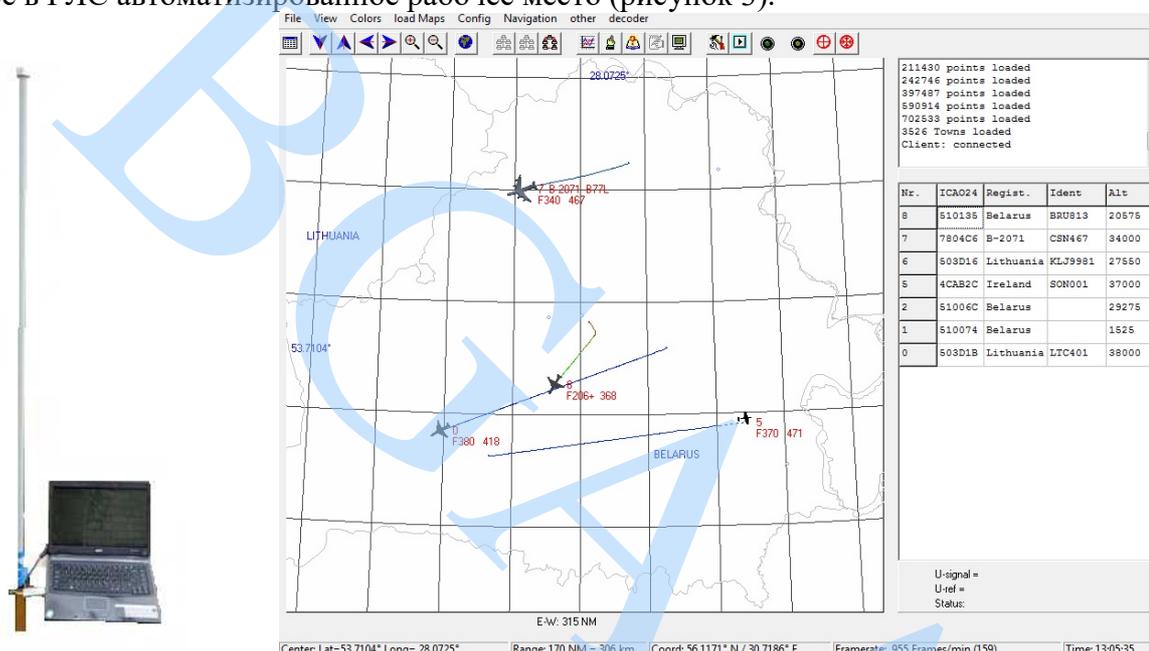


Рисунок 3 – Внешний вид переносной системы ADS-B и пример окна программы

Представленная на рисунке 3 система приема ADS-B принимает сигнал бортовых ответчиков IFF/SIF на частоте 1090 МГц, декодирует его и по каналу Ethernet (USB) отправляет на ноутбук для отображения. Таким образом, реализация системы приема сигналов ADS-B позволит решать следующие задачи:

- создание цифрового канала электросвязи «борт-Земля» для получения данных в реальном масштабе времени;
- прием координат воздушных судов с высокой точностью и высоким темпом обновления информации в радиусе до 500 км;
- исследование зон движения ВС;
- обнаружение и компенсация систематических ошибок измерения координат при объединении РЛИ от различных источников (РЛС, РЛК, ПРВ, КСА);
- установка дополнительного средства обнаружения ВС в составе подвижных маловысотных радиолокационных групп.

При использовании бортовых ответчиков IFF/SIF на ВС в обязательном порядке позволит вести контроль движения ВС и БЛА по всем направлениям и на всех высотах, что позволит значительно повысить безопасность обеспечения полетов не только на больших и средних, но на малых и предельно малых высотах.

ЛИТЕРАТУРА

1. РЛС обнаружения маловысотных целей МРЛС. Руководство по эксплуатации ЮКШЖ.464413.003РЭ.
2. Затучный, Д.А. Спутниковые системы навигации и УВД: учебное пособие / Д.А. Затучный. — М.: МГТУ ГА, 2012.
3. Minimum Aviation System Performance Standards For Automatic Dependent Surveillance Broadcast (ADS-B), RTCA/DO-242A. 2002.

УДК 621.396.96

М.Г. Конин, И.В. Азаревич

Учреждение образования "Военная академия Республики Беларусь"

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНЫХ РАДИОЛОКАЦИОННЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

Одним из направлений совершенствования радиолокационных систем является переход к многоканальному принципу построения, позволяющему существенно расширить их возможности при обнаружении и измерении параметров целей в сложной радиолокационной и электромагнитной обстановке.

В одноканальных системах результаты измерения получаются сравнением сигналов, принятых в различные моменты времени одним каналом. В отличие от многоканальных, одноканальные системы не могут в принципе мгновенно определять значения измеряемых величин, поскольку для последовательного анализа функции измеряемого параметра требуется определенное время.

Увеличение числа каналов в общем случае обуславливает повышение информационных возможностей радиолокаторов. Однако простое увеличение числа каналов еще не позволяет качественно улучшить характеристики точности и разрешающей способности. Оно должно сочетаться с соответствующей обработкой совокупности сигналов, принятых по нескольким каналам. При таком сочетании можно повысить разрешающую способность выше релейского предела. Это свойство и обусловило интерес к таким многоканальным системам. Дело в том, что они позволяют решать те задачи, которые не решаются одноканальными и многоканальными системами с автономной обработкой сигналов в каждом канале.

Характерным примером использования многоканальности для решения специфических задач служит использование высотомерного канала в РЛС 55Ж6.

Принцип измерения угла места целей в РЛС 55Ж6 основан на анализе фазового распределения, создаваемого эхо-сигналом на раскрыве 16-элементной антенной решетки высотомера. Анализ производится на промежуточной частоте. Для этого тракт измерения угла места содержит 16 идентичных приемных каналов, в каждом из которых производится согласованная по спектру фильтрация принимаемых сигналов. Эхо-сигналы на выходе каналов имеют фазовый сдвиг, определяемый фазовым распределением на раскрыве антенны.

Далее сигналы поступают на систему измерения угла места, где производится анализ фазового распределения эхо-сигналов. В системе осуществляется вначале переход от многоканального тракта приема и согласованной фильтрации сигналов к одноканальному тракту анализа фазового распределения. Для этого в блоке преобразования сигналов осуществляется опрос всех каналов в каждом разрешаемом элементе дальности, вследствие чего результирующий сигнал получает внутриимпульсную фазовую модуляцию, соответствующую фазовому распределению эхо-сигнала на раскрыве антенны. Линейная фазовая модуляция радиосигнала эквивалентна изменению его несущей частоты. Поэтому после преобразования сигналов информация о фазовом распределении (об угле места цели) содержится в значении несущей частоты результирующего сигнала. Величина изменения несущей частоты зависит от угла места цели, длины волны, а также параметров антенной решетки.

Таким образом, в результате преобразования сигналов происходит переход от многоканального узкополосного приемного тракта к одноканальному, но широкополосному тракту, полоса пропускания которого значительно шире спектра обрабатываемых сигналов. При этом потери в отношении сигнал/шум будут незначительны, поскольку согласованная по спектру фильтрация произведена в каждом приемном канале до преобразования сигналов, а собственные шумы широкополосной части тракта невелики. Задача дальнейшей обработки сигналов после их преобразования заключается в определении сдвига несущей частоты, что и осуществляется спектроанализатором.

Реализованный в РЛС принцип измерения угла места позволил существенно упростить тракт приема и обработки сигналов. Вместе с тем такое построение имеет ряд особенностей.

Во-первых, необходимо обеспечить высокую идентичность амплитудных и фазовых характеристик приемных каналов. С этой целью в состав системы измерения угла места введен специальный блок фазовой автоподстройки, обеспечивающий выравнивание амплитудных и фазовых характеристик приемных каналов.

Во-вторых, при опросе каналов возникают шумы коммутации, снижающие качественные показатели тракта измерения угла места. Следовательно, необходимо принимать специальные меры по подавлению этих шумов.

В-третьих, одноканальная часть тракта должна быть широкополосной, что затрудняет цифровую реализацию тракта. Кроме того, несогласованность полосы пропускания тракта с шириной спектра сигнала приводит к дополнительным потерям при обработке в подсистемах селекции движущихся целей и оптимальной фильтрации.

В-четвертых, поскольку система измерения угла места цели вклинивается в общий тракт обработки сигналов, то ее динамический диапазон должен быть не меньше динамического диапазона тракта.

В-пятых, при таком построении тракта измерения угла места своеобразно сказывается влияние Земли. Поскольку антенна (строка) каждого приемного канала тракта измерения угла места имеет в вертикальной плоскости широкую диаграмму направленности, то на приемный канал всегда будет воздействовать пара эхо-сигналов: прямой эхо-сигнал и этот же сигнал, отраженный от поверхности Земли. Отмеченная особенность не является свойством реализованного способа, а присуща любому другому способу измерения угла места цели в метровом диапазоне волн, как следствие влияния Земли на формирование диаграммы направленности антенны в вертикальной плоскости.

Таким образом, использование принципа многоканальности позволяет решить проблему измерения высоты в метровом диапазоне волн при приемлемых габаритах антенной системы. Одновременное получение на одной РЛС оценок значений дальности, азимута и высоты цели значительно повышают информационные возможности РЛС.

ЛИТЕРАТУРА

1. Царьков, Н.М. Многоканальные радиолокационные измерители. Н.М. Царьков. – Москва: Советское радио, 1990. –489 с.
2. Черняк, В.С. О новом направлении в радиолокации: ММО РЛС / В.С. Черняк // Прикладная радиоэлектроника. – 2009. – Том 8, № 4. – С. 477–489.

**ПОЛУЧЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ О ВОЗДУШНОМ ПРОТИВНИКЕ С УЧЕТОМ
КООРДИНАТНЫХ И ПРИЗНАКОВЫХ ИЗМЕРЕНИЙ**

Одним из перспективных направлений повышения эффективности авиационных соединений и воинских частей является получение наиболее полной и своевременной информации о воздушной обстановке. В настоящее время значительно увеличился объем циркулирующей по различным информационным каналам разнотипной информации [1-3]. Совместный сбор и обработка информации о целях, получаемой от средств радиолокации зенитных ракетных и авиационных соединений и воинских частей, позволит более качественно обнаруживать и более полно оценивать определяющие эффективность боевых действий параметры целей.

Силы и средства авиационных соединений и воинских частей осуществляют обнаружение, опознавание и сопровождение воздушного противника, а также контроль за полетами авиации и соблюдения летательными аппаратами всех ведомств правил использования воздушного пространства.

В связи с этим нарастает острая необходимость в существенном улучшении качества функционирования алгоритмов обнаружения и сопровождения интересующих ведомств объектов. Однако известные методы и алгоритмы объединения информации используют информацию только о координатных параметрах объектов наблюдения. Информация о признаковых параметрах объектов наблюдения используют, как правило, отдельно и только для распознавания типов и классов объектов. Это не соответствует принципу совместной обработки разнородной информации и снижает показатели эффективности обработки.

Предлагаются направления совершенствования обработки разнотипной информации путем совместного решения задачи отождествления измерений – оценивания координатных параметров – распознавания типа объектов наблюдения в информационной системе. Рассматриваются оптимальные решающие правила, основанные на использовании критерия максимального правдоподобия, и различные варианты их упрощения. Информационная система состоит из нескольких независимых источников информации и пункта сбора и объединения информации (ПСОИ). Объектами наблюдения являются разнотипные воздушные, надводные и наземные объекты. Каждый источник информации в каждом периоде обзора обнаруживает объекты наблюдения и измеряет их координатные параметры. По результатам наблюдения за несколько периодов обзора строится траектория движения каждого объекта и оценивается вектор траекторных параметров. Источник информации также производит измерение признаковых параметров объектов наблюдения (сигнальных, помеховых, поведенческих). На ПСОИ после приведения к единому моменту времени и пересчета в единую систему координат реализуется процесс объединения сообщений, получаемых от нескольких источников по наблюдаемым объектам.

Под объединением сообщений понимают:

а) отождествление сообщений – т.е. установление соответствия нескольких сообщений от разных источников информации, обмена объектам наблюдения;

б) определение координатных параметров объекта по отождествленным сообщениям.

Решение этой траекторной задачи проводится в условиях неопределенности:

количество объектов наблюдения в зоне ответственности каждого источника информационной системы неизвестно;

принадлежность сообщений, полученных от различных источников информации к конкретному объекту наблюдения неизвестно;

при измерениях возможно наличие ложных отметок и пропуски измерений, а также случайные и систематические ошибки измерений координатных и признаковых параметров.

С использованием критерия максимального правдоподобия получены решающие правила для условных оценок и проверки гипотез правдоподобия поточечного отождествления и гипотез совместного отождествления измерений как для случая использования только измеренных координат, так и для случая использования дополнительно признаковой информации. Эти решающие правила могут быть использованы при совершенствовании методов объединения разнотипной информации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Развитие технологий обработки информации о воздушной обстановке в системах управления радиотехнических войск / В.А. Апорович [и др.] // Сборник научных статей 8-й Международной научной конференции по военно-техническим проблемам, проблемам обороны и безопасности, использованию технологий двойного применения. Часть 5. ГВПК, 16 – 18 мая 2019, г. Минск. С. 6-7.

2. Лысый, А.Н. Оценка эффективности соединения радиотехнических войск как большой системы / А. Н. Лысый, С.А. Юрас, И.М. Касьянович // Сборник научных статей Военной академии Республики Беларусь. – № 29. – С. 105-110.

3. Лысый, А.Н. Особенности разработки алгоритмов многоцелевого обнаружения-измерения для плотных потоков целей / А.Н. Лысый, С.А. Юрас, Я.И. Неверович // Сборник научных статей Военной академии Республики Беларусь. – № 31. – С. 99-102.

УДК 621.396.96

Я.И. Неверович

Учреждение образования "Военная академия Республики Беларусь"

ОЦЕНКА СИСТЕМАТИЧЕСКОЙ ОШИБКИ НА ЭТАПЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ О ВОЗДУШНОМ ОБЪЕКТЕ

В процессе сопровождения траекторий воздушных объектов производится объединение информации, принимаемой от всех РЛС. По этой информации выполняется расчет координат местоположения воздушных объектов (ВО), параметров их перемещения в пространстве, представление координатной информации и связанных с ней параметров в разных системах координат. Наличие систематической ошибки в измерении координат воздушных объектов приводит к снижению качества радиолокационной информации. Большую часть указанных ошибок, при наличии времени и соответствующих средств измерений, возможно уменьшить до приемлемых значений при калибровке (юстировке) РЛС. Однако при ведении маневренных действий в условиях огневого противодействия со стороны противника времени на калибровку (юстировку) РЛС, как правило, недостаточно, а маневренная обстановка ведет к увеличению значений ошибок [1].

В ряде существующих комплексов средств автоматизации (КСА) радиотехнических войск (РТВ) производится статистический анализ входных сообщений на предмет определения систематической ошибки, что позволяет получить точность оценки систематической ошибки не хуже 3 % [1]. Однако для расчета поправки к азимуту цели требуется наличие не менее 200–300 измерений, что при наличии в совместной зоне обнаружения двух РЛС десяти ВО занимает около 2 минут, что является недопустимым при боевой работе радиотехнических войск. Поэтому возникает необходимость определения наличия и оценки систематической ошибки в измерении координат воздушных объектов на этапе предварительной обработки информации о воздушном объекте.

Для анализа влияния систематических ошибок получены выражения для корреляционной матрицы оценок вектора параметров траектории цели. В случае наличия систематических ошибок математическое выражение для данной матрицы будет состоять из двух слагаемых. Первое слагаемое представляет собой корреляционную матрицу оценок при отсутствии систематических

ошибок, а второе слагаемое – квадрат смещения математического ожидания вектора оценок относительно его истинного значения [2].

Предлагается ввести в вектор оцениваемых параметров оценки систематических ошибок. Для данного подхода получены математические выражения для оценок искомых параметров. Показано, что при этом оценки параметров траекторий и систематических ошибок будут несмещенными. Получено выражение для корреляционной матрицы оценок параметров траекторий и систематических ошибок. Данное выражение также будет состоять из двух слагаемых. Первое слагаемое математического выражения определяет корреляционную матрицу оценок вектора параметров траектории цели, находимых без выявления систематических ошибок измерений. Наличие второго слагаемого указывает на изменение точности оценок искомого вектора параметров траектории цели за счет включения в число оцениваемых параметров систематических ошибок измерения.

Очевидно, что поскольку часть информации, содержащейся в измерениях, затрачивается на определение систематических ошибок измерений, то в этом случае точность определения искомого вектора параметров траектории цели ухудшается, т.е. возможна ситуация при малых значениях систематических ошибок измерений, когда их оценка приведет к ухудшению оценок параметров траектории по сравнению со случаем, когда систематические ошибки не оцениваются. Поэтому необходимо уточнить целесообразность включения систематических ошибок в число оцениваемых параметров.

При этом необходимо иметь в виду, что на практике значения систематических ошибок неизвестны. Предлагается следующий приближенный метод учета влияния систематических ошибок на точность оценок параметров траектории. Принимается гипотеза о наличии систематических ошибок находят их оценки совместно с оценками параметров траектории, а также рассчитываются элементы матрицы, характеризующей изменение точности оценок искомого вектора параметров траектории цели за счет включения в число оцениваемых параметров систематических ошибок измерения. Далее, используя вместо значений систематических ошибок и параметров траектории их оценки, рассчитываются квадраты смещения математического ожидания вектора оценок относительно его истинного значения. Если квадрат смещения математического ожидания вектора оценок будет больше дисперсии ошибок за счет включения в число оцениваемых параметров систематических ошибок, то можно сделать вывод о целесообразности включения систематических ошибок в число оцениваемых параметров. В противном случае включение систематических ошибок в число оцениваемых параметров нецелесообразно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Потетенко, С.В. Методика оценки качества информационной подсистемы АСУ / С.В. Потетенко, С.В. Кругликов // Вестн. Воен. акад. Респ. Беларусь. – 2007. – № 4. – С. 39–47.
2. Жданюк, Б.Ф. Основы статистической обработки траекторных измерений / Б.Ф. Жданюк. – М: Сов. радио, 1978. – 384 с

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

ПРИМЕНЕНИЕ БОРТОВЫХ ОПЕРАТИВНО-СОВЕТУЮЩИХ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ ТИПОВЫХ СИТУАЦИЙ В ПИЛОТАЖНО-НАВИГАЦИОННЫХ КОМПЛЕКСАХ

Разработка летательных аппаратов (ЛА) нового поколения тесно связана с созданием пилотажно-навигационных комплексов (ПНК), входящих в состав интегрированных комплексов бортового оборудования (ИКБО) и обеспечивающих решение на борту пилотажных, навигационных и инженерно-штурманских задач.

Именно процесс принятия решений лётчиком требует быстрого и качественного анализа большого объёма получаемой информации, которая зачастую является неполной или неточной. При этом лётчику нужно время не только на выработку и принятие самого решения, но и на поиск и восприятие полученной информации. Проведение такого анализа информации на таком уровне лётчиком самостоятельно, без поддержки бортового комплекса, довольно проблемно при условии большой психологической нагрузки, когда время принятия решения играет ключевую роль.

Так как возможности лётчика по предотвращению возникающих во время полета нештатных ситуаций ограничены, требуется введение в ПНК интеллектуальной составляющей, а точнее бортовых оперативно-советующих экспертных систем, которые будут накапливать опыт поведения реальных экспертов в области навигации и пилотирования ЛА в нештатных ситуациях. Сегодня методики получения экспертных знаний в этих областях отсутствуют.

Именно ПНК является наиболее важной частью КБО, предназначенной для решения на борту таких задач, как:

1. Счисление, коррекция и вывод на МФИ местоположения ЛА в реальном времени;
2. Измерение, преобразование и вывод навигационных параметров летательного аппарата в МФИ в режиме реального времени;
3. Вычисление параметров, формирование сигналов и отображение информации о критических режимах полёта ЛА;

Схема пилотажно-навигационного комплекса с добавлением интеллектуальной поддержки лётчика показана на рисунке 1.

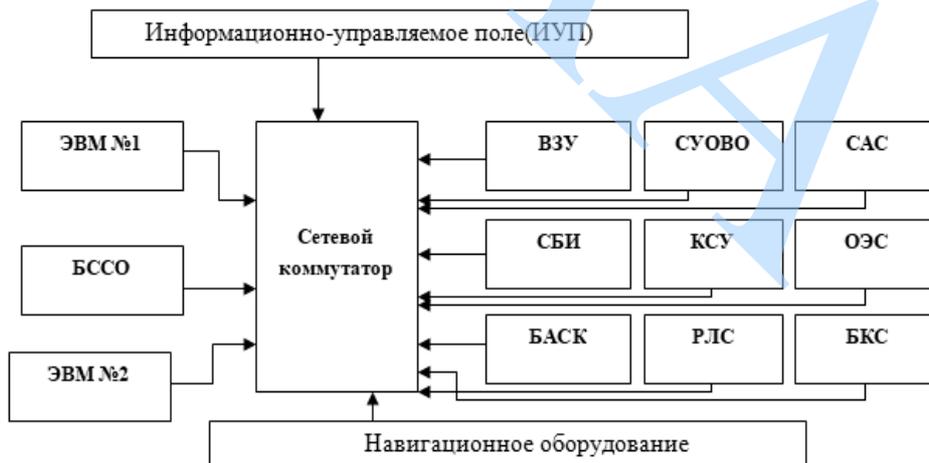


Рисунок 1 – Структурная схема пилотажно-навигационного комплекса с бортовой системой ситуационной осведомлённости

Внесение в состав пилотажно-навигационного комплекса оборудования, отличающегося как по принципу действия, так и по характеристикам, обеспечивает полное решение пилотажных задач и задач навигации в любых условиях полёта.

В статье представлена схема пилотажно-навигационного комплекса с интеллектуальным элементом для организации поддержки летчика. Таким элементом является бортовая система ситуационной осведомлённости (БССО) на основе бортовой экспертной системы.

Базовая структура экспертной системы интеллектуальной поддержки экипажа и её взаимодействие в составе пилотажно-навигационного комплекса для современных ЛА продемонстрирована на рисунке 2.

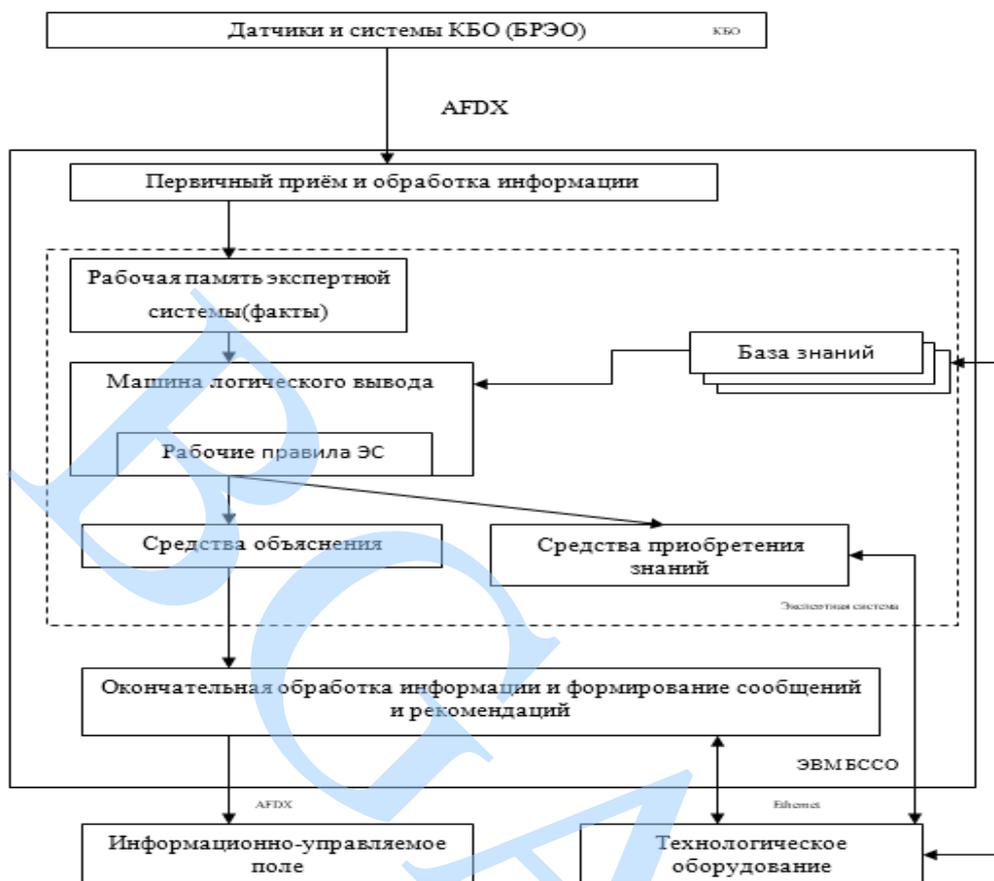


Рисунок 2 – Структура ЭС интеллектуальной поддержки экипажа ЛА

Блок технологического оборудования необходим для проведения операций послеполётной обработки, а также обновления баз знаний по каналу Ethernet.

Основные особенности БОСЭС ТС любого антропоцентрического объекта:

- система должна решать все проблемы контроля "своей" ТС;
- иметь ограниченный диалог с экипажем;
- алгоритмы и правила в базе знаний БОСЭС ТС должны ориентироваться на структуры ситуационного управления;
- быть всегда согласованной с активной концептуальной моделью поведения экипажа, срабатывание рекомендации по разрешению возникшей проблемы на уровне оператора-профессионала.

В заключении, хотелось бы отметить, что крайне важным для безопасности полёта при возникновении внештатных ситуаций является ошибка человека (человеческий фактор). Исходя из этого, внедрение БОСЭС ТС является необходимостью, а одним из основных направлений развития ПНК является интеллектуализация, первый этап которой заключается в обеспечении экипажа самолета информацией о сложившейся ситуации, а второй – в замыкании контура управления самолетом. Все это в совокупности должно обеспечить решение навигационных и пилотажных задач и является одним из важных условий выполнения полетного задания летчиком.

ЛИТЕРАТУРА

1 Джарратано, Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Д. Джарратано, Г. Райли. – М.: ООО «ИД Вильямс», 2007

2 Стефанов, В.А. Бортовые оперативно-советующие экспертные системы (БОСЭС) типовых ситуаций функционирования антропоцентрических (технических) объектов / В.А. Стефанов, Б.Е. Федун. – М.: МАИ, 2006. – 191 с.

3 Развитие интеллектуальных интегрированных комплексов бортового оборудования навигации, управления и наведения летательных аппаратов в разработках Раменского приборостроительного конструкторского бюро / Г.И. Джанджгава [и др.] // Авиакосмическое приборостроение. – 2008. – №2. – С.3-8.

4 Бабиченко, А.В. Прикладные методы обработки информации и моделирования при проектировании информационно-управляющих комплексов высокоманевренных летательных аппаратов: дис. д.т.н.: 05.11.03. – М., 2009. – 422 с.

5 КиберЛенинка - научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/ekspertnaya-sistema-intellektualnoy-podderzhki-aviaspetsialistov-pri-tehnicheskoy-obsluzhivaniy-sistem-i-oborudovaniya-samolyota>. – Дата доступа: 27.01.2021 г.

УДК 629.7

Боровик М.А., Бобровский Д.В., Санько А.А.

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

АЛГОРИТМ ДИАГНОСТИКИ ДАТЧИКОВ УГЛОВЫХ СКОРОСТЕЙ НА РЕЖИМЕ ГОРИЗОНТАЛЬНОГО ПОЛЕТА ВОЗДУШНОГО СУДНА

В современных условиях предъявляются высокие требования к надежности навигационных систем воздушных судов (далее – ВС). Надежность навигационных систем, определяется надежностью составляющих их элементов.

Одним из основных измерителей пилотажной информации, является электромеханический датчик угловых скоростей (далее – ДУС) типа ДУСУ-18(45). В настоящее время в целях повышения надежности навигационных систем производят резервирование этих датчиков, что может приводить к необоснованным материальным затратам и т.д. Для устранения существующих недостатков авторами предложен алгоритм диагностики технического состояния ДУС с использованием бортовой системы регистрации полетных данных.

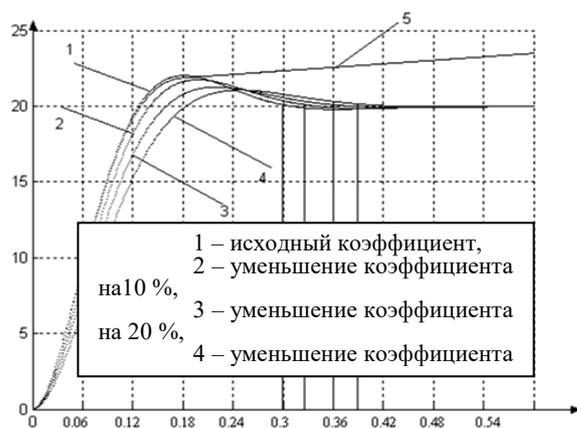


Рисунок 1 – График зависимости выходного сигнала ДУС от коэффициента жесткости

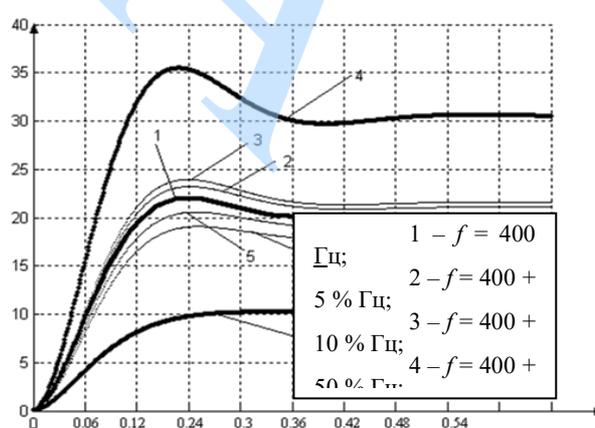


Рисунок 2 – График зависимости выходного сигнала ДУС от частоты питающего

Проведенное математическое моделирование по влиянию типовых неисправностей и внешних возмущений на выходной сигнал ДУС показало (рисунок 1, 2), что наиболее значимыми

неисправностями ДУС являются: разрушение компенсирующей пружины; отклонение частоты питающего напряжения от номинального значения более чем на 10 %. Кратковременные изменения уровня и частоты питающего напряжения незначительно повлияют на выходной сигнал ДУС, так как ротор гироскопа обладает большой инерцией и не успевает отреагировать на такие отклонения.

Отличительной особенностью предлагаемого алгоритма контроля ДУС от алгоритмов предложенных в работах [1, 2, 3], является использования найденных значений доверительных границ изменения коэффициентов корреляции углов курса, крена и тангажа, для типового самолета на режимах горизонтального полета при исправной навигационной системе (рис.3). В доработанной системе, осуществляется сравнение эталонных сигналов полученных с помощью аналитических выражений (1) – (3) и сигналов получаемых от ДУС. При расхождении их значений более $\pm 20\%$ на выходе компаратора формируется сигнал равный 1 и подается на вход блока анализа состояний, а потребителям выдается сигнал угловой скорости ВС, рассчитываемый с помощью аналитических выражений (1) – (3). При этом постоянно идет вычисление коэффициентов корреляции углов курса, крена, тангажа получаемых от навигационной системы.

$$\omega_z^{\text{ЭГ}} = \frac{\dot{\nu}}{\cos \gamma}; \quad (1)$$

$$\omega_y^{\text{ЭГ}} = \frac{\dot{\psi} \cos \nu}{\cos \gamma}; \quad (2)$$

$$\omega_x^{\text{ЭГ}} = \dot{\gamma} + \dot{\psi} \sin \nu. \quad (3)$$

При разработке алгоритма контроля получены коэффициенты корреляции ($r'_{\psi, \gamma} = 0,1645$; $r'_{\psi, \nu} = 0,0280$; $r'_{\gamma, \nu} = 0,1388$) и доверительные границы изменения коэффициентов корреляции углов курса, крена, тангажа самолета типа МиГ-29 на режимах горизонтального полета. Разработанный алгоритм универсален, так как применим для самолетов и других типов.

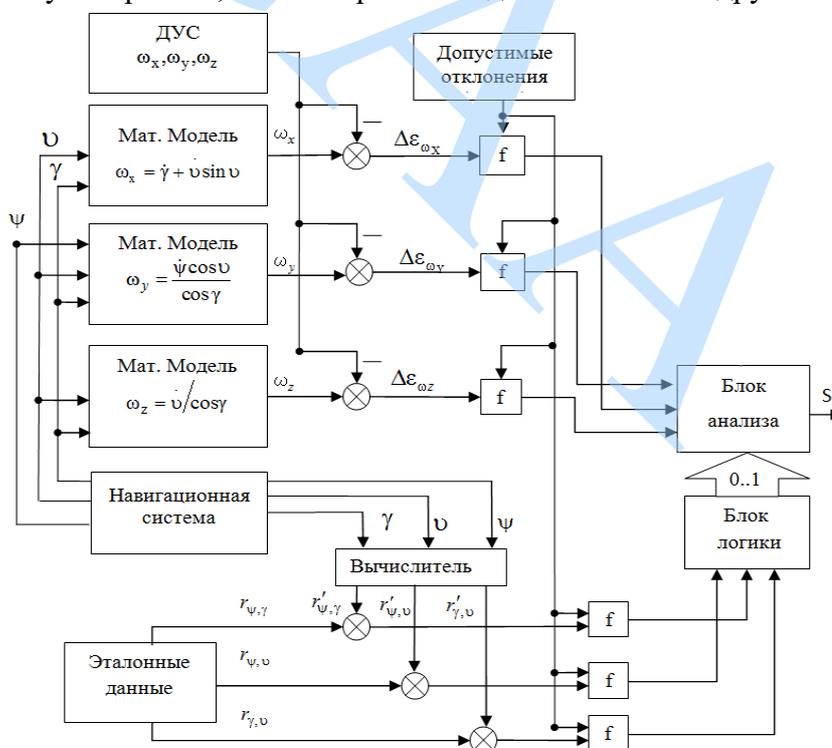


Рисунок 3 – Алгоритм проверки

Таким образом, использование предлагаемого алгоритма контроля ДУС, позволит повысить безопасность полетов самолетов на режимах взлета и посадки, а также снизить материальные затраты на техническое обслуживание навигационного комплекса.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алтухов, В.Ю. Гироскопические приборы, автоматические бортовые системы управления самолетом и их техническая эксплуатация / В.Ю. Алтухов, В.В. Стадник. – М.: Машиностроение, 1991. – 230 с.
2. Устройство для полетного контроля датчиков пилотажной информации : пат. RU2078367 C1 / В.Ю. Чернов, С.Ю. Чернов; заявители В.Ю. Чернов, С.Ю. Чернов. – опубл. 01.09.93. // Официальный бюл. / Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 1993.
3. Белгородский, С.А. Автоматизации управления посадкой самолета / С.А. Белгородский. – М.: Транспорт, 1972. – 170 с.
4. Бабич, О.А. Авиационные приборы и навигационные системы / О.А. Бабич. – М. : ВВИА им. Н.Е. Жуковского, 1981. – 340 с.
5. Устройство для контроля датчиков угловой скорости : пат. RU2075042 C1 / Л.Я. Калихман [и др.]; заявители Л.Я. Калихман [и др.]. – опубл. 11.05.93 // Официальный бюл. / Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 1993.

УДК 621.396.41

Д.А. Подлужный, В.М. Гостилович, А.С. Маликов

*Военный факультет в учреждении образования
«Белорусская государственная академия авиации»*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОМЕХОВОЙ ОБСТАНОВКИ В СИСТЕМАХ ПЕРЕДАЧИ И ПРИЕМА РАДИОСИГНАЛА

Развитие радиоэлектроники и систем радиосвязи положило начало разработке и применению новых методов радиоэлектронного противодействия со стороны сторонних лиц, заинтересованных в нарушении целостности и достоверности данных. Эти методы основаны на применении имитационных помех, позволяющих несанкционированно нарушать нормальное функционирование систем радиосвязи [1]. Возможности имитопомех, в силу постоянного распространения систем радиосвязи, непрерывно растут. Преднамеренно создаваемые помехи представляют чрезвычайную опасность систем радиосвязи и обслуживаемым объектам, влекут за собой информационные и материальные потери.

Перед защитой систем радиосвязи стоит сложная задача противодействия бурно развивающимся угрозам безопасности, создаваемым помехами. Следовательно, безопасная или защищенная система — это система, обладающая, в том числе, средствами защиты, которые успешно и эффективно противостоят помехам.

Пусть имеется система радиосвязи на основе цепочки каналов передачи данных из оконечных, промежуточных станций, обеспечивающих поочередную передачу радиосигналов между оконечными станциями.

Предположим, что свойства среды распространения радиосигналов постоянны при нормальных условиях функционирования; параметры каналов передачи данных постоянны при нормальных условиях функционирования; внешние и внутренние шумы малой интенсивности и постоянны; каналы используются для передачи технологической и служебной информации.

Сторонние лица с помощью средств радиотехнической разведки накапливают информацию о режиме связи в канале радиосвязи, используя частотные диапазоны, типы сигналов, модуляции и пр. Данная информация может использоваться для формирования радиопомех каналу передачи данных во время сеансов связи.

Для повышения помехоустойчивости систем радиосвязи требуется разработка алгоритма функционирования каналов передачи данных, позволяющие своевременное обнаружение воздействия радиопомех в принимаемом сигнале, оценку сигнально-помеховой обстановки в

текущий момент времени и адаптацию каналов передачи к сложившейся помеховой обстановке [2].

Имитозащита большинства систем радиосвязи имеет весьма ограниченные возможности. При обнаружении помех используются только последовательности наблюдаемых данных, передаваемые по радиоканалу, без привлечения дополнительных сведений. Однако при слежении за последовательностью информационной составляющей имеется возможность регистрации дополнительных признаков, стохастически связанных с наблюдаемой последовательностью данных [3]. При воздействии помех в канале возникают изменения угловых и амплитудных параметров радиосигнала. Амплитудные признаки являются наиболее устойчивыми, и в случае постоянных параметров канала зависят только от уровня полезного сигнала, величина которого, как правило, соответствует устойчивому приему в условиях непреднамеренных помех, что обосновывает приоритет их выбора в качестве основного признака [4].

Контроль состояния и управление структурой канала радиосвязи можно производить с учетом информации о дополнительных признаках [3], предоставляемой измерительными датчиками с определенным порогом срабатывания. Таким образом, работа каждого датчика будет описываться функцией из двух состояний: если порог срабатывания не превышен; если порог срабатывания превышен.

Для достижения цели необходимо разработать процедуру стохастической оценки сигнально-помеховой обстановки с учетом информации от измерительных датчиков о дополнительных признаках. Состояния сигнально-помеховой обстановки могут быть стохастически оценены методом максимального правдоподобия. В зависимости от оценок наблюдаемых параметров сигнала и индикации дополнительных признаков, можно с определенной долей вероятности судить о сигнально-помеховой обстановке.

Для оценки вероятности используем формулу Байеса:

$$P(H_i|A) = \frac{P(H_i)P(A|H_i)}{\sum_{i=1}^n P(H_i)P(A|H_i)} \tag{1}$$

Допустим, что все параметры сигнала A вектора H_k , подлежащие оценке, имеют нормальный закон распределения, апостериорная вероятность для каждого n -го параметра может быть представлена в виде:

$$P(A|H_i) = e^{-\frac{(H_i - M_i)^2}{2\sigma_i^2}} \tag{2}$$

где M_i — математическое ожидание H_i , σ_i — среднеквадратическое отклонение H_i .

$$P(H_i|A) = \frac{P(H_i)e^{-\frac{(H_i - M_i)^2}{2\sigma_i^2}}}{\sum_{i=1}^n P(H_i)e^{-\frac{(H_i - M_i)^2}{2\sigma_i^2}}} \tag{3}$$

Добавляя в числитель и знаменатель дополнительно данные датчиков дополнительных признаков при их срабатывании приводит к увеличению «веса» в пользу той или иной гипотезы. Это приведет к более резкому изменению вероятностей состояния сигнально-помеховой обстановки канала передачи данных.

Рассмотренная процедура оценки сигнально-помеховой обстановки позволяет сократить время обнаружения фактов воздействия помех и оценить сигнально-помеховую обстановку за счет информации датчиков дополнительных признаков и неинформативных, в смысле извлечения передаваемой информации, параметров радиосигнала. Учет рассмотренной особенности в

алгоритме функционирования канала передачи данных представляет собой скрытый резерв повышения помехоустойчивости системы связи в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аксенов, В.В. Системы передачи информации в условиях действия имитационных помех / В.В. Аксенов // «Венно-воздушные силы — 100 лет. на страже неба России: История, современное состояние и перспективы развития» Проблемы и перспективы: Сборник материалов докладов Всероссийской научно-практической конференции в 3-х ч. — Воронеж: Изд-во ВАИУ, 2012. — С. 199 — 200.

2. Аксенов, В.В. Концептуальное моделирование канала передачи информации, подверженного имитонападению / В.В. Аксенов // Научные чтения, имени А.С. Попова: материалы докладов региональной НПК курсантов, студентов, молодых ученых, посвященные Дню образования войск связи, ВУНЦ ВВС «ВВА». — Воронеж, 2012. — С. 120 — 121.

3. Павлов, В.И. Оптимальное обнаружение изменения свойств случайных последовательностей по информации измерителя, и индикатора / В.И. Павлов // Автоматика и телемеханика, 1998. — № 1. — С. 54 — 59.

4. Муромцев, Ю.Л. Практическая устойчивость систем, оптимального управления/ Д.Ю. Муромцев, В.В. Орлов — Тамбов: Вестник ТГТУ, 2000. — Т. 6. — № 3. — С. 387 — 392.

УДК 629.7.056.8

И.М. Филиппов; Д.С. Прохорычев

*Военный факультет в учреждении образования
«Белорусская государственная академия авиации»*

СОВРЕМЕННЫЙ ПРИЦЕЛЬНО-НАВИГАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ИСТРЕБИТЕЛЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ

Анализируя локальные войны и вооруженные конфликты последних десятилетий приходится констатировать, что решение основных задач сухопутными войсками достигаются в условиях превосходства авиации в воздухе, что в свою очередь является результатом слаженных действий всех видов и родов войск.

При этом на авиацию возложены следующие задачи:

- уничтожение самолетов и вертолетов противника в воздухе;
- разрушение инфраструктуры противника на земле;
- уничтожение средств ПВО.

В данной статье была предпринята попытка, рассмотреть вопросы повышения боевых возможностей самолета Су-30 за счет повышения информационных и навигационных характеристик.

Основными отличиями базового самолета Су-30 от истребителей предыдущего поколения являются:

- состав экипажа два человека, что позволяет распределить задачи одновременной работы экипажа по пилотированию и поиску целей, за счет чего повышается уровень оценки воздушной (наземной) обстановки и сокращение времени на прицеливание и боевое применение, а также возможность эффективной работы как по воздушным, так и по наземным (морским) целям;
- возможность применения средств поражения по наземным и воздушным целям одновременно обоими членами экипажа;
- высокие летно-тактические характеристики, и широкий спектр применяемых авиационных средств поражения (АСП), дающие экипажу дополнительные возможности по воздействию на противника.

На самолет Су-30 могут быть возложены такие задачи как:

- уничтожение современных и перспективных истребителей противника;

- прикрытие своих войск и защита инфраструктуры от воздушных ударов;
- оказание помощи ударным группировкам при оказании массированного информационного и огневого противодействия;
- подавление целей при изоляции района боевых действий;
- вывод из строя кораблей противника;
- противодействие системам радиоэлектронной борьбы;
- обнаружение целей за счет применения радиолокационной станции с фазированной антенной решеткой.
- управление группой самолетов, благодаря наличию развитой системы связи и второго члена экипажа.

Для решения перечисленных задач прицельно-навигационная система (ПНС) обеспечивает:

- формирование и выдачу информации необходимой для управления самолетом на всех этапах боевого применения АСП.
- применение АСП по воздушным и наземным целям с прицеливанием в оптическом и инфракрасном диапазонах.
- подсвет цели для наведения управляемых АСП с лазерными головками самонаведения (ГСН), выдача указания АСП с телевизионными ГСН.
- применение управляемых АСП с радиолокационной системой;
- использование радиолокатора переднего обзора для обеспечения поражения радиолокационно-контрастных целей не управляемыми АСП [1].

Анализируя тенденции развития авиационных комплексов самолетов различных поколений и рассматривая их алгоритмическое обеспечение, средства измерения, вычисления и отображения информации, можно выделить следующие тенденции дальнейшего развития ПНС самолетов. К ним можно отнести:

Повышение информационного обеспечения за счет:

- возможности получения информации наведения и целеуказания от авиационных наводчиков (АН) и беспилотных летательных аппаратов (БЛА) в реальном масштабе времени;
- возможности обмена информацией и целераспределения между разнотипными самолетами;
- возможности обмена информацией о воздушной обстановке с самолетами дальнего радиолокационного обзора и наведения и наземными (морскими) комплексами ПВО;
- возможности автоматизации процессов прицеливания и подготовки вооружения;
- возможности автоматизированной передачи на ПУ данных разведки и результатов боевых применений.

Повышение точности самолетовождения, прицеливания и боевого применения АСП за счет:

- повышения скорости и удобства введения навигационной информации;
- возможности автоматизированного ввода координат с наземных источников (ПНА, БЛА);
- повышения возможностей распознавания воздушных целей за счет ранее введенных индивидуальных характеристик;
- оснащения встроенными средствами индивидуальной радиоэлектронной борьбы и разведки.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Никольский, М.В. Су-30 МКИ. Многоцелевой шедевр / М.В. Никольский. – М. : ЭКСМО, 2007. – 160 с.

*Военный факультет в учреждении образования
«Белорусская государственная академия авиации»*

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ТОКА ВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ БОРТОВОЙ СЕТИ ВОЗДУШНОГО СУДНА

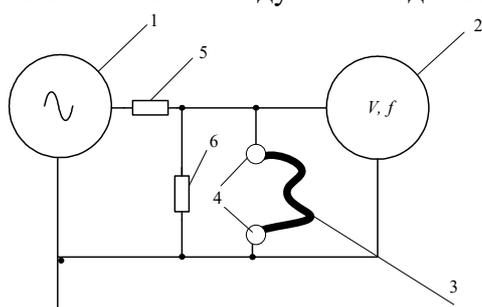
В ходе длительной эксплуатации электрической бортовой сети воздушного судна (далее - ВС) в условиях повышенной влажности и перепада температур происходит окисление электрических проводов и электроэрозия соединителей, контактов, что на прямую влияет на величину электрического сопротивления их поверхностного слоя (рисунок 1).



Рисунок 1 – Коррозия электропроводки (а), искровая электроэрозия (б)

Диагностирование таких недостатков затруднено, так как они часто скрыты от визуального контроля, а приборы для измерения электрического сопротивления работают, в большинстве случаев, на постоянном токе и не способны уловить ухудшение качества поверхности проводников.

В связи с этим, предлагается применение инновационного метода неразрушающего контроля для диагностики состояния бортовой электросети ВС [1]. Метод применим для контроля электрического сопротивления поверхности проводников, особенно высокочастотных кабелей. Для реализации предложенного метода предлагается использовать параллельную схему включения исследуемого изделия в измерительную цепь (рисунок 2).



1 – генератор высокой частоты; 2 – осциллограф; 3 – исследуемое изделие; 4 – контакты; 5 – стабилизирующий резистор; 6 – шунтирующий резистор

Рисунок 2 – Параллельная схема включения изделия в измерительную цепь

Алгоритм измерения электрического сопротивления при параллельной схеме включения изделия в измерительную цепь.

Для получения полного электрического сопротивления контролируемого слоя изделия необходимо произвести измерение падения напряжения на изделии при прохождении тока высокой частоты. Выбранная частота должна обеспечивать глубину проникновения сигнала на толщину контролируемого слоя по формуле[2]:

$$f = \frac{503^2 \cdot \rho}{\Delta^2 \cdot \mu_r} \quad (1)$$

где ρ – удельное электрическое сопротивление;
 Δ – толщина токопроводящего слоя;
 μ_r – относительная магнитная проницаемость.

При параллельном соединении, перед проведением измерения на контролируемом изделии, необходимо получить контрольную осциллограмму напряжения сигнала высокой частоты без установки изделия в измерительную цепь и зафиксировать амплитудное значение напряжения полного сопротивления шунтирующего резистора ($U_{ш\text{полн}}$). По полученному значению ($U_{ш\text{полн}}$) с помощью заданной величины силы тока (I_3) зондирующего сигнала необходимо произвести расчет полного сопротивления шунтирующего резистора:

$$R_{ш\text{полн}} = \frac{U_{ш\text{полн}}}{I_3} \quad (2)$$

Затем необходимо установить изделие в измерительную цепь и произвести повторное измерение с фиксацией амплитудного значения падения напряжения ($U_{и}$) на параллельно соединенных шунтирующем сопротивлении и исследуемом изделии. Так как соединение параллельное, то $U_{и}$ выражается формулой:

$$U_{и} = I_3 \cdot \left[1 / \left(\frac{1}{R_{ш\text{полн}}} + \frac{1}{R_{полн}} \right) \right], \quad (3)$$

где $R_{полн}$ – полное электрическое сопротивление контролируемого слоя изделия.

Затем по заданному значению тока (I_3) и выражая $R_{полн}$ из (3) производят расчет полного электрического сопротивления контролируемого слоя изделия:

$$R_{полн} = \frac{U_{и} \cdot R_{ш\text{полн}}}{I_3 \cdot R_{ш\text{полн}} - U_{и}} \quad (4)$$

Или с учетом (2):

$$R_{полн} = \frac{U_{и} \cdot U_{ш\text{полн}}}{I_3 \cdot (U_{ш\text{полн}} - U_{и})} \quad (5)$$

Если по данному алгоритму произвести измерение электрического сопротивления эталонного проводника и контролируемого, то полученная информация говорит о качестве поверхности (окисление, электроэрозия и др.).

Метод дает возможность исследовать электрофизические свойства изделий, которые зависят от структуры металла, его чистоты и напрямую влияют на эксплуатационные показатели и показатели надежности, что позволяет сократить затраты на проведение исследовательских работ и повысить производительность труда при этом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Способ определения полного электрического сопротивления упрочненного слоя изделия из токопроводящего материала: пат. 23060 Респ. Беларусь, МПК G01R27/00 / В.В. Малеронок, А.В. Алифанов; заявители В.В. Малеронок, А.В. Алифанов. – № а 20180315; заявл. 05.07.2018; опубл. 30.06.2020 // Афіцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2020. – № 3. – С. 105.
2. Шпиганович, А. Н. Анализ влияния высших гармонических составляющих на безотказность электроизоляционных покрытий / А. Н. Шпиганович, С. В. Довженко // Журн. науч. публ. аспирантов и докторантов. — 2008. — Режим доступа: <http://www.jurnal.org/articles/2008/elect7.html>. — Дата доступа: 15.04.2021.

4 СЕКЦИЯ
ТЫЛОВОЕ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВИАЦИИ. ОРГАНИЗАЦИЯ ОХРАНЫ
АЭРОДРОМА И ВОЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

УДК 623.08.18

В.В. Белоножкин, А.В. Елизаров, К.А. Андричатенко

*Военный учебно-научный центр военно-воздушных сил
«Военно-воздушная академия» г. Воронеж*

**РОЛЬ ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ В ПОДДЕРЖАНИИ ЛЕТНОЙ
ГОДНОСТИ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ**

Летная годность — составляющая характеристика летательного аппарата, которая заключается в определенной реализации принципов технологического выбора конструкции, благодаря чему показатели безопасности полетов достигают результатов, которые ожидаются при установленных способах эксплуатации. Летная годность зарождается на этапах создания летательного аппарата, стадии проходят в соответствии с функционирующими в настоящее время авиационными правилами, нормативно-правовыми актами и требованиями руководящих документов. В течение всего времени использования летательного аппарата по назначению, летная годность сохраняется путем следования правил летной эксплуатации, технического обслуживания и ремонта [1].

Летная годность летательного аппарата в большей степени определяется безотказностью в работе. Под безотказностью понимают качество объекта сохранять функциональное состояние в период заданного времени или отдельной наработки. Безотказность — особенность надежности изделий. Обеспечение безотказности стало особенно актуально в настоящий момент из-за усложнения структуры современного самолета и его систем, которые состоят не из малого числа частей, устройств и узлов, увеличения функций работы и увеличения режимов. Безотказность и ее свойства зависят от различных факторов, которые определяются конструкторским решением, способами изготовления и методами эксплуатации.

При рассмотрении факторов было выявлено отклонение безотказности систем и агрегатов летательного аппарата возникающие из-за недостаточного контроля в процессе технического обслуживания и ремонта (ТОиР) [2]. Техническое обслуживание (ТО) — этап жизненного цикла авиационной техники (АТ), выполняемый инженерно-авиационной службой (ИАС), для сохранения функциональности АТ, исправности и готовности его к применению согласно назначению.

Ремонт — процесс, проводимый для восстановления пригодности изделий, рабочих систем самолета и составных частей изделий. Совокупность методов по ТОиР формально делят на первую группу — это профилактические работы, выполняемые по плану, вторую группу — мероприятия, сосредоточенные для нахождения и устранения уже имеющихся отказов и повреждений. Главное условие, предъявляемое к процедуре ТО в целом, складывается в том, чтобы при минимальных затратах труда гарантировать высокую возможность того, что в нужное время воздушное судно окажется исправным и сможет выполнить поставленную задачу.

Для того чтобы поддерживать установленную степень готовности и использовать летательный аппарат по назначению стоит придерживаться разработанных методов ТОиР. В свой черед инженерно-технический состав призван осуществить инженерно-авиационное обеспечение летной годности воздушных судов. Инженерно-авиационная служба выполняет огромный комплекс задач по ТОиР, направленных на сохранение надежности и безопасности. Планирование применения летательного аппарата, организация и проведение ТОиР авиационной техники, разработка и реализация мероприятий по обеспечению безопасности полетов, предотвращению отказов и неисправностей самолета, предоставление инженерно-квалифицированной эксплуатации воздушного судна в полете. Поддержание летной годности также требует планирования, где

мероприятия можно разбить на два типа: работы по плановости и работы для предупреждения отказов. Под плановостью подразумевается поставленный временной интервал отхода летательного аппарата на одну из фаз ТОиР, а также обычных регламентных работ с техническим диагностированием (с целью заблаговременного выявления критичного положения последних с дальнейшей заменой частей или приведение их характеристик в соответствие с нормами). Диагностирование осуществляется различными способами, например, диагностирование с помощью автоматизированных систем контроля (АСК).

АСК позволяет повысить глубину, полноту, достоверность контроля. Различают аналоговые и цифровые. Аналоговые АСК применяются, как специализированные системы контроля отдельных бортовых систем и устройств. Цифровые АСК - это универсальные системы. Диагностирование проводится как на земле, так и на борту, следовательно, существуют наземные АСК и бортовые АСК. Наземные АСК выполняют контроль технического состояния АТ при выполнении подготовки к полетам, поиске неисправностей, проведении осмотров. Наземные АСК могут применяться в узком специализированном кругу. Бортовые АСК контролируют техническое состояние бортового оборудования в полете и на земле при подготовках к полетам, для выявления нарушений и ошибок экипажа в полете. Бортовые АСК позволяют повысить автономность технической эксплуатации, уменьшить затраты труда и время готовности самолета к полетам. Помимо этого, ИАС участвует в ряде других мероприятий, например, в проведении инженерно-штурманских расчетов, производстве доработок АТ, что не мало важно для сохранения летной годности.

Летная годность сохраняется правильным рациональным распределением сил и средств ИАС, временем, необходимым количеством средств наземного обслуживания. Для рационального использования времени создаются типовые технологические графики.

Для того, чтобы задачи ИАС эффективно выполнялись, то есть самолет возвращался в исправное состояние, разрабатываются определенные организационные структуры, под этим понимается, что ИАС должна взаимодействовать с другими службами, в результате формируется наиболее рациональная структура ИАС, таким образом эффективно решаются задачи по эксплуатации и ремонту, техника обслуживается, на ней устраняются неисправности, летная годность, как показательная характеристика, стремится в верх.

Любой из форм техобслуживания и устранения дефектов выделяется своим масштабом и сложностью работ, временем, которое нужно выделить для работы, и частотой их выполнения. Главными являются оперативное и периодическое техническое обслуживание [3].

Оперативное техобслуживание материализуется либо прямо перед вылетом, либо после посадки. Оно предназначено в основном для предотвращения появившихся в полете отказов и повреждений, которые явно отходят от норм летной годности, задача обнаружения причин и своевременного устранения является довольно-таки непростым делом, требующим от ИАС, другими словами, от исполнителей работ, глубоких знаний конструкции и эксплуатации летательных аппаратов.

Периодическое техобслуживание выполняется посредством поставленных временных интервалов, которые измеряются часами налета, числом посадок или календарным временем. Предназначение данного обслуживания заключается в устранении отказов и поврежденных элементов, изделий и аппаратов на ранних этапах, когда проблема еще не развита, в проведении мероприятий по предотвращению возникновения отказов и повреждений, а именно замена аппаратов, отработавших ресурс, смазка соединений, настройка по конечным результатам диагностирования.

Начиная с этапа разработки и до списания авиационной техники, большая часть времени приходится на стадию эксплуатации, только на ней летательный аппарат функционирует так, как должен, то есть проявляет заложенные потенциальные возможности.

Таким образом, техническая эксплуатация, являясь составной частью эксплуатации, призвана гарантировать летную годность авиационной техники, своевременную актуальную готовность к использованию согласно предназначению.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смирнов, Н.Н. Техническая эксплуатация летательных аппаратов: учебник / Н.Н. Смирнов, Н.И. Владимиров, Ж.С. Черненко. – М.: Транспорт, 1990. – 423 с.
2. Румянцев, А.И. Инженерно-авиационное обеспечение боевых действий частей авиации вооруженных сил и эксплуатация авиационного оборудования: учебник / А.И. Румянцев, В.П. Осовский, В.А. Протопопов. – М.: Транспорт, 1998. – 435 с.
3. Чинючин, Ю.М. Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной техники: уч. пособие. Часть I / Ю.М. Чинючин, И.Ф. Полякова. – М.: МГТУ ГА, 2004. – 83 с.

УДК 628.18

В.В. Сидорович, Я.Г. Гончаренко

Белорусский национальный технический университет

РАЗРАБОТКА МОБИЛЬНОГО УЧАСТКА РАЗБОРКИ АВИАТЕХНИКИ

В настоящее время в Военно-воздушных силах Республики Беларусь (далее ВВС РБ) ремонт авиационной техники осуществляет подвижная авиаремонтная мастерская ПАРМ-2П (модификации ПАРМ-2ПМ и ПАРМ-2ДМ) из состава технико-эксплуатационной части (далее ТЭЧ). В ее состав входят мастерская слесарно-механическая универсальная МСМУ-1АМ (либо МСМУ-2АМ; 3АМ, в зависимости от типа самолёта), а также мастерская слесарно-паяльная универсальная МСПУ-АМ. Мастерские размещены на шасси ЗИЛ-131 в кузове-фургоне. Однако, как показывает практика технологическое оборудование, которым укомплектована данная мастерская, устарело и не отвечает требованиям времени, т.к. оно было разработано в 60-70 годы прошлого столетия.

Кроме того, для выполнения подъемно-транспортных работ постами разборки может быть использован МСМУ-1АМ с кран-стрелой из состава ПАРМ-2П. Конструкция крана-стрелы автомобиля МСМУ-1АМ, предназначенная для выполнения подъемно-транспортных работ, имеет следующие недостатки: необходимо два человека для сборки и разборки крана-стрелы; дополнительные затраты времени на приведение ее в рабочее состояние, а также из рабочего состояния в походное; снятие крана-стрелы массой 89 кг из крыши-кузова мастерской требует особой осторожности личного состава.

Поэтому назрела необходимость в разработке мобильного участка разборки авиационной техники списания в полевых условиях на базе продукции отечественных предприятий с целью повышения производительности труда разборочных работ и улучшения условий работы ремонтников.

Мобильные ремонтные мастерские с крановым манипулятором на базе шасси МАЗ

В настоящее время в Республике Беларусь мобильные ремонтные мастерские с краном манипулятором на базе автомобиля МАЗ производит предприятие ООО «МАЗ-Купава», продукция которого является востребованной как в нашей стране, так и за рубежом.

Следует отметить, что «Купава» осуществляет полный цикл производства кузовной надстройки, начиная от изготовления «сэнд-вич-панелей» для стен, крыши, пола и дверей, дальнейшей сборки рефрижератора и установки на шасси полуприцепов и автомобилей. В качестве ходовой части полуприцепов-рефрижераторов «МАЗ-Купава» использует как шасси отечественного МАЗ (Euro-3), так и шасси известных европейских производителей – Wielton (Euro-3) (Польша), SchwarzMuller (Euro-4) (Австрия) и др.

Передвижная аварийно-ремонтная мастерская с крановым манипулятором на базе шасси МАЗ 631705-370.

Мастерская предназначена для выполнения восстановительных работ при авариях на воздушных линиях электропередач, электрооборудования в сетях тепловодоснабжения и объектах нефтедобычи (рисунок 1).

Технические характеристики

1. Шасси МАЗ 631705-370 (6×6); ABS; КОМ

Комплектация: тросовая лебедка с тяговым усилием не менее 6 т и длиной троса не менее 50 м.

2. Кузов «Купава» КС 6227-02(03)

Кузов выполнен из «сэндвич-панелей» по безкаркасной технологии. За кузовом расположена бортовая платформа с алюминиевыми бортами и петлями в полу для увязки груза.

Габаритные размеры кузова, мм:

внутренние: длина – 5120, ширина – 2380, высота – 2100;

наружные: длина – 5220, ширина – 2500, высота – 2237.

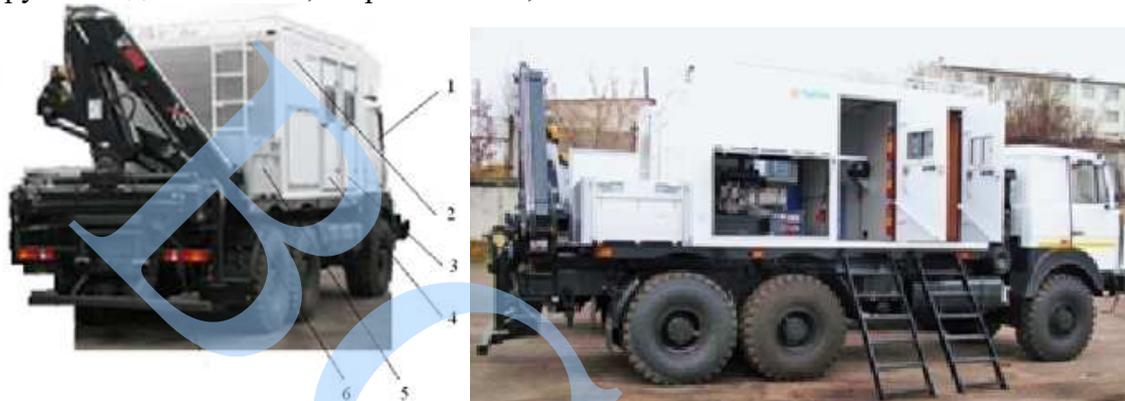


Рисунок 1 – Передвижная аварийно-ремонтная мастерская с крановым манипулятором на базе шасси МАЗ 631705-370:

1 – базовый автомобиль МАЗ-631705-370; 2 – кузов «Купава» КС 6227-02(03);
3 – пассажирский отсек; 4 – грузовой отсек; 5 – бортовая платформа; 6 – КМУ

Комплектация пассажирского отсека:

выдвижная лестница для входа в отсек;
пассажирские места – рассчитаны на трех человек;
освещение лампами дневного света 220 В (дополнительно дежурное освещение 24 В);
стол откидной и навесной шкаф для документации;
приточно-вытяжная вентиляция, автономный кондиционер с климат-контролем;
переговорное устройство, зуммер (звуковой и световой сигнал водителю);
сдвижные окна с москитными сетками;
шкаф для верхней одежды;
автономная отопительная установка «Airtronic» D5 с возможностью регулирования обогрева обоих отсеков (пассажирского и грузового);
запасный выход.

Комплектация грузового отсека:

а) выдвижная лестница для входа в отсек;
б) освещение лампами дневного света 220 В (дополнительно дежурное освещение 24 В);
в) сдвижные окна с москитными сетками;
г) ниши: под сварочный агрегат, для электрогенератора и для газовых баллонов – 2 шт. (для модификации – (02));
д) рабочий верстак;
е) тиски ТС-160;
ж) заточной станок типа DSC 201;
з) генератор автономный GPP (дизельный) ≈ 16 кВт: 380/220 В стационарно установленный в нише технологического отсека, доступ снаружи кузова;
и) система электроснабжения (щит силовой, блок розеток, выключатели);

- к) пост резки (тип «ОСА»);
- л) прожектор переносной для освещения мест работы в ночное время на мачте с питанием от автомобиля;
- м) прожектор на автомобиле для освещения мест работы в ночное время (мачта высотой 4 м, мощность прожектора – 1000 Вт, кабель трехжильный, питание – 220 В, 50 Гц);
- н) сварочный инвертор с комплектом кабелей и маской сварщика;
- о) компрессор СБ4/С-24.GM192 (190 л/м, 8 атм., 24 л, 1,3 кВт, одноцилиндровый) в комплекте с шлангом 15 м;
- п) угловая шлифмашина Bosch GWS 15-125 с набором дисков и приспособлений;
- р) бензопила Husqvarna 346 XP с комплектом цепей;
- с) двухскоростная электродрель Bosch GBM 13-2 RE Professional с набором сверл по металлу до 12 мм;
- т) паяльная лампа;
- у) ножовка по металлу;
- ф) набор торцевых ключей с коловоротом и трещоткой (от 8 до 46 мм) и накидных ключей (8–36);
- х) набор зубил, бородков и слесарных молотков;
- ц) измерительный инструмент: штангенциркуль 250 мм (кл. 0,1), линейка металлическая – 1 м, рулетка ≈ 5 м;
- ч) кабель 50 м для подключения внешнего электропитания;
- ш) термос для воды объемом ≈ 10 л;
- щ) шторы и москитные сетки, установленные на окнах;
- э) порошковый огнетушитель ОП-5;
- ю) набор оборудования и инструмента для выполнения восстановительных работ при авариях на воздушных линиях электропередач, электрооборудования в сетях тепловодоснабжения и объектах нефтедобычи:
 - насос дренажный Unilift AP 50 / аналог с пожарным рукавом 20 м;
 - электроизмерительные приборы: многофункциональный тестер (изоляция, петля, УЗО) – Megger CM 300 Mk5; измеритель сопротивления заземления – MPU-101 SoneI; токоизмерительные клещи M266; измеритель высоты высоковольтных линий (прибор «Даль»); пирометр ST20 ProPlus; мультиметр M4583/2Ц; виброметр VV034;
 - тент-палатка для кабельщиков спайщиков размером ≈ 2×2 м; укрытие сборное «Шатер-компакт» верх прозрачный, боковины из несгораемой ткани ~ 2×2,1 м (в собранном виде упаковывается в сумку);
 - лестница деревянная приставная – 2 м;
 - перфоратор Bosch ПВН 7-46 DE Professional с набором сверл и приспособлений;
 - фонарь ФОС-3 с зарядным устройством;
 - пила двуручная;
 - топор;
 - лебедка ручная ЛР-1,6 с канатом 6 м для натяжки проводов;
 - набор напильников;
 - набор шестигранных ключей для винтов с внутренним шестигранником;
 - комплект кабельщика для работы с термоусаживаемыми муфтами (инструмент для ремонта кабельных линий, гидропресс для опрессовки наконечников, электрический фен Bosch для термоусаживаемых муфт или аналог, набор газовых горелок с баллоном 27 л);
 - шприц-масленка;
 - плашки МЗ-М16 с плашкодержателями и метчики МЗ-М16 с воротками;
 - бинокль;
 - канат страховочный длиной ≈ 50 м;
 - лента сигнальная ≈ 100 м;

соединитель проводов воздушных линий;
ножницы гидравлические кабельные со встроенным насосом – 3 т;
ножницы универсальные автономные – 12 т;
опрессовщик гидравлический для точечной опрессовки со встроенным насосом – 12 т
(сечение кабеля – 16–300 мм²);
опрессовщик гидравлический для шестигранной опрессовки наконечников и гильз – 20 т
(сечение кабеля – 10–300 мм²);
штанги изолирующие (комплект);
указатели напряжения (комплект);
переносные заземления (комплект);
защитные очки;
защитные каски;
переносные плакаты;
предохранительный монтерский пояс;
монтерские лазы;
слесарно-монтерский инструмент с изолирующими ручками;

Гидравлический манипулятор (КМУ), марка – Hiab 122 В-1 Duo (Швеция). Подъемный момент – 11,2 tm, максимальный гидравлический вылет – 6,1 м, вылет/грузоподъемность, м/кг: 2,8/4300 4,3/2800 6,1/2000, угол поворота – 190–415°, масса манипулятора – 1320 кг.

Автомобиль «Купава» 673150 с кузовом «Купава» КС 6227 и с КМУ Fassi M15.A.12

Полная масса – 33 150 кг, снаряженная масса – 15 100 кг.

Кузов «Купава» КС 6227 с КМУ Fassi M15.A.12, установленными на шасси МАЗ-6317F5-570-001 (рисунок 2).



Рисунок 2 – Кузов «Купава» КС 6227 с КМУ Fassi M15.A.12, установленными на шасси МАЗ-6317F5-570-001

Кузов выполнен из сэндвич-панелей по бескаркасной технологии. За кузовом расположена бортовая платформа с алюминиевыми бортами и петлями в полу для увязки груза. Открывающиеся борта с двух сторон.

Габариты бортовой платформы: длина – 2900 мм, ширина – 2 456 мм.

Пассажирский и технический отсек имеют следующие габариты: длина – 2350-2450 мм, ширина – 2456 мм.

Комплектация пассажирского и технического отсека:

пассажирские места (мягкая обшивка) рассчитано на 1-го человека;
освещение;

приточно-вытяжная вентиляция;

переговорное устройство, зуммер (звуковой и световой сигнал водителю);

сдвижное окно с москитными сетками – 2 шт;

перегородка со сдвижной дверью;

автономная отопительная установка;

запасный выход (люк);
дверь для входа в отсек с окном;
выдвижная лестница для входа в отсек;
ниша с выдвижной системой для дизельного генератора FUBAG DS 11000 A ES или аналога;
ниша с выдвижной системой для компрессора;
над нишами металлический шкаф для инструмента;
железный рабочий верстак с тисками и заточным станком;
система электроснабжения (щит силовой, блок розеток, выключатели);
сзади (выход на бортовую платформу) – роллетная система;
люк боковой размером 500х500 (расстояние до земли ~ 1800-1700мм) для канистры с топливом;
аптечка и огнетушитель с местами крепления.

КМУ FASSI M15.A.12 (на заднем свесе).
Автомобиль "Купава" 673150 с кузовом "Купава" КС 6225 и с краном манипулятором FASSI F85B.0.22

Полная масса – 25 000 кг, снаряженная масса – 15 800 кг

Кузов «Купава» КС 6225 с краном манипулятором FASSI F85B.0.22, установленными на шасси МАЗ-6317F9-568-031 (цвет кабины – оранжевый), колёсная формула – 6 × 6 (рисунок 3).



Рисунок 3 – Кузов «Купава» КС 6225 с краном манипулятором FASSI F85B.0.22, установленными на шасси МАЗ-6317F9-568-031

Кузов выполнен из сэндвич – панелей по бескаркасной технологии (прочность кузова обеспечивается реечным каркасом стен, надежными клеевыми соединениями и металлическими угловыми профилями, как наружными, так и внутренними):

наружная обшивка – оцинкованная сталь, окрашенная полимером;
внутренняя обшивка – окрашенная полимером оцинкованная сталь;
фурнитура – нержавеющая;
дверной проем – нержавеющая сталь;
наружная окантовка кузова – оцинкованная сталь;
боковое защитное ограждение;
маркировка светоотражающей пленкой;
четыре отсека под баллоны.

Кузов состоит из 2-х отсеков: пассажирский и грузовой.

1) Комплектация пассажирского отсека:

покрытие пола – автолин;
отопитель «Эбершпехер» (4кВт);
окно со сдвижной форточкой;
дверь входная боковая с глухим окном;
заниженный вход в пассажирский отсек;

сиденье – рундук (6 шт.) с ремнями безопасности;
вентиляционный люк;
столлик раздвижной;
шкаф для одежды;
ящик для аптечки;
кронштейн для крепления огнетушителя;
переговорное устройство.

2) Комплектация грузового отсека:

покрытие пола – рифленая сталь;
такелажные кольца в полу для крепления груза;
борта открывающиеся 3 шт.

3) Кран манипулятор FASSI F85B.0.22:

грузовой момент подъёма – 11,11 тм;
максимальный горизонтальный вылет – 8,10 м;

грузоподъёмность на вылете: 2,00 м – 3920 кг; 3,85 м – 2145 кг; 5,60 м – 1450 кг; 7,50 м – 1045 кг; угол поворота колонны – 400°;

полная масса манипулятора – 1520 кг;

габаритные размеры манипулятора – 2240 × 1975 × 690 мм.

Автомобиль «Купава» 673150 шасси MA3-6312C5-8529-012 с кузовом «Купава» КС 6225 и с КМУ Fassi F95B.0.24

Полная масса – 25 000 кг, снаряженная масса – 16 100 кг.

Кузов «Купава» КС 6225 с КМУ Fassi F95B.0.24, установленными на шасси MA3-6312C5-8529-012, колёсная формула – 6 × 6 (рисунок 4).

Светоотражающая лента, боковое защитное ограждение.

Пассажирский отсек:

Габаритные размеры: 1235 × 2500 × 2130 мм;

наружная и внутренняя обшивка – окрашенная оцинкованная сталь;

вход по выдвигной лестнице справа по ходу движения;

три посадочных места с ремнями безопасности и рундуком для инструмента;

столлик с откидной крышкой;

окно в двери со сдвижной форточкой;



Рисунок 4 – Кузов «Купава» КС 6225 с КМУ Fassi F95B.0.24, установленными на шасси MA3-6312C5-8529-012

покрытие пола – автолин;

отопление – отопитель автономный дизельный (4 кВт);

вентиляция – вентиляционный люк в потолке (аварийный выход) и вентиляционная решетка;

переговорное устройство для связи между пассажирским отсеком и водителем;

освещение светодиодными светильниками от бортовой сети;

вещевой ящик для хранения СИЗ;
навесные вешалки для СИЗ;
полка с защитным бортиком над технологическим отсеком;
преобразователь постоянного напряжения 24 В в переменное 230 В/50 Гц.
(модифицированная синусоида) пиковой мощностью 2 кВт;
наличие трех розеток над столиком.

Технологический отсек:

Расположен в пассажирском отсеке по левой стороне по ходу движения и состоит из двух отделений, расположенных друг над другом. Каждое отделение оборудовано дверцей с замком и системой выдвижения.

Размеры нижнего отсека для генератора: 1100 × 600 × 900 мм.

Размеры верхнего отсека для гидростанции: 1100 × 600 × 900 мм.

Бортовая платформа:

За кузовом расположена бортовая платформа с алюминиевыми бортами и такелажной рейкой в полу для увязки груза. Борта разделены на две части и откидываются по правой стороне по ходу движения, с левой стороны глухие с пеналом с откидной наружной крышкой, задний борт глухой. Верхняя часть бортовой платформы укрывается сдвижным тентом на всю длину платформы.

Габаритные размеры: 5000 × 2500 × 1000 мм.

КМУ FASSI F95B.0.24 с лебедкой с дистанционным управлением.

Автомобиль «Купава» 673150 с кузовом «Купава» КС6227-02 на шасси МАЗ-6317Х5-461-050

(рисунок 5)



Рисунок 5 – Автомобиль «Купава» 673150 с кузовом «Купава» КС6227-02 на шасси МАЗ-6317Х5-461-050

Кузов выполнен из сэндвич-панелей по бескаркасной технологии. За кузовом расположена бортовая платформа с алюминиевыми бортами и петлями в полу для увязки груза. Открывающиеся борта с двух сторон.

Габариты бортовой платформы: длина – 1200 мм; ширина – 2500 мм.

Комплектация пассажирского отсека:

выдвижная лестница для входа в отсек;

пассажирские места (мягкая обшивка) рассчитан на 3-х человек;

освещение лампами дневного света 220 В (дополнительно дежурное освещение 24 В);

стол откидной, навесной шкаф для документации;

приточно-вытяжная вентиляция, автономный кондиционер с климат-контролем (Dometic);

переговорное устройство, зуммер (звуковой и световой сигнал водителю);

сдвижные окна с москитными сетками;

шкаф для верхней одежды;

автономная отопительная установка Obespecher D4 с возможностью регулирования обогрева обоих отсеков (пассажирского и грузового);

запасный выход;

на входной двери в отсек размещен рукомоетник.

Габариты пассажирского отсека: длина – 1200 мм; ширина – 2500 мм; высота – 2037 мм.

Комплектация грузового отсека:

выдвижная лестница для входа в отсек;

освещение лампами дневного света 220 В (дополнительно дежурное освещение 24 В);

сдвижные окна с москитными сетками;

ниша под сварочный агрегат;

ниша для генератора;

ниши для 3 газовых баллонов (2 кислородных баллона по 40 л, 1 с пропаном 50 л);

прожектор переносной, для освещения мест работы в ночное время на мачте с питанием от автомобиля;

прожектор на автомобиле для освещения мест работы в ночное время (мощность прожектора 1000 Вт, кабель 3-х жильный, питание 220 В/50 Гц);

рабочий верстак;

тиски;

заточной станок;

система электроснабжения (щит силовой, блок розеток, выключатели);

пост резки;

сзади – роллетная система;

лестница на крышу;

по периметру пассажирского и грузового отсеков на крыше установлены ограждения.

Габариты грузового отсека: 2694 × 2500 × 2037 мм.

3. Гидравлический кран-манипулятор FASSI F135A.0.21 с дистанционным радиоуправлением.

Автомастерская для пожарных (рисунок 6)



Рисунок 6 – Автомастерская для пожарных

По заданию Белорусского МЧС ООО «Завод автомобильных прицепов и кузовов» изготовил семь подвижных мастерских. В качестве шасси для них использовались полноприводные грузовики МАЗ-631705 колесной формулы 6 × 6. Основу конструкции модели составляет кузов КС5225-01, состоящий из «сэндвич-панелей» толщиной стен, крыши и пола соответственно 57, 60 и 78 мм. Модель имеет две входные двери и делится на пассажирский и грузовой отсеки.

В первом располагаются рундук с автономным дизельным отопителем, три сиденья с ремнями безопасности, сдвижное окно Seitz 700 × 450 мм с москитной сеткой и затемняющей шторкой и различное оборудование.

Во втором – верстак, генератор автономный дизельный, верстак двухтумбовый, шкаф-стеллаж и многое другое.

Автомобиль-фургон оснащен КМУ FASSI F50A.21 итальянского производства с крановой лебедкой и пультом управления.

Передвижная ремонтная мастерская МТО-АТ-МБ

В 2017 году на 8-ой Международной выставке вооружения и военной техники «MILEX – 2017», проводимой НПО «ОКБ ТСП», была представлена передвижная ремонтная мастерская МТО-АТ-МБ на базе МАЗ-631705 (рисунок 7). С помощью данной мастерской можно осуществлять ремонт как автомобильной, так и гусеничной техники.



Рисунок 7 – Передвижная ремонтная мастерская МТО-АТ-МБ

Основными особенностями МТО-АТ-МБ стали: наличие съемного кузова-контейнера собственного производства, выполненного из композитных материалов, наличие гидроманипулятора РМ 23022Р грузоподъемностью от 2 до 10 т, установленного за кабиной, позволяющего выполнять грузоподъемные работы. В кузове размещен целый парк станков (настольный токарный станок, сверлильный, заточной, пресс – для запрессовки подшипников в ступицы), а также шкафы с различными приспособлениями и инструментами. В мастерской имеется отдельная моющая станция, чтобы содержать отремонтированные детали в чистоте. Так же с целью увеличения уровня комфортных условий проведения ТО и ТР в кузове-контейнере предусмотрены системы отопления, кондиционирования и вентиляции.

Анализ

Проведенный анализ передвижных ремонтных мастерских с КМУ, производство которых осуществляется на отечественных предприятиях, свидетельствует о том, что для разборки авиационной техники в полевых условиях наиболее подходит, на наш взгляд, передвижная аварийно-ремонтная мастерская для выполнения восстановительных работ при авариях на воздушных линиях электропередач, электрооборудования в сетях тепловодоснабжения и объектах нефтедобычи (рисунок 1), т.к. она оснащена крановым манипулятором и перечнем технологического оборудования для выполнения разборочных работ.

Применение КМУ, установленной на бортовой платформе автомобиля, для выполнения подъемно-транспортных работ, вместо крана-стрелы мастерской МСМУ-1АМ из состава ПАРМ-2ПМ, обеспечат повышение производительности труда и улучшение условий работы ремонтников. Вызвано это тем, что КМУ имеет ряд преимуществ перед другой спецтехникой: высокую мобильность и маневренность; компактность; универсальность; точность перемещения; сравнительно небольшую массу; возможность работать в ограниченном пространстве; способность захватить груз, который находится на расстоянии до 20 метров от платформы и перемещать его очень плавно, точно и др.

Кроме того, предлагается из грузового отсека данной мастерской исключить набор оборудования и инструмента, который используется только для выполнения восстановительных работ при авариях на воздушных линиях электропередач, электрооборудования в сетях тепловодоснабжения и объектах нефтедобычи и дополнительно оснастить его технологическим оборудованием и механизированным инструментом для проведения разборочных работ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Локальные войны и вооруженные конфликты конца XX– начала XXI века. Информационно-аналитический обзор / Под ред. И.А. Мисурагина.– Мн.: УО «ВА РБ», 2007. – 143 с.

2. Тарасенко, П.Н. Ремонт военной автомобильной техники: учеб. пособие / П.Н. Тарасенко. – Минск: БНТУ, 2018. – 258 с.
3. Справочник офицера автомобильной службы: учеб. пособие / П.Н. Тарасенко [и др.]; под общ. ред. А. В. Малыгина. – Минск: Изд-во БНТУ, 2007. – 400 с.
4. Технологический процесс разборки [Электронный ресурс] –Режим доступа: [//www.helpiks.org](http://www.helpiks.org).
5. Разработка предложений по созданию подвижной мастерской ПАРМ-1Б на базе продукции отечественных предприятий (шифр «ПАРМ-1Б») : отчет о НИР / П.Н. Тарасенко [и др.]. – Минск : БНТУ, 2014. – 140 с. – № ГР 2.46.13.
6. Тарасенко, П.Н. Проектирование стационарных и подвижных ремонтных частей: пособие для курсантов специальности 1-37 01 06-02 «Техническая эксплуатация автомобилей (Военная автомобильная техника)» / П.Н. Тарасенко. – Минск : БНТУ, 2018. – 275 с.
7. ООО «Завод автомобильных прицепов и кузовов» – «МАЗ-Купава» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [// www.ng.by/ru](http://www.ng.by/ru).
8. МАЗ-КУПАВА: спецтехника [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [//www.maz-kupava.com](http://www.maz-kupava.com).
9. Передвижная аварийно-ремонтная мастерская с крановыми манипуляторами на шасси МАЗ-631705-370: технические характеристики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [//www.maz-kupava.com](http://www.maz-kupava.com).
10. Автомобиль «Купава» 673150 с кузовом «Купава» КС 6225 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [//www.maz-kupava.com](http://www.maz-kupava.com).
11. Автомобиль «Купава» 673150 шасси МАЗ -6312С5-8529-012... [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [//www.maz-kupava.com](http://www.maz-kupava.com).
12. Автомобиль «Купава» 673150 с кузовом «Купава» КС 6227-02 на шасси МАЗ-6317Х5-461-050 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [//www.maz-kupava.com](http://www.maz-kupava.com).

УДК 678.747.2

В.И. Ушаков, М.Н. Мануйлов, А.А. Мишин

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНСТРУКЦИОННОГО УГЛЕПЛАСТИКА ВКУ-25 В СРЕДСТВАХ НАЗЕМНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ

Несмотря на то, что использование полимерных композиционных материалов (ПКМ) в средствах наземного обеспечения полетов большую часть которых составляет военная автомобильная техника занимает в настоящее время малую долю от их общего объема потребления, композиционные материалы находят наиболее эффективное применение в этой области. Композиты, особенно с высокими эксплуатационными характеристиками, являются единственными существующими в настоящее время материалами, имеющими малую массу, высокую прочность и жесткость и достаточно высокую стойкость к усталостным напряжениям. Использование композитов в конструкции военной автомобильной техники позволяет добиться существенных результатов в снижении массы, увеличении надежности, ресурса и защищенности [1, 2]. Объем их применения в современной автомобильной технике растет, и если 30 лет назад они вовсе не использовались, то в настоящее время объем применения композитов растет тем самым обеспечивая снижение ее массы [3, 4].

Актуальность обусловлена современным состоянием и перспективами развития средств поражения и защиты техники. В настоящее время определяющее значение для успешного применения военной автомобильной техники в ходе боевых действий имеет бронирование.

Одним из путей повышения эффективности военной автомобильной техники является снижение удельного веса броневой защиты в конструкции автомобиля, что позволит повысить тактико-технические характеристики. Основная задача, возникающая при разработке

многослойной брони, состоит в минимизации массы при сохранении заданного уровня ударопрочности, а главное, пулестойкости. Отмеченное обстоятельство определило поиск новых технических решений по повышению противопульной защиты средств наземного обеспечения полетов.

В настоящее время перспективным направлением прикладных исследований является разработка бронематериалов способных эффективно противостоять воздействию пуль при условии обеспечения минимальной массы. Внедряются новые материалы – керамика, сверхвысокомолекулярный полиэтилен, композиционные материалы нового поколения, производится сравнение их стоимостных характеристик. Перспективным направлением совершенствования средств защиты является разработка многослойных конструкций.

Основными недостатками применяемых методов создания гетерогенной брони являются ограничения по номенклатуре соединяемых материалов, ограничения по форме поверхности, необходимость использования уникального оборудования, проведения работ в заводских условиях и использования взрывчатых веществ. Альтернативным методом можно рассматривать газотермическое напыление. В РБ данный метод активно используется в машиностроении, действуют научные школы. Данный метод отличается простотой и универсальностью применяемого оборудования, позволяющий создавать покрытия из широкой номенклатуры материалов (металлы, полимеры, керамика, композиты).

Наибольшее распространение получили углепластики на основе эпоксидных связующих. Препреги (полуфабрикаты) углепластиков традиционно получали с применением растворной технологии, т. е. использовали полимерные связующие с высоким содержанием растворителя, как правило – спирто-ацетоновой смеси. Растворная технология имеет следующие недостатки: в препрегах имеется значительное количество летучих, которые необходимо удалять при формовании, отклонение содержания связующего в препрегах находится в пределах $\pm 4\%$, значительное количество растворителя необходимо улавливать специальными очистными сооружениями [5, 6]. При переходе на расплавные связующие все вышеперечисленные недостатки исчезают, при использовании расплавов связующих избавляются от растворителей, нанос связующего регулируется зазорами между валами технологического оборудования для изготовления препрегов, что приводит к снижению разброса по содержанию связующего в пределах $\pm 2\%$ [7, 8].

Углепластик марки ВКУ-25 изготавливают методом автоклавного формования из препрега на основе эпоксидного связующего ВСЭ-1212, разработанного в ВИАМ, и углеродных нитей марки HTS-45 12k E23 фирмы Toho Tenax (рис. 1).

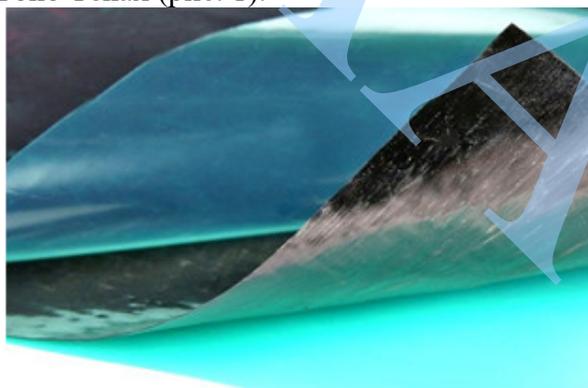


Рисунок 1 – Внешний вид препрега марки ВКУ-25

Препрег углепластика ВКУ-25 получен по расплавной технологии методом пропитки на специализированном участке изготовления препрегов ВИАМ.

При исследовании упруго-прочностных характеристик применяли следующие стандарты: определение предела прочности и модуля упругости при растяжении по ASTM D 3039/D 3039M; определение предела прочности и модуля упругости при сжатии по ASTM 6641/D 6641; определение предела прочности при изгибе по ASTM D 7264/D 7264M; определение предела прочности при межслойном сдвиге по ASTM D 2344/D 2344M.

Углепластик ВКУ-25 прошел полный цикл испытаний в соответствии с программой паспортизации материалов, в ходе которых определены основные упруго-прочностные характеристики, стойкость к воздействию агрессивных сред, специальных жидкостей, масел и топлив, стойкость к долговременному воздействию природных климатических условий в различных климатических зонах, испытания на термовлажностное старение и долговременную тепловую прочность. В результате проведенных испытаний установлено, что разработанный углепластик имеет высокий уровень сохранения упруго-прочностных свойств (>60%) после воздействия различных факторов, что подтверждает возможность их применения во всеклиматических условиях.

На основании полученных данных были выполнены натурные испытания образца с использованием пистолета Макарова (ПМ). На рисунке 2 представлен результат натурных испытаний при обстреле из ПМ с дистанции 25 м. структуры с углепластиком ВКУ-25.



Рисунок 2 – Результат испытаний противопулевой защиты структуры с углепластиком ВКУ-25.

В сложившихся условиях для повышения эффективности функционирования военной автомобильной техники необходимо снижение удельного веса броневой защиты в конструкции автомобиля с использованием новых материалов, что позволит повысить тактико-технические характеристики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Каблов, Е.Н. Инновационные разработки ФГУП «ВИАМ» ГНЦ РФ по реализации «Стратегических направлений развития материалов и технологий их переработки на период до 2030 года» //Авиационные материалы и технологии. – 2015. – №1 (34). – С. 3–33.
- 2., Исследования и разработка автоклавных и безавтоклавных технологий формования ПКМ / А.В. Хрульков [и др.] //Авиационные материалы и технологии. – 2012. – №5. – С. 292–301.
3. Гращенков, Д.В. Стратегия развития композиционных и функциональных материалов / Д.В. Гращенков, Л.В. Чурсова //Авиационные материалы и технологии. – 2012. – №5. – С. 231–242.
4. Аспекты применения высокопрочных и высокомодульных волокнистых металлических композиционных материалов авиационного назначения (обзор) / О.И. Гришина [и др.] //Труды ВИАМ. – 2014. – №10. – С.5.
5. Тимошков, П.Н. Современные технологии переработки полимерных композиционных материалов, получаемых методом пропитки расплавленным связующим / П.Н. Тимошков, А.В. Хрульков //Труды ВИАМ. – 2014. – №8. – С.4.
6. Свойства и назначение композиционных материалов на основе клеевых препрегов / Л.А. Дементьев [и др.] // Труды ВИАМ. – 2014. – №8. – С.6.
7. Расплавные связующие для перспективных методов изготовления ПКМ нового поколения / Р.Р. Мухаметов [и др.] //Авиационные материалы и технологии. – 2012. – №5. – С. 260–265.
8. Душин, М.И. К вопросу удаления излишков связующего при автоклавном формовании изделий из полимерных композиционных материалов / М.И. Душин, А.В. Хрульков, А.Е. Раскутин // Труды ВИАМ. – 2013. – №1. – С.3.

КЛАССИФИКАЦИЯ СПОСОБОВ БОРЬБЫ СО СНЕЖНО-ЛЕДЯНЫМИ ОТЛОЖЕНИЯМИ

Борьба со снежно-ледяными отложениями является основным видом работ по трудозатратам для организаций, эксплуатирующих дороги и аэродромы. Однако в научной литературе и в нормативной документации не описаны все способы ведения этой борьбы. В данном исследовании сделана попытка классифицировать все способы, что позволит в будущем создавать новые машины и оборудование для борьбы со снежно-ледяными отложениями и позволит эксплуатирующим организациям более широко взглянуть на способы решения данной проблемы.

Борьба со снежно-ледяными отложениями является основным видом работ по трудозатратам для организаций, эксплуатирующих дороги и аэродромы. Однако в научной литературе и в нормативной документации не описаны все способы ведения этой борьбы. В данном исследовании сделана попытка классифицировать все способы, что позволит в будущем создавать новые машины и оборудование для борьбы со снежно-ледяными отложениями и позволит эксплуатирующим организациям более широко взглянуть на способы решения данной проблемы. Скользкость, снежно-ледяные отложения, коэффициент сцепления, лед, накат, дорога, взлетно-посадочная полоса, аэродром, реагенты, фрикционные материалы

Как известно, коэффициент сцепления – величина, характеризующая сопротивление сдвигу двух тел, другими словами сцепление между колесом и дорогой. На тротуарах, автомобильных дорогах, аэродромах, коэффициент сцепления определяет безопасность передвижения пешеходов, автомобилей и самолётов. При отрицательных температурах на дорогах, тротуарах и аэродромах возникает вероятность образования зимней скользкости¹. Коэффициент сцепления можно увеличить, изменяя параметры поверхности, либо изменяя параметры колеса. Исходя из того, что параметры колеса заданы, и их сложно менять во время движения, а параметры поверхности величина не постоянная, которая в основном зависит от погодных условий, основные мероприятия по борьбе с зимней скользкостью направлены на изменение сцепных свойств поверхности. Есть два основных метода борьбы со скользкостью:

уборка снежно-ледяные отложений, путем очистки покрытия дорог и аэродромов;
обработка поверхности с целью увеличения шероховатости поверхности.

Первый способ удаления снежно-ледяных отложений – механический [1]. Полное удаление производится скальвателем льда, отвалом, металлической щеткой или вручную. Механический способ позволяет создать необходимую шероховатость на снежно-ледяном отложении, обеспечивающую безопасное движение пешеходов и автомобилей. Главными недостатками этого способа являются большое время обработки и частые разрушения верхнего слоя дороги или тротуара из-за невозможности контролировать толщину срезаемого слоя льда или наката.

При химическом способе [2] специальные реагенты распределяются по покрытию и вступают в химическую реакцию со снегом или льдом, образуя соляной раствор, температура замерзания которого ниже температуры замерзания воды. При низких температурах данный способ не эффективен, т.к. сам раствор может замерзнуть. Этот способ применяется в аэропортах для предупреждения образования наледи на поверхности. Реагенты могут быть как жидкими, так и твердыми.

Для того чтобы расширить границы использования реагента как по времени, так и по температуре, используют комбинированные реагенты (обычно твердые реагенты предварительно смачивают перед распределением).

Фрикционный метод широко распространен на дорогах низших категорий по причине низкой стоимости материалов. Действующие нормативные документы запрещают использование фрикционных материалов на аэродромах и дорогах первой и второй категории. Основным фрикционным материалом является песок. В основном применение того или иного материала

определяется наличием местных разработок: мраморной крошки, гранита, отсева горных пород и др. Для улучшения работы этого способа фрикционные материалы перемешивают с химическими реагентами или предварительно нагревают. Этот материал применяется для борьбы со скользкостью на тротуарах, в городских парках, пешеходных зонах, а так же для обработки опасных участков дорог, где другие способы запрещены. Существует еще несколько способов борьбы со скользкостью, их можно объединить в группу теплового воздействия. На аэродромах применяются тепловые и ветровые машины, использующие газоструйный способ борьбы со скользкостью. На этих машинах установлен авиационный двигатель, который создает высокотемпературный воздушный поток направленного действия, разрушающий снежные и ледяные отложения. Использование этих машин на автомобильных дорогах общего пользования не возможно. Инфракрасная обработка основана на способности льда пропускать инфракрасные волны, которые нагревают поверхность дороги или тротуара, разрушая связь между льдом и поверхностью. В дальнейшем лед легко удаляется механическим способом [3].

К сожалению, такой способ не эффективен, когда лед не прозрачный или имеет посторонние включения. Такой способ пытались применять для борьбы со скользкостью на аэродромах Советского Союза в 80-х годах, однако из-за большого расхода авиационного керосина на инфракрасных горелках (750 л/100км), такие машины не получили распространение. А вот для борьбы с наледью, образующейся на фюзеляже и крыльях воздушного судна, этот способ используют до сих пор.

Существуют как передвижные комплексы на автомобильном шасси, так и стационарные. Похожим принципом работы обладает оборудование для борьбы со скользкостью, оснащенное микроволновыми излучателями [4]. Пока этот способ не нашел применения на дорогах и аэродромах, однако работы по изучению микроволн при борьбе со скользкостью ведутся. Главный недостаток этого способа в том, что микроволны разрушают связи в асфальтобетонном покрытии, что приводит к его разрушению. Это позволяет использовать этот способ только на бетонных покрытиях, а также на различного типа мостовых.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гурьянов, Г.А. Новое оборудование для борьбы с зимней скользкостью на автомобильных дорогах / Г.А. Гурьянов, М.В. Дудкин // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2013. – Т. 2. – С. 112-123.
2. Дорожно-строительные машины и комплексы: учебник для вузов/ В.И. Баловнев [и др.]; под общ. ред. В.И. Баловнева. – 2-е изд. доп. и перераб. – М.; Омск: Издво СибАДИ, 2001. – 528с.
3. Патент РФ 2205918 10.06.2003г.
4. Лапочкин, М.С. Исследование процесса микроволнового нагрева различных фаз воды в виде трехслойных структур: теория и эксперимент / М.С. Лапочкин, О.Г. Морозов // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Радиотехнические и инфокоммуникационные системы. – 2011. – № 2. – С. 24-29

УДК 343.346.2

Д.Н. Дубовец, М.Н. Мануйлов, Р.И. Могилянец

*Военный факультет в учреждении образования
«Белорусская государственная академия авиации»*

НАРУШЕНИЯ ПРАВИЛ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ И БЕЗОПАСНОЙ РАБОТЫ ТРАНСПОРТА

Успех в современном бою немислим без наземных средств передвижения. Одно из основных средств, обеспечивающих подвижность войск – автомобильная и специальная техника. Если несколько десятилетий назад автомобили использовались в основном для перевозки личного состава и материальных средств, то в современных условиях автомобили используются как средство

подвижности вооружения и специального оборудования, прочно занимая одно из основных мест в боевом строю. Автомобильная техника в авиации является одним из основных средств, обеспечивающих высокую техническую и оперативную подвижность и боевую готовность авиационных объединений, соединений и частей. Она служит базой для монтажа (установки) вооружения, техники и специального оборудования средств оперативного (боевого) технического и тылового обеспечения и широко используется для перевозки личного состава, подвоза материальных средств и участвует в непосредственной подготовке летательных аппаратов к полетам.

Авиационно-технические части укомплектовываются легковыми, грузовыми автомобилями, автомобильными тягачами, пассажирскими, санитарными автобусами, автоприцепами, топливозаправщиками, маслозаправщиками, воздухозаправщиками, кислородно-зарядными станциями, силовыми электростанциями, аэродромными подвижными электроагрегатами и установками.

Безопасность дорожного движения во многом зависит от состояния транспортного средства. Быть абсолютно уверенным в том, что автомобиль отправляется в дорогу технически исправным, можно только в том случае, если он регулярно проходит технический осмотр. В Вооруженных Силах Республики Беларусь всегда уделялось и уделяется значительное внимание проблемам дорожной безопасности, как на личном транспорте так и на военной автомобильной технике. Большая протяженность автомобильных дорог, огромное количество транспортных средств в стране приводит к большому количеству дорожно-транспортных происшествий, часть из которых, к сожалению, являются последствиями пренебрежения правилами дорожного движения и несоблюдением требований безопасной работы транспорта.

Основными показателями безопасности автомобилей являются:

- устойчивость автомобиля. Обеспечивает движение автомобиля без бокового скольжения, опрокидывания или отклонения от требуемого направления;
- тормозные свойства автомобиля;
- обзорность, т.е. пространство, хорошо видимое с места водителя;
- сигнализация. Определяется эффективностью действия сигнализационного оборудования (указатели поворотов, стоп-сигнал, габаритные фонари, звуковой сигнал, сигнал движения задним ходом).

Дорожное движение является повышенной опасностью и содержит следующие основные угрозы:

1) физическую и имущественную, проявляющиеся в совершении дорожно-транспортных происшествий, приводящих к гибели и травматизму людей, повреждению транспортных средств, грузов, дорожных сооружений, иного имущества;

2) экологическую, проявляющуюся в загрязнении механическими транспортными средствами окружающей среды, повышенном шуме и других факторах, приносящих вред здоровью людей, государству и обществу;

3) социальную, проявляющуюся в преднамеренном нарушении законодательства участниками дорожного движения, их агрессивном и неадекватном поведении на дорогах, недовольстве граждан состоянием дорог и организацией дорожного движения, действиями (бездействием) должностных лиц государственных органов, осуществляющих управление и государственный контроль в области дорожного движения и обеспечения его безопасности;

4) экономическую, проявляющуюся в неоправданных остановках и перепробеге транспортных средств, перерасходе топлива механическими транспортными средствами, задержках на дороге участников дорожного движения.

Обеспечение безопасности движения так же невозможно без учета психологии и физиологии труда водителей. Неспособность водителя воспринять обстановку, приводит к нарушениям Правил дорожного движения, далее к аварийной обстановке и ДТП. Поэтому, для обеспечения компетентности и профессиональной пригодности водителей, задействованных в процессе эксплуатации средств повышенной опасности необходимо: проводить обучение вождению водителей; осуществлять постоянный контроль состояния здоровья человека, соблюдать режим труда и отдыха, проводить инструктаж по мерам безопасности, организовывать мероприятия по совершенствованию навыков вождения и проводить информирование о ДТП.

Согласно действующему законодательству Республики Беларусь, каждый автомобиль, участвующий в дорожном движении, подлежит государственной регистрации с обязательным присвоением регистрационного знака, и должен иметь разрешения на допуск к участию в дорожном движении. Обеспечение безопасности дорожного движения является одной из основных обязанностей должностных лиц организаций, эксплуатирующих транспортные средства.

Немало важным фактором, влияющим на техническое состояние, является стиль вождения автомобиля. Боевая готовность в воинских частях зависит от выучки и мастерства водителей автомобилей. Вождение машин является одним из основных предметов подготовки водителей. Обучение вождению машин осуществляется при доподготовке, при переподготовке и совершенствовании навыков водителей. Обучение практическому вождению в воинских частях планируется штабом и проводится в соответствии с планами боевой подготовки по программе, утвержденной МО РБ. Однако из-за того, что водителями в основном большей половины эксплуатируемых автомобилей в воинской части являются военнослужащие, проходящие срочную военную службу, то каждый год на автомобиле меняется водитель, а это очень сильно сказывается на его дальнейшем состоянии.

Таким образом, в целях предупреждения аварийности соответствующими службами и подразделениями, имеющих на балансе транспортные средства, должна проводиться систематическая работа, направленная на ликвидацию причин, способствующих возникновению дорожно-транспортных происшествий, и в первую очередь ведение, в соответствии с установленным порядком, учета всех дорожно-транспортных происшествий и нарушений транспортной дисциплины, анализ и выявление причин их возникновения, разработка на основе материалов анализа мероприятий по сокращению и предупреждению дорожно-транспортных происшествий, поддержание высокой трудовой и транспортной дисциплины среди водителей, постоянное повышение квалификации водительского состава, мастерства вождения автомобилей, пропаганда правовых знаний среди водителей, привлечение к этой работе сотрудников Госавтоинспекции, используя все средства для пропаганды мероприятий по безопасности дорожного движения и предотвращению правил эксплуатации транспортных средств (лекции, доклады, беседы, наглядные пособия и т.п.).

ЛИТЕРАТУРА

- 1.[Электронный ресурс] Режим доступа
https://www.mpt.gov.by/sites/default/files/transport_2013_0.pdf
- 2.[Электронный ресурс] Режим доступа <https://www.tyuiu.ru/wp-content/uploads/2015/08/Organizatsiya-i-bezopasnost-dorozhnogo-dvizheniya.pdf>

УДК 638.5.06

М.В. Гут, И.И. Шикун

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

НЕОБХОДИМОСТЬ ОБСЛЕДОВАНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ПОКРЫТИЙ ЛЕТНОГО ПОЛЯ

Главное назначение контроля состояния искусственных покрытий летного поля аэродромов заключается в повышении эффективности поддержания их эксплуатационно-технического состояния на должном уровне в течение заданного или определенного по опыту эксплуатации периода времени [1]. Комплексное обследование искусственных покрытий взлетно-посадочных полос и прилегающей территории — важнейшая составная часть обследования аэродромов.

Основными причинами сокращения сроков службы аэродромных покрытий являются [2]:

- изменение гидрологической ситуации;
- низкое качество покрытий;
- эксплуатационные перегрузки;

недостаточная эффективность устаревших технологий содержания аэродромных покрытий;
неграмотное использование противогололедных реагентов;
воздействие тепловых машин на покрытие в зимний период.

Основным средством для проведения измерений является передвижная многопрофильная лаборатория, оснащенная следующим оборудованием [3]:

видео съёмочным комплексом с цифровой записью;
системой позиционирования навигационной системы на базе гироскопов;
ультразвуковым профилометром;
лазерным сканером;
георадаром.

При ознакомлении с дефектовочными планами покрытий выделяют участки, имеющие максимальное количество дефектов. Обследование по таким участкам может быть расширено с учетом их значимости для аэродрома. Как правило, обследование включает в себя несколько этапов.

Прежде всего это оценка, классификация, распознавание дефектов, определение сигнальной оценки состояния покрытий, которые выполняются по данным многолетних дефектовочных планов по участкам с построением графиков изменения состояния покрытий во времени.

Затем проводится геофизическое обследование основания ИВПП с выявлением зон переувлажнения, неоднородностей, участков нарушенного (переработанного) грунта, расположения арматуры, кабелей, труб. Далее на таких участках бурятся скважины необходимой глубины и берутся образцы материалов для испытаний.

Следующий этап — определение физико-механических свойств материалов аэродромного покрытия и грунтов основания по результатам кернения, которое осуществляется в лаборатории. Также анализируются свойства местных строительных материалов для рассмотрения возможности их применения при последующих строительных работах.

Необходима также оценка работы водосточно-дренажной системы, производимая путем изучения проходимости водопропускных труб, в том числе с использованием видеокамер, установленных на передвижных машинах-роботах, определения водопритока в смотровых колодцах, наблюдений за состоянием летного поля в период осадков.

Важнейшее значение имеет оценка продольного и поперечного профиля ИВПП, оценка ровности покрытий по СНБ 3.03.03 - 97 «Аэродромы».

Для определения возможной перегрузки конструкции эксплуатируемыми воздушными судами необходим расчет несущей способности аэродромного покрытия.

Построенные в 70-80-е годы прошлого века покрытия ИВПП устарели и не соответствуют нагрузкам от современных воздушных судов, происходят процессы ускоренного их разрушения. На многих аэродромах государственной авиации на покрытия из плит ПАГ-14 принимаются тяжелые воздушные суда, в том числе Ил-76. Ограничения по массе воздушных судов носят искусственный характер и не решают проблем эксплуатации. Представляется необходимым в таких случаях предусматривать слои усиления покрытий, особенно на центральных рядах плит. Кроме того, необходимы дополнительные расчеты (скорости распространения трещин, долговечности покрытия, шага компенсационных швов, определение параметров камеры швов), а также определение причин образования дефектов аэродромного покрытия и построение математической модели его износа.

Полученные результаты являются основанием для прогноза состояния покрытия, назначения ремонтно-восстановительных работ, индивидуальной для каждого аэродрома. [4]

Выбор правильных работ обеспечивает техническое обеспечение аэродрома на перспективу.

Выполнение комплексного обследования аэродромных покрытий позволяет разработать последующие проектные решения на современном уровне, повысить их эффективность и обоснованность.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Постановление Министерства транспорта и коммуникаций Республики Беларусь от 9 октября 2013 г. № 36 «Об утверждении авиационных правил "Оценка соответствия аэродромов гражданской авиации Республики Беларусь сертификационным требованиям»
2. Современные методы ремонта аэродромных покрытий. Учебное пособие / Т.П. Лещицкая.– Москва, 1999
3. Журнал «Гражданская Авиация». – 2010. – № 9-10 (796-797).
4. Степушин, А.П., Оценка эксплуатационно-технического состояния аэродромных покрытий / А.П. Степушин, – М.: МАДИ (ГТУ), 2008 – 287 с.

УДК 629.7.064.53

А.А. Данилов, М.Н. Мануйлов

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ ГЕНЕРАТОРЫ ПРИ ВОЗНИКНОВЕНИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ НА ВОЕННЫХ АЭРОДРОМАХ

При возникновении чрезвычайных ситуаций на военных аэродромах электрические сооружения и сети могут получить различные разрушения и повреждения. Их наиболее уязвимыми частями являются наземные сооружения (электростанции, подстанции, трансформаторные станции), воздушные линии электропередач и автопарки. Для сохранения работоспособности системы электроснабжения аэродромов целесообразно использовать автономные аварийные источники электрической энергии для питания наиболее важных военных объектов.

Особенностью использования таких энергоустановок при возникновении чрезвычайных ситуаций на аэродромах является необходимость работы в условиях возникновения пожаров и взрывов, высокого загрязнения окружающей среды, что значительно затрудняет проведение аварийноспасательных и восстановительных работ.

В настоящее время на аэродромах в качестве автономных источников электроэнергии используются дизель-генераторные установки, преобразующие механическую энергию двигателей внутреннего сгорания в электрическую в генераторах тока. Однако данные мобильные средства имеют высокие массогабаритные параметры, высокий уровень шума, требуют больших эксплуатационных затрат на обслуживание в процессе работы и при хранении, большое время для выхода на рабочий режим. Поэтому вопрос об использовании автономного источника энергии, исключающего указанные недостатки остается актуальным.

В работах указывается на целесообразность использования электрохимических генераторов (ЭХГ) на топливных элементах на средствах энергоснабжения авиации. В них используется прямое преобразование химической энергии в электрическую, отсутствуют трущиеся детали, они экологически чисты, экономически перспективны. Они легче и занимают меньший объем, чем традиционные источники, бесшумны, меньше нагреваются, более эффективны с точки зрения преобразования топлива. Данный источник целесообразно применять для обеспечения электроэнергией важных военных объектов на аэродроме в случае чрезвычайных ситуаций, а также питания оборудования спасательных средств. Такой источник способен к блочно-модульной конструкции, имеет невысокие массо-габаритные параметры, что позволит ему размещаться в контейнерах любой формы и 246 перевозиться его вертолетами МЧС в зону возникновения чрезвычайных ситуаций.

Основным требованием при выборе типа топливного элемента для энергетических установок, работающих в условиях чрезвычайных ситуаций на военных аэродромах являются надежность, радиационная стойкость, долговечность работы, быстрое время ввода в эксплуатацию и выхода на режим. Всем этим требованиям удовлетворяют ЭХГ на топливных элементах.

Однако, последнему требованию наиболее всего удовлетворяют низкотемпературные топливные элементы (ТЭ), работающие при комнатной температуре, тем самым не требующие

длительного времени для выхода на рабочий режим и дополнительных затрат на разогрев электролита. К ним относятся щелочные и твердополимерные ТЭ.

В щелочных ТЭ в качестве реагентов используются чистый водород и кислород. В качестве электролита используются щелочные растворы, капиллярные мембраны, пропитанные КОН, и ионообменные мембраны катионного типа. Щелочные растворы обладают высокой электрической проводимостью, в элементах можно использовать относительно недорогие конструкционные материалы. Однако недостатком щелочных электролитов является их карбонизация углекислым газом. В последнее время проводятся работы по улучшению параметров щелочных ТЭ и по созданию энергоустановок на их основе, работающих на недорогом топливе и воздухе.

В твердополимерных ТЭ электролитом служит ионообменная мембрана, обладающая проводимостью по ионам водорода. Так как электролит имеет кислотный характер, то в данном типе ТЭ возможно применение воздуха и технического водорода, что позволит снизить стоимость и упростить конструкцию всей энергоустановки. Однако при эксплуатации твердополимерных ТЭ возможно отравление катализатора монооксидом углерода, который может присутствовать в анодных газах после конверсии топлива. К тому же проблемным вопросом остается регулирование влажности мембраны, так как при недостатке воды снижается электропроводность мембраны, а при избытке воды ухудшаются характеристики катода.

Повышение скорости электродных реакций без использования дорогостоящих катализаторов можно добиться повышением температуры работы топливного элемента либо использованием высокоактивных реагентов, например гидразина. Повышение температуры требует создания дополнительных разогревающих устройств, что снижает удельные характеристики электрохимического генератора, а использование токсичного гидразина делает установку опасной и повышает ее стоимость.

В твердооксидных топливных элементах удается получить плотность тока $0,5\text{А/см}^2$ при напряжении $0,8\text{ В}$. При создании энергетических установок на топливных элементах при возникновении чрезвычайных ситуаций на военных аэродромах достаточно создать модули, имеющие 20 кВт электрической энергии, а при необходимости потребления больших мощностей – соединять их между собой определенным образом. Так, например, 247 дальнейшее увеличение мощности при постоянном напряжении может быть достигнуто параллельным соединением модулей.

Для непрерывной работы ЭХГ помимо блока топливных элементов необходимы системы хранения, подготовки и подачи топлива и окислителя, системы отвода продуктов реакции и тепла, автоматической системы контроля электрических параметров генератора. Эти системы необходимо рассматривать в совокупности с блоками топливных элементов, так как анализ работы и оптимизация параметров всей энергетической установки возможна при учете взаимного влияния всех компонентов.

Запас реагентов в системе хранения определяется мощностью и временем работы электрохимического генератора между заправками. Масса реагентов зависит от их агрегатного состояния и способа их хранения. Так для хранения газообразных реагентов используются стальные баллоны. Для снижения массы тары целесообразно хранить реагенты в криогенном состоянии либо путем связанного хранения в виде химических соединений. Расчет показывает, что при мощности 20 кВт и времени работы 2 часа потребуется 2 кг водорода и 15 кг кислорода. Для хранения такого количества реагентов потребуется по 2 баллона.

Для спасательного оборудования требуются компактные источники электроэнергии, способные выдавать переменный ток 220 В и постоянный ток 12 В .

Развитие энергоустановки на топливных элементах может иметь структуру, представленную на рисунке 1. Блоки датчиков встроены в ТЭ, с выходов которых электроэнергия поступает на коммутатор, в котором посредством включения и выключения управляемых ключей формируется выходное значение по напряжению для питания постоянным или переменным током. Поддержание электрических параметров постоянного тока в требуемых значениях осуществляется блоком контроля, управления и защиты через коммутатор. Встроенные датчики формируют данные блоку контроля, 248 управления и защиты о текущем состоянии ТЭ, выдают характеристики рабочих параметров топливных элементов.

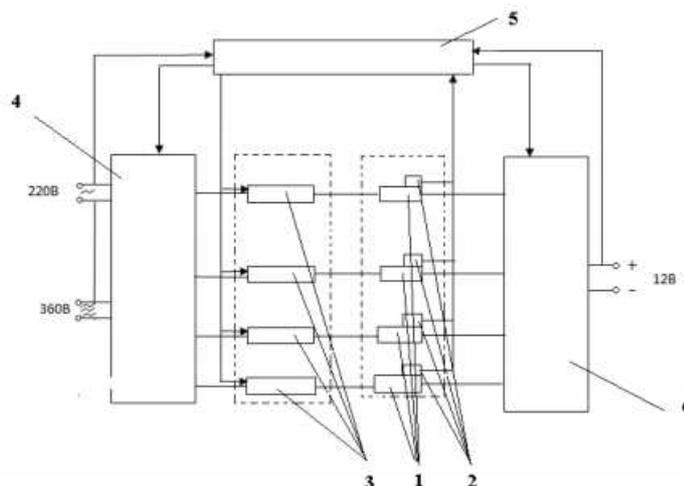


Рисунок 1 – Структурная схема многоуровневой энергетической установки на топливных элементах для питания спасательного оборудования при возникновении чрезвычайных ситуаций
 1 – топливный элемент; 2 – блоки датчиков; 3 – мостовые инверторы; 4,6 – коммутаторы; 5 – блок управления, контроля и защиты

Проведенный анализ показывает, что в качестве аварийного источника энергии в зоне чрезвычайных ситуаций, возможно использовать топливные элементы. Усовершенствование конструкции ТЭ внедрением в их состав микроконтроллера и совместным использованием многоуровневого преобразования позволяет создавать энергетические установки, способные работать в зонах бедствий. Особенностью работы таких энергоустановок является то, что топливные элементы не требуют обслуживания в процессе хранения, ресурс их работы достигает 30-40 тысяч часов, а потребление реагентов происходит только при выработке электрического тока, процесс саморазряда ничтожно мал.

В целях устойчивой работы энергетических установок на топливных элементах в зоне чрезвычайных ситуаций целесообразно использовать автономные системы хранения топлива и окислителя, чтобы исключить попадание пыли и других газов в зону реакции, что приводит к снижению характеристик и потере его работоспособности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кукин, П.П. Безопасность жизнедеятельности. Безопасность технологических процессов и производств (Охрана труда): Учеб. пособ. для вузов / П.П. Кукин, В.Л. Лапин, Е.А. Подгорных и др. – М.: Высш. шк., 1999. – 318 с.
2. Безопасность жизнедеятельности: Учеб. / Под ред. С.В. Белова. – М.: Высш. шк., 1999. – 448 с.
3. Винокуров, С.Д. Топливный элемент – источник электрической 249 энергии на средствах энергоснабжения авиации / С.Д. Винокуров, И.К. Шуклин, В.В. Волков // Матер. V Всерос. науч.-техн. конф. «Проблемы и перспективы развития авиации, наземного транспорта и энергетики АНТЭ2009» (12-13 октября 2009 г.). – Т. 1. – Казань: КГТУ, 2009. – С. 461-466.
4. Винокуров, С.Д. Концептуальный подход к усовершенствованию генераторов средств обеспечения энергией использованием топливных элементов / С.Д. Винокуров, И.К. Шуклин, В.В. Волков // Труды XXIX Всерос. науч.-техн. конф «Проблемы эффективности и безопасности функционирования сложных технических и информационных систем» (24-25 июня 2010 г.). – №3. – Серпухов: СВирВ, 2010. – С. 112-116.
5. Коровин, Н.В. Топливные элементы и электрохимические энергоустановки / Н.В. Коровин. – М.: Изд-во МЭИ, 2005. – 280 с.

НАЗНАЧЕНИЕ ГЕОСИНТЕТИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ В КОНСТРУКЦИЯХ ЗЕМЛЯНОГО ПОЛОТНА

Геосинтетические материалы — класс строительных материалов, производимых из синтетических полимеров или из другого сырья (минерального и др.), включающих группы материалов: геотекстильные материалы (нетканые и тканые), георешетки, геокомпозиты, геооболочки, геомембраны и геоэлементы.

Преимуществами применения конструктивных решений с гео-синтетическими материалами, по сравнению с традиционными конструкциями, являются их низкая чувствительность к присутствующим в грунте в нормальных концентрациях агрессивным веществам, простота в укладке и более низкая стоимость сооружений. В большинстве случаев применение геосинтетических материалов позволяет использовать местный грунт и тем самым избежать замены его более дорогим привозным грунтом.

Наиболее широко применяются нетканые материалы, получаемые непосредственно из волокон полимеров, минуя операцию прядения и ткачества. Свойства нетканых материалов зависят от способа упрочнения холста: механического, термического или химического. Нетканые материалы отличаются невысокой прочностью на растяжение, высокой деформативностью (удлинение при разрыве от 50 до 100%), но хорошей водопроницаемостью.

Тканые материалы имеют упорядоченную структуру в виде двух различным способом взаимно переплетенных систем, что обеспечивает высокую прочность при малых относительных удлинениях при разрыве (не более 20%).

Георешетки состоят из регулярно расположенных открытых ячеек размером более 10 мм, имеют неподвижные узловые точки, благодаря которым достигается лучшее распределение нагрузки между продольными и поперечными элементами.

Армирующий эффект обеспечивается за счет обратного прогиба георешетки вне зоны действия нагрузки. При применении георешетки на границе раздела двух дисперсных материалов, например щебня и песка, достигается повышенное сцепление с нижележащим слоем за счет образования пограничного слоя из щебенки, зацементированных в ячейках георешетки.



Госетки — материалы, также состоящие из открытых ячеек, однако поскольку эти материалы имеют невысокую прочность при достаточно больших относительных удлинениях, они не являются армирующими элементами, а выполняют роль защиты откоса земляного полотна от эрозии.

Геокомпозиты — двух-, трех- и многослойные структуры из плоских материалов, внутри которых помещены жесткий каркас, глина-бентонит или другой наполнитель. Свойства геокомпозита зависят от свойств компонентов и их взаимного расположения.

Объемные (трехмерные) геоматы, геоканасы и габионы с вертикальными стенками, выполненные из плоских элементов с различными способами крепления стенок, в рабочем растянутом состоянии представляют, как правило, сотовую структуру, заполненную грунтом или зернистым материалом. Соты перераспределяют усилия в зернистом материале, за счет чего модуль упругости армированного слоя существенно увеличивается.

Для производства геосинтетических материалов используют различные полимеры: полиэстер (полиэфир), полиамид, полипропилен, полиэтилен и др. Выбор полимера зависит от назначения геосинтетических материалов, выполняемой ими функции: армирования, разделения или дренирования.

Геосинтетические материалы в конструкциях земляного полотна выполняют следующие функции:

- повышают устойчивость откосов земляного полотна от оползания;
- защищают откосы от водной и ветровой эрозии;
- повышают устойчивость земляного полотна на слабых грунтах и способствуют уменьшению осадки слабого основания;
- ускоряют отвод воды из водонасыщенных грунтов.

В настоящее время применяются два подхода к строительству земляного полотна на слабых грунтах, напрямую связанных со сроками устройства монолитных слоев дорожной одежды.

Первый подход — осадочные насыпи «плавающего» типа. В этих конструкциях допускается осадка слабого основания, а устойчивость земляного полотна обеспечивается путем армирования основания геосинтетическими материалами различной прочности и деформативности. Монолитные слои дорожной одежды устраиваются в зависимости от типа дорожной одежды после завершения не менее 80 - 90% от полной осадки.

Второй подход — безосадочные насыпи, устойчивость которых обеспечивается глубинным армированием путем использования дискретных элементов в виде свай из различных материалов, а локализация возможной осадки между ними — гибким ростверком из геосинтетического материала. Монолитные слои дорожной одежды могут устраиваться непосредственно после устройства земляного полотна.

Основными характеристиками, учитываемыми при применении геосинтетических материалов, являются следующие показатели их физико-механических свойств:

- прочность на растяжение при разрыве;
- относительное удлинение при разрыве;
- прочность на продавливание;
- длительная прочность при постоянном нагружении, например, от веса насыпи;
- прирост деформации в процессе строительства и эксплуатации дороги;
- водопроницаемость в направлении, перпендикулярном плоскости полотна;
- химическая и биологическая устойчивость и др.

ЛИТЕРАТУРА

1. СНиП 2.05.02-85. Автомобильные дороги / Госстрой СССР. — М.: ЦИТП Госстроя СССР, 1986.

2. Учебно-методическое пособие к выполнению рефератов по дисциплинам "Инженерная геология" и "Инженерно-строительная карстология" / под ред. Мулюкова Э.И. УГНТУ, 2009. — 29с.

О ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ ДЛЯ ОХРАНЫ ВОЕННЫХ АЭРОДРОМОВ

В статье рассмотрена возможность применения беспилотных летательных аппаратов для охраны военных аэродромов Воздушно-космических сил в качестве технических средств охраны. Введение. В современных условиях особую опасность для объектов Вооруженных Сил представляют несанкционированные действия физических лиц (нарушителей): террористов, диверсантов, преступников, экстремистов. Результаты их действий не предсказуемы: от хищения имущества до создания чрезвычайной ситуации на объекте (пожар, разрушение, затопление, авария, и т.п.). Актуальность. Одной из эффективных мер по обеспечению безопасности данных объектов является применение технических средств охраны (ТСО). Применение ТСО позволяет исключить либо свести к минимуму негативное влияние самого ненадежного звена в системе охраны – человека, которому присущи ограниченные физические возможности, ошибки, преднамеренные несанкционированные действия (саботаж, сговор с преступниками) и т.п. Организация охраны объектов с помощью ТСО значительно надежней и обходится дешевле. Именно поэтому все ведущие страны, уделяют большое внимание созданию ТСО на основе последних научных достижений, информационных и коммуникационных технологий. Технические средства охраны включают: периметровые средства обнаружения – устройства, установленные на периметре охраняемого объекта и предназначенные для подачи сигнала дежурной службе при попытке преодоления (преодолении, вторжении) нарушителем зоны обнаружения; объектовые средства обнаружения – устройства, установленные на периметре охраняемого объекта и предназначенные для подачи сигнала дежурной службе при попытке преодоления (преодолении, вторжении) нарушителем зоны обнаружения; технические средства предупреждения – пассивные и активные устройства, предупреждающие нарушителя о запрете преодоления зоны обнаружения и проникновения на объект (предупредительные, разграничительные и указательные знаки, звуковая и световая сигнализации); технические средства воздействия – активные средства летального (не летального) действия, обеспечивающие воздействие на нарушителя создаваемыми рабочими физическими полями в целях повышения вероятности его перехвата, нейтрализации и затруднения его действий, а также невозможности выполнить поставленную задачу в локальных зонах объекта, на подходах к охраняемым сооружениям (зданиям, конструкциям) и на других участках контроля; аппаратуру сбора и обработки информации; - средства управления (контроля) доступом на объект.

ТСО выполняют свои задачи «на земле», создавая препятствия потенциальным нарушителям непосредственно на объектах и на незначительных прилегающих периметрах. Все они статичны, а их установка, например, на удаленных объектах ограничена возможностями систем электропитания и линий связи. Кроме того, устанавливаемые на объектах технические средства наблюдения по отдельности дают ограниченное изображение контролируемой местности, и для большей площади обзора требуется большее количество видеокамер. Это, в свою очередь, повлечет увеличение числа конечных устройств (мониторов, картинок изображения на мониторах) и потребует включения в состав дежурной смены дополнительных операторов. Как известно, военный аэродром это достаточно большой по площади комплекс специально подготовленных земельных участков, сооружений и оборудования, обеспечивающих работу авиации. Аэродром является одним из важнейших военных объектов и в значительной мере определяет живучесть и боеготовность расположенной на нем авиационной воинской части. Поэтому в ходе любого противостояния следует ожидать применение противником различных средств поражения с целью разрушения (повреждения) взлетно-посадочной полосы, уничтожения самолетов, прочих объектов аэродрома. Как показывает анализ войн и локальных конфликтов,

обеспечение надежной защиты аэродромов является важной и сложной задачей для командира авиационной части. В настоящее время эта задача приобрела еще большее значение и небывалую сложность в связи с появлением такого явления, как диверсионно-террористический акт. Это обстоятельство вызывает необходимость комплексного подхода к обеспечению высокой степени защищенности объектов на аэродромах. Однако существующая система охраны военных аэродромов не всегда позволяет обеспечить стопроцентную защиту от проникновения на аэродромную зону (и в первую очередь – на летное поле) посторонних лиц. Причиной тому являются следующие факторы: 1. Непрерывное патрулирование периметра аэродрома личным составом подразделений охраны с гарантированным обнаружением вероятного нарушителя требует привлечения дополнительного и не малого количества людей, что не вполне целесообразно. 2. Затратность установки по всему периметру аэродрома перекрывающих друг друга технических средств охраны (периметровых ТСО, систем видеонаблюдения) из-за больших протяженности и площади сектора охраны. 3. Трудности в организации эффективного патрулирования вдоль ограждения аэродрома мобильными группами (на специально выделенном для этого транспорте, как это организовано в аэропортах гражданской авиации), вызванные теми же причинами, которые указаны в пункте 1. Одним из способов решения указанных проблем, в развитие уже имеющихся и внедряемых средств видеонаблюдения (стационарных), возможно применение видеодронов – малых беспилотных летательных аппаратов (БЛА), оснащенных следящими камерами высокого разрешения. Это позволит обеспечить видеофиксацией труднодоступные места (что в случае со стационарными средствами пока не в полном объеме получается), а также контролировать третье измерение охраняемого пространства – высоту. Технические возможности микро и мини БЛА позволяют им вести разведку на всю глубину построения охранной зоны. Размер исполнительной зоны, в пределах которой БЛА осуществляет разведывательный полет, зависит от технических особенностей оптической системы, установленной на БЛА, и параметров его полета. Микро БЛА имеют взлетную массу до 5 килограммов, дальность полета до 10 километров, высоту полета до 250 метров. Их можно использовать для охраны складов, хранилищ авиационных средств поражения, позиций подготовки управляемых авиационных средств поражения, стоянок с авиационной техникой, позиций подразделений связи и радиотехнического обеспечения, т.е. сравнительно небольших по площади объектов. У мини БЛА взлетная масса составляет от 5 килограммов и выше, дальность полета до 10 километров, высота полета до 300 метров. Такие беспилотники подойдут для сканирования территорий, прилегающих к летному полю (при отсутствии полетов – обзор самого летного поля) и военному городку, различных подъездных путей, т.е. более протяженных и обширных по площади. Беспилотные летательные аппараты можно встроить в общую систему охраны, и видеoinформация с них будет передаваться в помещение дежурной службы (караульное помещение), как и с наземных камер. Для беспилотника требуется минимальная взлетно-посадочная площадка. При необходимости оператор БЛА может изменить маршрут полета беспилотника и направить его в интересующую его точку, например, при такой экстренной ситуации, как потеря связи с патрульными (часовыми), или в другом чрезвычайном случае. При необходимости беспилотнику можно задать площадь поиска, и он будет с определенным перекрытием «прочесывать» выбранный участок. На борту может располагаться, как камера, снимающая в видимом спектре, так и снимающая в тепловом спектре электромагнитного излучения, что намного расширит возможности аппарата по поиску и засечке точек интереса, особенно в ночное время, улавливая тепло, исходящее от людей, собак, машин или стрельбы. Как один из способов ведения наблюдения, возможно использование «стационарного» беспилотного летательного аппарата, т.е. зависящего от наземного источника энергии и значительно ограниченного по маневру. Беспилотники также могут быть включены в состав контрольноохранных групп. В любом случае возможности караульных помещений или, например, помещений дежурных служб по охране стоянок с авиационной техникой позволят разместить в них необходимую аппаратуру, которая не займет большого места. Там же возможно организовать хранение и ежедневное техническое обслуживание аппаратов, назначенных для дежурства. В качестве автомобиля обеспечения в зоне патрулирования БЛА можно без дополнительного привлечения специально назначенных для этого машин использовать ежедневно назначаемое

транспортное средство караула. Проблемным вопросом может явиться использование охранных беспилотных летательных аппаратов в период проведения полетов, но и этот вопрос можно регламентировать. Как вариант – задействование их в составе наземных поисково-спасательных команд.

Выводы. Таким образом, следует прийти к следующему заключению: 1. Применение БЛА для охраны аэродромов технически и организационно возможно и даже необходимо. 2. Принципы применения БЛА для охраны аэродрома, изложенные в настоящей статье, в полной мере применимы для других родов войск Воздушно-космических сил (позиции зенитных ракетных войск, радиотехнических войск, подразделений Космических войск). 3. В классификацию технических средств охраны, применяемых в Вооруженных Силах, целесообразно включить микро и мини беспилотные летательные аппараты, так как их применение в целях охраны объектов в полной мере соответствует задачам, возлагаемым на ТСО, а именно – повышение надежности охраны и сокращение численности личного состава караула, гарнизонного (суточного) наряда.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гаврилов, Ю.В. Технические средства охраны: учебное пособие / Ю.В. Гаврилов. – М.: 12 Главное управление Министерства обороны Российской Федерации, 2010. – 58 с.
2. Логинов, А.А. Оценка разведывательных возможностей беспилотных летательных аппаратов / А.А. Логинов // Перспективы развития и применения комплексов с беспилотными летательными аппаратами: доклады и статьи ежегодной научно-практической конференции / 924 Государственный центр беспилотной авиации Министерства обороны Российской Федерации. Коломна, 2016. – С. 153–158.
3. Беспилотная авиация: терминология, классификация, современное состояние: Научное издание / В.С. Фетисов [и др.]. – Уфа: Фотон, 2014. – 217 с

УДК 623.74+62.77

И.В. Леденева, А.С. Жоров

ВУНЦ ВВС «Военно-воздушная академия им. проф. Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ СОСТАВОВ ДЛЯ ОЧИСТКИ АГРЕГАТОВ И УЗЛОВ АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ ОТ ЗАГРЯЗНЕНИЙ

В процессе эксплуатации наружные поверхности воздушного судна покрываются различного рода загрязнениями – пылью, минеральными, масляными и жировыми отложениями, остатками горюче-смазочных материалов, окалиной и ржавчиной.

Для современных летательных аппаратов, особенно сверхзвуковых, чистота поверхностей, находящихся в потоке, является непременным условием эффективности эксплуатации. Определить техническое состояние, особенно в условиях ремонта, авиационных конструкций без удаления загрязнений зачастую невозможно. Все существующие методы неразрушающего контроля могут быть эффективно применены только при очищенных поверхностях. Загрязнения могут скрыть трещину, ослабление соединений и другие дефекты. Посторонние частицы в подвижных сочленениях ускоряют процесс изнашивания. Нельзя применить методы восстановления изношенных поверхностей без их очистки. Кроме того, загрязнения способствуют развитию процессов коррозии, так как могут задерживать влагу и коррозионно-агрессивные вещества. Загрязнения зачастую нарушают функционирование многих систем, закупоривая отверстия малых диаметров, уменьшая зазоры в подвижных сочленениях.

Для очистки внешних поверхностей воздушного судна от загрязнений разрабатываются специальные моющие составы, которые должны эффективно справляться с загрязнениями различного происхождения. Кроме того, они не должны оказывать негативного воздействия на лакокрасочное покрытие.

В настоящее время при ремонте и обслуживании авиационной техники с целью удаления различного рода загрязнений применяются следующие моющие средства: «Аэрол», «Вертолин-74», «Диас», «Дегмос» и другие [1]. Основными недостатками указанных составов являются высокая токсичность и взрывопожароопасность, несоответствие экологическим требованиям и высокая трудоемкость выполняемых работ.

Целью нашего исследования являлось разработка новых составов экологичных моющих средств, применение которых позволит повысить эффективность удаления стойких загрязнений с поверхности авиационной техники и снизить затраты на осуществление этого процесса за счет применения более дешевых и нетоксичных компонентов в составе композиции.

Предлагается использовать состав моющей композиции для удаления стойких загрязнений с агрегатов и узлов авиационной техники, который содержит компоненты в следующем массовом соотношении (масс. %) (таблица 1).

Таблица 1 – Состав моющей композиции

Компонент	Доля в растворе, масс. %
Диэтаноламиды жирных кислот растительного масла (ТУ 2433-001-78128876-2015)	18
Спирт этиловый ректификованный (ГОСТ 5962-2013)	25
Трифосфат натрия	3
Вода	остальное

Представленная композиция представляет собой однородную бесцветную прозрачную жидкость (раствор), практически без запаха. Основные характеристики состава, полученные в соответствии со стандартными методикам определения свойств моющих композиций [2, 3], представлены в таблице 2.

Разработанная композиция для удаления стойких загрязнений с поверхности авиационной техники проста в приготовлении. Технология приготовления состава заключается в последовательном смешении при перемешивании всех входящих в него компонентов (в соответствии с таблицей 1).

Композиция имеет слабоосновную реакцию среды ($7,60 \pm 0,05$), что согласуется с ее низкой коррозионной активностью по отношению к металлическим деталям (380 Ом·м). Высокая пенообразующая способность (265 ± 3) состава позволяет удалять стойкие загрязнения с поверхности авиационной техники с минимальным расходом ($0,4-0,8$ л/м²) в достаточно широком диапазоне температур (от минус 20 до +60 °С). В основу состава входят биоразлагаемые производные жирных кислот растительных масел и этиловый спирт, что обеспечивает экологичность его применения.

Таблица 2. Основные характеристики моющей композиции

Характеристика/показатель	Величина показателя
Внешний вид	прозрачный раствор
Запах	практически без запаха
Водородный показатель, рН раствора	$7,60 \pm 0,05$
Пенообразующая способность	265 ± 3
Температура кристаллизации	минус 23,5 °С
Класс опасности	4
Коррозионная активность (Сопротивление, Ом·м)	380 (среда не агрессивна)
Расход, л/м ²	0,4-0,8
Рабочий температурный интервал	от минус 20 до +60 °С

Предлагаются следующие способы применения моющей композиции:

1) Обработка вручную раствором при температуре не ниже минус 20 °С при помощи жесткой щетки.

2) Обработка раствором при температуре не ниже минус 20 °С с использованием стационарной моющей установки или гидропульта.

Экспериментально установлено, что предлагаемый состав эффективно удаляет застарелые загрязнения от нефтепродуктов (масел, смазок), а также ГСМ синтетического происхождения, грязь, пыль, продукты коррозии, не разрушая при этом лакокрасочное покрытие даже при распылении под давлением.

Таким образом, разработан новый технологичный и эффективный состав для удаления стойких загрязнений с поверхности черных и цветных металлов и сплавов, композиционных материалов и других поверхностей. Данная моющая композиция может применяться, в частности, для удаления застарелых загрязнений с поверхности окрашенных и не окрашенных узлов и агрегатов авиационной техники при их ремонте или консервации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Топливо, смазочные материалы и технические жидкости / В.В. Остриков [и др.]; Тамб. гос. техн. ун-т; под общ. ред. В.В. Острикова. – Тамбов, 2008. – 304 с.

2. Оценка коллоидно-химических характеристик моющих композиций на основе бинарной смеси поверхностно-активных веществ / Л.А. Дерзаева [и др.] // Вестник Казанского технологического университета. – 2011. – №6. – С. 24-30.

3. Средства моющие синтетические. Метод определения моющей способности = Synthetic detergents. Method for determination of synthetic detergents capacity : ГОСТ 22567.15-95. – Введ. 01.07.99. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999. – 11 с.

УДК 523.746.5-519:713.82

И.И. Рацкевич, А.С. Люев

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВОЙСТВ ИНФРАКРАСНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ ДЛЯ УДАЛЕНИЯ ЛЬДА С ИСКУССТВЕННОГО ПОКРЫТИЯ АЭРОДРОМА КАК ЭКОНОМИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ

В настоящее время на регламент движения воздушных судов наибольшее влияние оказывает климатический фактор. Совершенствование систем навигации в значительной степени устранило влияние таких климатических явлений как туман, дождь и снег на воздушное сообщение и выполнению плановых полетов военной авиации. Однако борьба с обледенением взлетно-посадочных полос до сих пор остается сложной задачей для аэродромноэксплуатационных подразделений ВВС РФ. Сложность борьбы с гололедными образованиями на аэродромах обусловлена не только высокой трудоемкостью работ, но и ограниченностью существующих технологий в плане их совершенствования для снижения временных и энергетических затрат, повышения качества и надежности выполняемых работ. При более низких температурах, применение противогололедных реагентов неэффективно и остается только один термический способ удаления гололедной пленки и снежно-ледяного наката с покрытия аэродрома с помощью тепловых машин. В настоящее время известно несколько конструкций тепловых машин, имеющих общую принципиальную схему работы и отличающихся главным образом конструктивным оформлением. Все они в качестве рабочего органа имеют турбореактивный двигатель, установленный на специальной тележке. Для соответствующего формирования и направления горячих газов двигателя снабжают специальной насадкой. Горячие газы, обладающее большой скоростью, направляют на тонкий слой льда и расплавляют его. Слой льда большей толщины расплавляются частично и под действием скоростного напора отрываются от поверхности покрытия и отбрасываются в сторону. Несмотря на то, что эти машины довольно широко распространены, они обладают серьезными недостатками, среди которых основными являются: низкий коэффициент полезного использования дорогостоящего авиационного топлива,

вредное воздействие горячей струи газов на искусственное покрытие элементов аэродрома и сравнительно небольшая производительность. Для повышения эффективности процесса удаления гололедных образований с покрытия аэродромов предлагается использовать дополнительные источники инфракрасного излучения. Лед прозрачен для инфракрасных лучей. Поэтому инфракрасное излучение, генерируемое излучателем, свободно проходит через слой льда к граничной поверхности покрытия, которая, будучи непрозрачной, поглощает лучи и нагревается. Тепло от поверхности покрытия в свою очередь передается к пограничному слою льда, что приводит к подплавлению последнего и к полному ослаблению сил, связывающих лед с искусственным покрытием аэродрома. Предлагается следующий способ удаления льда с искусственного покрытия аэродромов: буксирующий автомобиль с автономной энергетической установкой, например, аэродромный подвижный агрегат АПА-80, буксирует тележку с встроенным инфракрасным излучателем, облучающим площадь на ширину, около 3 метров. Следом, при необходимости, движется тепловая машина, с помощью газовой струи, удаляющая остатки льда и воды с прогретого участка покрытия. Источником инфракрасных лучей могут послужить тепловые электронагреватели мощностью 0,6 – 1,2 кВт, керамические стержневые излучатели диаметром 6 – 50 мм, мощностью 1 – 10 кВт, кварцевые трубчатые излучатели и другие средства. Для создания направленного потока инфракрасных лучей рекомендуется применять отражатели параболического, сферического и трапециoidalного типа. Расчеты показали, что инфракрасное воздействие на гололедные образования идет со значительной экономией энергии по сравнению с применяемыми в настоящее время противообледенительными технологиями, основанными на последовательности процессов термического таяния льда и последующего его испарения в виде воды. Экономится дорогостоящее авиационное топливо ТС-1 и существенно уменьшаются временные затраты на подготовку аэродрома к полетам. Внедрение инфракрасной сушки в аэродромные технологии обеспечения полетов в качестве средства борьбы с гололедом наиболее востребовано и экономически целесообразно на аэродромах, где сказывается близость морей и океанов – поставщиков осадков, и действуют продолжительное время низкие температуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ерофеев, А.В. Влияние циклов замораживания-оттаивания на физико-механические характеристики декоративно-защитных плит покрытия на основе древесно-волоконистых плит / А.В. Ерофеев // Проблемы техногенной безопасности и устойчивого развития Дворецкий С.И. Сборник научных статей молодых ученых, аспирантов и студентов. Тамбовский государственный технический университет. Тамбов, 2011. – С. 227-230.
2. Ерофеев, А.В. Влияние циклов замораживания-оттаивания на коэффициент линейного термического расширения декоративных плит / А.В. Ерофеев, В.П. Ярцев // Актуальные инновационные исследования: наука и практика. – 2012. – № 2. – С. 1.
3. Наумов, В.А. Влияние чисел Рейнольдса на поправки к силе Саффмэна, действующей на частицы в слое Куэтта / В.А. Наумов // Синергия. – 2016. – №5. – С. 108-114.
4. Ромасевич, Ю.А. Оптимизация режимов движения мостовых кранов / Ю.А. Ромасевич, В.С. Ловейкин // Синергия. – 2016. – № 2. – С. 73-80.
5. Юрьев, А.Г. Энергетический критерий структурообразования несущих конструкций / А.Г. Юрьев, С.В. Ключев // Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Технические науки. – 2006. – №2. – С. 90 – 91.
6. Юрьев, А.Г. Эволюционные и генетические алгоритмы оптимизации строительных конструкций / А.Г. Юрьев, С.В. Ключев. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2006. – 134 с.

К ВОПРОСУ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВЫПОЛНЕННЫХ РАБОТ НА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКЕ ГОСУДАРСТВЕННОЙ АВИАЦИИ

В настоящее время при организации регламентных работ в технико-эксплуатационной части авиационных полках руководящий инженерно-технический состав использует методики, разработанные в объединениях военно-воздушных сил, изложенные в приказах и директивах командующего ВВС. В них подробно определены основные направления в работе, основные показатели (критерии) и основные мероприятия, направленные на своевременное выполнение регламентных работ и достижение запланированных значений показателей годового плана-графика регламентных работ.

Для проведения анализа и оценки эффективности деятельности любой организации необходимо сформировать информационную базу, как систему количественных показателей, которые выступают критериями грамотных выводов о достоинствах и недостатках функционирования исследуемой организации.

Данные выводы позволяют вскрыть резервы, устранить недостатки и тем самым повысить эффективность деятельности любого объекта, в том числе и технико-эксплуатационных частей (ТЭЧ) авиационных полков.

Как правило, основными показателями для анализа и оценки эффективности организации выступают показатели достигнутых значений результатов [1].

Результаты работы ТЭЧ не могут быть измерены традиционными для оценки эффективности деятельности показателями, поскольку не носят финансового характера.

В связи с этим возникает методическая проблема, связанная с формированием системы показателей для оценки эффективности организации ТЭЧ с учётом специфики её деятельности.

Особенность деятельности исследуемого объекта – ТЭЧ, заключается в осуществлении всех технологических процессов регламента и ремонта авиационной техники, в том числе влияющих на безопасность полётов [2].

Данные процессы строго регламентированы и осуществляются в соответствии с совокупностью нормативно-технической документации, определяющей действия управленческого и технического персонала по отношению к техническим объектам.

В состав ТЭЧ, как объекта управления, входят:

- исполнители работ (инженерно-технический персонал);
- средства труда (контрольно-измерительная аппаратура, средства технического обслуживания и ремонта авиационной техники, инструмент, производственные помещения и т.д.);
- объект труда (авиационная техника).

Важнейшей функцией управления ТЭЧ является контроль, учёт и анализ результатов работы, поскольку с их помощью организуется корректировка управляющего воздействия, что в дальнейшем напрямую влияет на качество эксплуатации и обслуживания авиационной техники (рисунок 1).

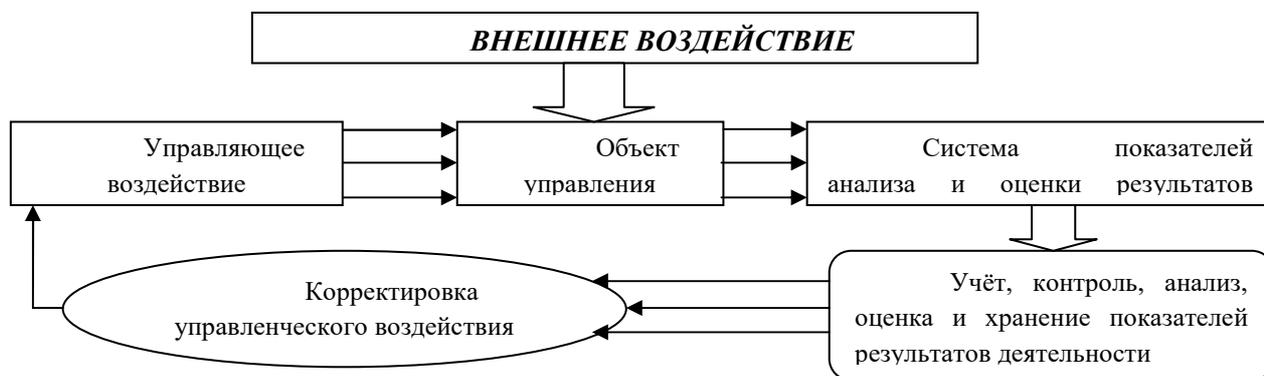


Рисунок 1 – Модель управления деятельностью ТЭЧ

По модели управления (рисунок 1) видно, что для полноценного и качественного управления ТЭЧ необходимо располагать информацией о её состоянии и о результатах деятельности.

В настоящий момент времени оценка результатов деятельности ТЭЧ авиационных полков проводится в ходе итоговых и инспекторских проверок. В отношении боевой авиационной техники данные проверки проводятся в соответствии с Федеральными авиационными правилами инженерно-авиационного обеспечения государственной авиации, приказами и директивами главнокомандующего военно-космическими силами [3].

Оценка проводится по следующим составляющим:

- наличие и правильность ведения документации;
- учёт и состояние материальных ресурсов в группах регламента и ремонта;
- экспертных оценок состояния авиационной техники после выполнения регламентных работ;
- хронометраж выполнения мероприятий при приведении в высшие степени боевой готовности.

Информация формируется в бальной системе оценок «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно» по составляющим элементам проверок.

Такой подход формирования информации о функционировании ТЭЧ, не является достаточным для принятия качественных управленческих решений. Сформированная таким образом информационная база не даёт возможности оценить, как влияют на эффективность работы инженерно-технического состава, такие факторы, как степень напряжённости труда, уровень материально-технического оснащения, степень изношенности материальной базы и т.п.

Кроме того, полученные в ходе проверки оценки не всегда объективны. Так, «низкие» оценки деятельности ИАС могут быть связаны с высоким уровнем износа авиационной техники, отсутствием в достаточном количестве современных технических средств, устаревшей материальной базы. И наоборот, «отличные» оценки не всегда будут свидетельствовать об эффективности работы личного состава, если авиационная часть оснащена новой авиационной техникой и современной материально-технической базой.

Существующий подход оценки деятельности ИАС исключает анализ вклада личного состава в обеспечение боеготовности, вследствие чего затруднена сравнительная оценка работы инженерно-технического состава ТЭЧ одной воинской части с подобными структурными подразделениями других воинских частей.

При этом использование существующих показателей выполнения регламентных работ позволяет оценить только выполнение плана регламентных работ и затраченные при этом ресурсы. Однако эффективность выполненных регламентных работ (качество) необходимо оценивать не только по их выполненному плану, но и по результатам последующей эксплуатации авиационной техники.

Таким образом, для устранения указанных недостатков необходимо разработать новую методику оценки эффективности выполненных регламентных работ на авиационной технике с

учетом последующего облета и пострегламентного периода эксплуатации, разработать новую систему показателей для оценки и анализа эффективности деятельности ТЭЧ, характеризующей основные направления и специфику работы данного структурного подразделения, не изменяя, а дополняя при этом существующую «Единую систему основных показателей», изложенную в Федеральных авиационных правилах инженерно-авиационного обеспечения [4], научному обоснованию показателей качества выполненных регламентных работ и их рекомендованных значений.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравченко, В.Н. Диагностика и оценка эффективности основной деятельности предприятия / В.Н. Кравченко, А.Д. Лысенко // Экономика промышленности. – 2010. – № 4. – С.145-152.

2. Чинючин, Ю.М. Основы технической эксплуатации и ремонта авиационной техники: уч. пособие. Часть I. / Ю.М. Чинючин, И.Ф. Полякова – М.: МГТУ ГА, 2004. – 83с.

3. Федеральные авиационные правила производства полетов государственной авиации. Приложение к приказу Министра обороны РФ от 24 сентября 2004 г. № 275 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://base.garant.ru/187535/> (дата обращения 08.11.2019).

4. Федеральные авиационные правила инженерно-авиационного обеспечения государственной авиации. Книга 1, 3. Зарегистрированы в Министерстве юстиции РФ 18 февраля 2005 г. № 6340 [Электронный ресурс]: Режим доступа: <http://studall.org/all2-8866.html> (дата обращения 08.11.2019).

УДК 624.131.6

И.И. Шикун, М.В. Гут

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

ОЧИСТКА ВОДОСТОЧНО–ДРЕНАЖНОЙ СИСТЕМЫ МЕТОДОМ ПНЕВМОВЗРЫВА И СЖАТЫМ ВОЗДУХОМ

Способ очистки, который предлагается в руководящих документах очень трудоемкий и не эффективный, не позволяющий очистить всю внутреннюю поверхность трубы. Для улучшения качества, упрощения и тем самым ускорение процесса очистки водосточно–дренажной системы предлагаю комплекс пневмоочистки.

Предлагаемый комплекс пневмоочистки может быть выполнен при использовании унифицированной компрессорной станции УКС – 400В – П4, а также при использовании ВЗ – 20 – 350.

Комплект данного оборудования позволяет чистить трубы, как напорные, так и безнапорные из любого материала. Очистка труб может производиться на эстакадах, под землей и действующем цехе. Диаметр очищаемых труб от 100 мм до 1000 мм.

Очищаемые виды отложений: накипь, карбонатные, шлам различной степени прочности, ил, песок, гравий и т.д.

Метод пневмовзрыва основан на воздействии на отложения ударных волн, регенерируемых независимым источником возмущения - пневмогенератора. В основу работы очистки положено кратковременное ударноволновое воздействие импульсной струи сжатого воздуха на очищаемую поверхность. Воздействие осуществляется при помощи пневмогенератора различной конструкции. Пневмогенератор в течение нескольких секунд заполняется сжатым воздухом, а затем за сотые доли секунды выбрасывает этот воздух в виде мощных импульсных струй с рабочим давлением 120 кгс/см². При этом обеспечивается огромный секундный расход воздуха и мощное разрушающее импульсное воздействие на удаляемый слой загрязнения. Многократное воздействие повышает эффективность очистки. [2, 3].

Пневмогенератор движется по трубопроводу автономно при помощи реактивной силы, создаваемой выбрасываемым сжатым воздухом через отверстия, расположенные под определенным углом и срабатывает автоматически через 0,5 секунды. Пневмогенератор движется навстречу потоку жидкости, при помощи которого происходит унос разрушенных отложений рисунок 1.

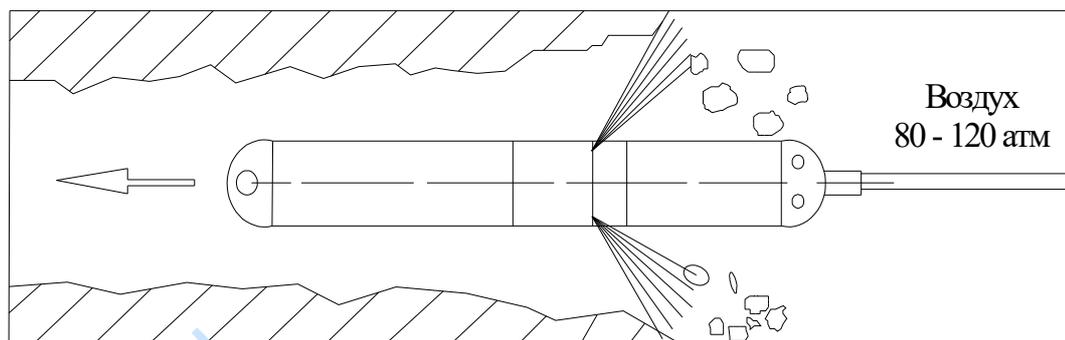


Рисунок 1 – Схема работы пневмогенератора

Для производства работ по очистке используем пневмоимпульсные генераторы моделей ПГ – 0,1/100 и ПГ – 1/150 и другие модели, соответствующие диаметру трубы.

Патроны отличаются по мощности выхлопа и применяются соответственно для трубопроводов различных диаметров. Установки «Пневмовзрыв» предназначены для реализации технологии восстановления пропускной способности трубопроводов различного назначения, очистки каналов, лотков, емкостных сооружений, теплообменных аппаратов, а также дебита грунтовых и артезианских скважин. Выполнение работ по технологии пневмовзрыва осуществляется патронами автоматическими, с использованием сжатого воздуха от компрессорной станции типа УКС – 400В – П4 или ВЗ – 20 – 350. Для подачи сжатого воздуха к пневмопатрону используется рукав высокого давления (РВД) ГОСТ 25452-82, 6286-73, имеющий диаметр наружный (внутренний) 29 (16), 24 (12) мм. Для производства работ используется рукав с номинальным рабочим давлением 25 (250) Мпа (кгс/см²), длина рукава до 150 метров. Метод пневмовзрыва позволяет восстанавливать пропускную способность трубопроводов различного назначения диаметром от 100 до 1000 мм. [1].

Пневмопатрон изображенный на рисунке 2 состоит из ресивера 1, переходника 2, корпуса 4, поршня 3 и фильтра 5. Внутренняя полость ресивера 1 является накопительной емкостью для сжатого газа. Внутри корпуса 4 расположен быстродействующий поршень 3, обеспечивающий работу пневмогенератора. Хвостовая часть корпуса заканчивается штуцером подвода сжатого воздуха. По оси поршня 3 выполнен канал, соединяющий ресивер 1 со штуцером подачи воздуха. Внутри канала находится жиклер, регулирующий скорость заполнения ресивера и, соответственно, частоту сбрасывания пневмогенератора. Выхлопными соплами пневмогенератора являются 12 отверстий диаметром 4 мм в стенке корпуса. В штуцере подачи воздуха устанавливается фильтр 5, которая является фильтром-ловушкой для крупных частиц в потоке рабочего газа. Ресивер 1 и корпус 4 соединяется между собой резьбовым переходником 2. Внутри переходника 2 выполнено отверстие диаметром 16 мм для сброса рабочего газа из ресивера. Уплотнение стыковочных мест корпуса и ресивера осуществляется резиновыми кольцами 8. В ресивере и в корпусе выполнены отверстия диаметром по 9 мм для крепления пневмогенератора.

Пневмогенератор работает следующим образом. Рабочий газ через гибкий трубопровод высокого давления подается от источника через штуцер в корпус пневмогенератора. Под действием давления поршень 3 перемещается вперед, перекрывая выходное отверстие диаметром 16 мм. По каналу внутри поршня сжатый газ поступает в ресивер. По мере заполнения ресивера сила, действующая на поршень со стороны выходного отверстия, увеличивается и в конце концов превосходит силу, действующую на поршень 3 со стороны полости А. В этот момент поршень начинает перемещаться назад, открывая выходное отверстие ресивера. Рабочий газ с большой скоростью вытекает из ресивера и через 12 отверстий диаметром 4 мм из пневмогенератора, воздействуя на обрабатываемую поверхность. После выброса воздуха из ресивера, поршень 3 под

действием продолжающего поступать в полость А рабочего газа вновь перемещается вперед и цикл работы пневмогенератора повторяется.

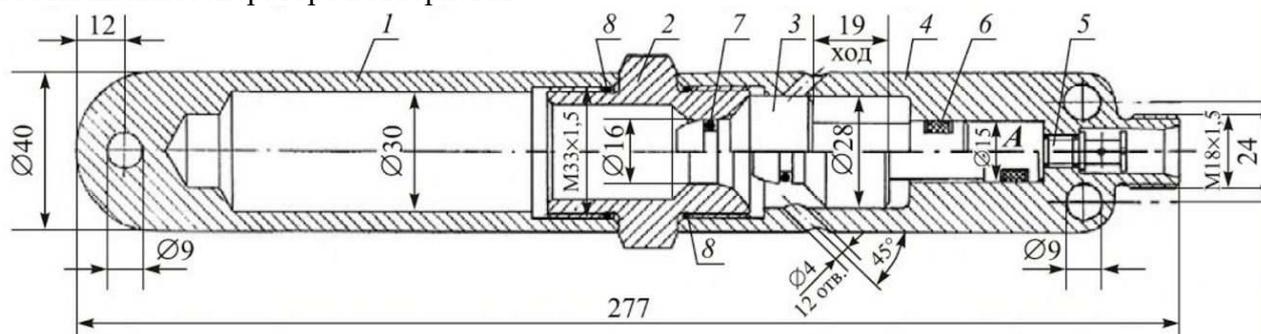


Рисунок 2 – Пневмогенератор для очистки труб ПГ – 0,1/100

Порядок работы с пневмогенератором.

Для обслуживающего персонала порядок работы с пневмогенератором сводится к следующим операциям:

- подключить пневмогенератор к подводящему трубопроводу, предусмотрев установку манометра для контроля давления в трубопроводе;
- открыть запорный вентиль подачи рабочего газа к пневмогенератору и установить рабочее давление в трубопроводе;
- перемещать пневмогенератор вдоль очищаемой поверхности, выполняя операцию очистки;
- следить за работой пневмогенератора и регулировать рабочее давление в трубопроводе.

Порядок очистки трубопровода представлен на технологической карте производства работ по очистке водосточно–дренажной системы.

Пневмогенератор ПГ – 1/150 более мощная модель в отличие от пневмогенератора ПГ – 0,1/100, предназначенный для очистки внутренних стенок трубопровода большего диаметра. [2].

Преимущество технологии:

- Пневмогенераторная система очистки трубопроводов, в отличие от других техник, не нуждается в использовании сложных агрегатов;
- Ее можно применять для трубопроводов различных конфигураций, независимо от места расположения;
- На работу устройства и качество очистки не влияют внутренние дефекты труб;
- Использование данной техники является экологичным;
- Сама система отличается простотой и удобством эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Устройство для очистки внутренней поверхности трубопровода : авторское свидетельство № 1549622 СССР / Л.Г. Слез, Ю.И. Тюрин; опубл. 23.06.87.
2. Пневмоимпульсное устройство для очистки внутренней поверхности трубопроводов : патент № 2113287 РФ / В.И. Звегинцев; опубл. 31.07.96.
3. Абрамович, Г.Н. Теория турбулентных струй / Г.Н. Абрамович – М.: Гос. изд-во физ.-мат. лит.,1960. – 715 с.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ОРНИТОЛОГИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ

Совершенствование орнитологического обеспечения является важнейшей задачей безопасности полетов государственной авиации, которое организует командир авиационной воинской части и осуществляют, в том числе, подразделения инженерно-аэродромного обеспечения [1].

Орнитологические условия – важнейшие элементы воздушной обстановки. Они оказывают существенное влияние на все этапы полета, боевое применение авиации. Именно поэтому анализ, оценка и учет этих условий необходимы на всех этапах организации и проведения полетов.

Орнитологическая обстановка (орнитологические условия) – фактическое распределение, количество, видовой состав и характер поведения птиц в воздухе и на земле. В целях оперативного получения и доведения до руководящего и летного состава данных о фактической орнитологической обстановке в районе аэродрома организуются наблюдения за птицами. Орнитологические наблюдения имеют важное значение в общем комплексе мероприятий, проводимых по орнитологическому обеспечению полетов [2].

Систематические и качественные данные этих наблюдений позволяют накапливать и обобщать статистические данные для составления орнитологических карт-схем, описаний, справочных документов и прогнозирования орнитологической обстановки.

Наблюдения за птицами и их полетами на аэродроме организуются старшим авиационным начальником и осуществляется личным составом дежурных расчетов метеорологических подразделений круглосуточно, попутно с метеорологическими наблюдениями, остальными расчетами в период полетов и экипажами, выполняющими полеты. Они подразделяются на визуальные, радиолокационные и аэровизуальные [1].

На аэродромах визуальные наблюдения являются основным способом сбора информации о численности, поведении и видовом составе птиц. К ним привлекается личный состав метеорологических подразделений, ДПРМ, БПРМ, стартового наряда и частей тылового обеспечения.

Орнитологические наблюдения с помощью радиолокационных средств имеют ряд существенных преимуществ перед визуальными наблюдениями с земли и воздуха. Они позволяют производить наблюдения за летящими птицами на значительной территории в светлое и темное время суток, в визуальных и приборных метеорологических условиях. Радиолокационные орнитологические наблюдения проводятся одновременно с РПП и в течении всего периода полетов. Воздушная разведка орнитологической обстановки проводится совместно с воздушной разведкой погоды и в течении всего периода полетов. При выполнении разведки орнитологической обстановки определяются местоположения стай птиц, высота и направление их полета.

Весной и осенью мигрирующие птицы летят по строго определенным исторически сложившимся маршрутам. Иногда мигранты вынужденно меняют направления маршрутов, избегая пересечения циклонов, атмосферных фронтов, связанных с ними опасных явлений погоды [3].

Нами проведен анализ орнитологической обстановки аэродрома БАРАНОВИЧИ.

Основные трассы пролета миграционных птиц над территорией базирования в весенний и осенний период проходят западней аэродрома 5-10 км вдоль поймы р. Мышанка и восточнее аэродрома 15-20 км вдоль поймы р. Щара.

Основное место кормежки миграционных птиц (гусей,) расположено северо-восточнее аэродрома 13-15 км. Основное направление полета птиц наблюдается с юга и юго-запада на север, северо-восток и восток.

Во время осенней миграции наблюдаются отдельные стаи гусей во вторую декаду сентября на высотах 50-100 м в юго-восточном направлении в светлое время суток, визуально.

В результате обследования территории, прилегающей к аэродрому обнаружено, что имеются места, привлекающие птиц, свалки мусора, хозяйственные постройки в районе птицефабрики Русино, что обуславливает перелет местных птиц в районе между БПРМ-224° и ДПРМ-224° мелкими и крупными стаями на высоте 50-100 м. Наблюдается наибольшая активность перелетов врановых на утренние часы, когда птицы летят на места кормежки с места ночевки. Перелет в это время носит четко выраженный, упорядоченный характер. широким фронтом. Как в визуальных, так и приборных метеорологических условиях. Вечерние перелеты врановых и других видов птиц на места ночевки начинаются за 1,5-2 часа до наступления темноты и заканчиваются через 10-20 минут после ее наступления.

При ветре 10-12 м/с все перелеты проходят на высотах 5-15 м в большинстве случаев одиночно или размытыми стаями. Перелеты воробьиных носили повсеместно неупорядоченный характер в течение светлого времени на высотах от земли до высоты 50 м небольшими стаями до 10-20 штук.

Имеются отдельные гнездования птиц в лесных насаждениях. Основные места гнездования расположены в районах: военного городка, железнодорожного вокзала «Полесский», пос. Восточный и нефтебазы.

Исходя из результатов анализа орнитологической обстановки, можно выделить следующие основные факторы, благоприятствующие повышенной концентрации птиц в районе аэродрома:

наличие травянистой растительности, которой птицы в течение весны, лета и осени находят различный корм и относительно спокойное и безопасное место для отдыха;

расположение вблизи аэродрома земельных участков, фруктовых садов, свалок пищевых отходов и других объектов, привлекающих птиц на кормежку;

расположение вокруг аэродрома лесов, водоемов, болот и селений, где могут быть гнездовья различных птиц, которые, совершают полеты в поисках пищи и на ночевку, в течение дня несколько раз пересекают ВВП или курс взлета и посадки самолетов.

В целях обеспечения безопасности полетов в орнитологическом отношении нештатной орнитологической комиссией воинской части планируются мероприятия по предупреждению столкновений самолетов с птицами и устранения факторов их привлечения:

уход за территорией аэродрома;

устранение условия для гнездования, корма, отдыха и скопления птиц на аэродроме, а также по курсам влета и посадки самолетов;

ремонт и установка на аэродроме средств отпугивания птиц (чучел);

скашивание травяного покрова;

применение во время полетов средств технического отпугивания птиц;

перенастройка отпугивателя акустического «Коршун» с учетом начала миграции птиц;

ограничение и исключение засева подсобными хозяйствами сельскохозяйственных культур вблизи аэродрома, привлекающих птиц;

профилактика и уничтожение насекомых, грызунов общеразрешенными ядами, в полосе 50 м по обе стороны вдоль ВПП;

специальные орнитологические обследования аэродрома;

ежечасные визуальные орнитологические наблюдения;

радиолокационные наблюдения штатными РЛС в период полетов;

сбор и анализ данных о наличии и особенностях обитания птиц;

анализ организации и проведения радиолокационных и визуальных наблюдений за птицами на аэродроме и устанавливались зоны и секторы для этих наблюдений.

В заключение необходимо отметить, что проблема орнитологического обеспечения безопасности полетов является комплексной проблемой, которая зависит от условий окружающей среды, климата, экологической обстановки и множества других факторов. Ее решение зависит не только от четкой организации проведения необходимых мероприятий на аэродроме, но и от грамотных действий авиационных командиров, руководителей полетов и летного состава подразделений инженерно-аэродромного обеспечения.

Однако, вышеуказанные мероприятия не решают в полном объеме проблему обеспечения спокойной орнитологической обстановки в районе аэродрома БАРАНОВИЧИ.

Таким образом, в результате проведения спланированных исследований, будут предложены организационно-технические мероприятия по совершенствованию орнитологического обеспечения полетов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Авиационные правила метеорологического обеспечения государственной авиации Республики Беларусь: утв. постановлением Министерства обороны Республики Беларусь, 30.11.2004, № 73. – Минск, 2004. – 35 с.

2. Кухта, А.Е. Концептуальные подходы к орнитологическому обеспечению безопасности полетов воздушных судов / А.Е. Кухта, Н.П. Большакова, А.В. Мацюра // Вестник Тувинского государственного университета. – 2017. – № 8. – С. 96–105.

3. Баранов, А.М. Авиационная метеорология: учебник / А. М. Баранов, С. В. Салонин. – Ленинград : Гидрометеорологическое издательство, 1981 – 321 с.: ил.

5 СЕКЦИЯ АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВУЗОВСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ. ИННОВАЦИИ В ОБРАЗОВАНИИ

УДК 355.23

А.А. Ежов, М.Ю. Коваль, В.В. Лесков

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

К ВОПРОСУ ПРИМЕНЕНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ РЕСУРСОВ

Развитие современного образования невозможно без применения современных технологий, одной из которых является мультимедиа, включающая в себя, в частности, интерактивную доску и мультимедийный проектор, и представляющая совокупность информационно-коммуникационных средств для работы с информацией. В соответствии пунктом 4.2.2. ФГОС по специальности 25.05.01 Техническая эксплуатация и восстановление боевых летательных аппаратов и двигателей (уровень специалитета), утвержденным приказом Министерством образования и науки Российской Федерации от 24 апреля 2018 г. № 310 (ФГОС поколения 3++): «Каждый обучающийся в течение всего периода обучения должен быть обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к ... электронным учебным изданиям указанным в рабочих программах дисциплин» [1].

Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) – одно из наиболее динамично развивающихся направлений авиационной техники во всем мире. В России в последние годы этому вопросу также уделяется самое пристальное внимание. Это связано, в том числе, и с разработкой и применением новых технологий, новых высокопрочных конструкционных материалов в авиастроении. Потребность в переработке электронного учебника с учетом специализации «Применение и техническая эксплуатация беспилотных летательных аппаратов и двигателей» обусловлена необходимостью визуализировать процессы, протекающие в различных конструкционных материалах, применяемых при изготовлении БПЛА, при различных видах воздействия на них: упругая и пластическая деформация, различные виды термической обработки. Современные мультимедийные технологии сочетают в себе вербальную и наглядно-чувственную информацию, что значительно повышает мотивацию обучающихся [2]. Данный фактор обуславливает создание учебных материалов, включающих аудио-, видео, анимационные эффекты.

Основными задачами применения рассматриваемого электронного учебника являются: повышение эффективности доведения учебного материала преподавателем в аудитории; проведение виртуальных экспериментов в рамках лабораторных работ; на практических занятиях – изучение структуры и свойств конкретных образцов материалов, применяющихся при создании как пилотируемой, так и беспилотной военной авиационной техники; контроль усвоения материала обучающимися; самостоятельная работа курсантов.

Переработанный электронный учебник состоит из материалов лекций, мультимедийных презентаций, контрольных тестов, виртуальных лабораторных работ и практических занятий.

Переработка существующего электронного учебника по дисциплине «Авиационное материаловедение» с учетом специфики БлЛА, абсолютно оправдана и в настоящее время выполняется материаловедами кафедры восстановления авиационной техники.

ЛИТЕРАТУРА

1. Приказ Минобрнауки России от 24.04.2018 № 310 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - специалитет по специальности 25.05.01 «Техническая эксплуатация и восстановление боевых летательных аппаратов и двигателей» (зарегистрировано в минюсте России 15.05.2018 n 51115) [электронный ресурс] / консультант плюс. – м., 2021. – режим доступа: [http:// www.consultant.ru](http://www.consultant.ru). – дата доступа: 25.01.2021.

2. Мультимедийные технологии в учебном процессе / Т.В. Вакулук [и др.] // Высшее образование в России. – 2004. – № 2. – С. 101-105.

УДК 372.862

А.Я. Дидюк, Ю.В. Цыплухина

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

ВОЗМОЖНОСТИ КЕЙС-ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ПРЕПОДАВАНИИ ВОЕННО-МЕДИЦИНСКОЙ ПОДГОТОВКИ

Одной из современных образовательных технологий является метод кейс-обучения. Данный метод может быть использован для описания конкретной ситуации (от английского case – случай). Курсантам предлагается осмыслить реальную жизненную ситуацию, описание которой одновременно отражает не только какую-либо практическую проблему, но и актуализирует определенный комплекс знаний, который необходимо усвоить при разрешении данной проблемы.

Отличие кейса от ситуационной задачи, прежде всего состоит в том, что кейс всегда разрабатывается и используется для достижения конкретной цели обучения, отработки конкретного навыка. А ситуационная задача, как правило, является простым описанием того, что произошло, без постановки конкретной цели обучения [1].

Основное преимущество кейс-метода состоит в том, что он ориентирован на формулирование вопроса «каким способом достичь результат?», а другие методы, зачастую предлагают конкретные решения. Курсанты могут участвовать в анализе, в подготовке и принятии решений еще до того, как будут сформулированы соответствующие решения. То есть она сами могут являться разработчиками.

Самый эффективный путь обучения состоит в том, чтобы учиться на собственном опыте: фактически находиться в реальной ситуации, почувствовать на себе тяжесть реальных проблем и груз ответственности за их решение, проводить анализ влияющих факторов, вырабатывать и принимать решения, сталкиваться с последствиями этих решений, анализировать их и учиться на собственных ошибках. Ничто и никогда не заменит обучение на основе опыта.

Кейс-метод отличается от традиционных форм обучения (в виде лекций, практических и семинарских занятий), на которых курсанты получают систематизированные знания и навыки их применения. Цели кейс-метода гораздо шире и амбициознее, нежели просто представление информации, данных или описания, которые могут использоваться для того, чтобы продемонстрировать применение определенных методов или правил (например, применение принципов бухгалтерского учета, экономико-математических методов и др.) [2].

В Российской Федерации в рамках Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования во всех военных ВУЗах преподается дисциплина «Медицинская подготовка». Основной целью дисциплины является освоение курсантами навыков оказания первой помощи при ранениях, травмах, отравлениях, острых заболеваниях, несчастных случаях и катастрофах. Значительное внимание при преподавании дисциплины «Медицинская подготовка» отдается отработке практических навыков оказания первой помощи. Так, в ВУНЦ ВВС «ВВА им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» в г. Воронеж обучение курсантов осуществляется с применением учебных симуляторов, тренажеров, что позволяет значительно расширить круг применяемых образовательных технологий и повысить интерес обучающихся к занятиям военно-медицинской подготовкой.

Применение тренажеров, а также силиконовых накладок-имитаторов боевых поражений при отработке навыков первой помощи, позволяет разрабатывать обучающие кейсы при преподавании дисциплины «Медицинская подготовка».

Являясь интерактивным методом обучения, метод «кейс-обучения» завоевывает позитивное отношение среди курсантов. Данный метод позволяет проявить себя, свои знания, навыки, проявить инициативу, творчество. Метод развивает самостоятельность в принятии решений, позволяет проявить лидерские качества.

Действия в кейсе либо даются в описании, и тогда требуется их осмыслить (последствия, эффективность), либо они должны быть предложены в качестве способа разрешения проблемы. Но в любом случае выработка модели практического действия представляется эффективным средством формирования профессиональных качеств обучаемых.

В таблице 1 приводятся возможности интеграции разных методов при организации работы с кейсом.

Таблица 1- Возможности интеграции разных методов при организации работы с кейсом

Метод	Характеристика роли
Моделирование	Построение модели ситуации
Системный анализ	Системное представление и анализ ситуации
Мысленный эксперимент	Способ получения знания о ситуации посредством ее мысленного преобразования
Методы описания	Создание описания ситуации
Проблемный метод	Представление проблемы, лежащей в основе ситуации

В научной литературе можно встретить различные классификации кейсов. Кейсы разрабатываются для достижения определенных целей. В зависимости от целей различают два основных вида кейсов: учебные и исследовательские [3].

Учебный кейс представляет собой детальное описание реальной ситуации, которые имели место в прошлом. Он предназначен для обсуждения курсантами в ходе изучения ими определенной темы, содержит необходимое и достаточное количество информации, используемой для достижения целей обучения. Примером подобного кейса при преподавании «Медицинской подготовки» могут быть реальные чрезвычайные ситуации, военные конфликты.

Учебный кейс представляет собой специально подготовленный учебный материал, который содержит структурированное описание ранения, его симптомов, реальной ситуации его получения, которые были заимствованы из реальных историй. Описываемая в кейсе история имела место в прошлом, поэтому описание в кейсе должно быть представлено в прошедшем времени, охватывать определенный период. Это могут быть широко известные факты, например,

обморожение ног летчиком А.П. Маресьевым во время Великой отечественной войны, а может факт будет заимствован из художественных фильмов.

Применение исследовательского кейса позволяет теоретически разработать пути решения заданной проблемы. Исследовательский кейс разрабатывается для определения модели поведения, которая позволит добиться решения проблемной ситуации.

Таблица 2- Сравнительная характеристика учебных и исследовательских кейсов

Параметры сравнения	Виды кейсов	
	I Учебный кейс	II Исследовательский кейс
1. Цель	Обучение: формирование компетенций	Исследование: изучение явления/процесса, выявление закономерностей сопровождается разработкой гипотез, которые подтверждаются/опровергаются в ходе исследования
2. Концепция/теория	Предполагается изначально (для освоения)	Уточняется /развивается в ходе исследования
3. Источники информации	Первичные и/или вторичные	Преимущественно первичные
4. Дополнительная информация	Содержится в приложениях	Собирается с целью последующей обработки
5. Этап принятия решения	Предполагается изначально и должен быть завершен к определенному сроку	Не включается
6. Характеристика обстоятельств	Раскрывается в содержании кейса	Собирается и изучается в ходе исследования
7. Мнения автора кейса	Не включается	Включается (как результат) исследования
8. Раздел «Методические указания для преподавателя»	Разрабатывается: Включает в себя: 1) аннотация кейса; 2) цели обучения; 3) педагогические методы; 4) анализ кейса; 5) вопросы к кейсу ответы; 6) учебный план; 7) выводы	Не разрабатывается
9. Область применения	Узкая (в рамках учебной дисциплины)	Широкая (в области теории и практики)

Опыт написания учебных кейсов и практического использования в учебном процессе будет, несомненно, полезен начинающим преподавателям с целью активизации познавательной деятельности курсантов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Долгоруков, А.М. Метод case-stadu как современная технология профессионально-ориентированного обучения / А.М. Долгоруков // Высшая школа экономики. – 2010. Электронный ресурс: www.evolkov.net/case/casestadu.html
2. Масалков, И.К., Стратегия кейс-стади: Методология исследования и преподавания: учебник для вузов / И.К. Масалков, М.В. Семина — М.: Академический Проект; Альма Матер, 2011. – 443 с.
3. Полат, Е.С. Современные педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Е.С. Полат, М.Ю. Бухаркина. – 3-е изд., стер. – М.: Академия, 2018. – С. 179-188.

УДК 355.13

А.В. Столяров, Н.Ю. Лыков, Ю.А. Кругов

ВУНЦ ВВС «ВВА имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»

СУЩНОСТЬ ПОНЯТИЯ «МОТИВАЦИЯ»

Проведенный анализ научной литературы показал, что вопросами мотивации личности уже довольно долгое время занимаются ученые и исследователи всего мира, и соответственно имеется огромное количество различных научных трудов как отечественных (Рубинштейн С.Л., Леонтьев А.Н., Асеев В.Г., Ильин Е.П. и др.), так и зарубежных ученых и исследователей (Маслоу, Х. Хекхаузен и др.). Основной причиной этого является влияние мотивации на успешность личности.

Впервые слово «мотивация» употребил Артур Шопенгауэр в статье «Четыре принципа достаточной причины» [1].

Термин «мотивация» происходит от латинского «*movere*», первоначально понимаемого как побуждение к действию. В настоящее время данный термин получил широкое распространение и рассматривается (изучается) в различных сферах научного познания (психологии, педагогике, медицине, криминологии, менеджменте и др.). Так наиболее часто под «мотивацией» понимается:

В психологии:

- внутренний механизм, который организует и направляет деятельность человека [2];
- совокупность не только мотивов, но и других побуждений, как осознаваемых, так и не осознаваемых, включающая как биологические, так и социальные детерминанты [3];
- процесс формирования мотива [1];
- опосредствованная процессом отражения субъективная детерминация поведения человека миром;
- побуждение, вызывающее активность организма и определяющее ее направленность [4];

В педагогике:

- это сторона субъективного мира ученика, она определяется его собственными побуждениями и пристрастиями, осознаваемыми им потребностями ;
- общее название для процессов, методов, средств побуждения учащихся к продуктивной познавательной деятельности, активному освоению содержания образования [5];
- вся совокупность стойких мотивов, побуждений, определяющих содержание, направленность и характер деятельности личности, ее поведения;
- общее название для процессов, методов и средств побуждения учащихся к продуктивной познавательной деятельности, активному освоению содержания образования [6];

В медицине:

- субъективно окрашенное состояние, возникающие на основе активации мозговых структур, побуждающих высших животных и человека к совершению действий, направленных на удовлетворение собственных потребностей [6];

- протекание центральных процессов активизирующих направленность деятельности организма на поиск удовлетворения или избегания неблагоприятных ситуаций [7].

В криминологии:

- метод самоуправляемости личности через систему устойчивых побуждений, т.е. через мотивы;

- процесс формирования мотива поведения [1];

- одна из форм бытия нравственных и правовых норм, способ реализации их как регуляторов человеческого поведения, а также метод самоуправляемости личности через систему устойчивых побуждений, т.е. через мотивы [8];

- совокупность мотивов, как сложная и противоречивая, изменчивая динамическая система, как комплекс мотивов (реже один мотив), который как побуждение, предметно актуализированное на достижение определенных целей посредством совершения конкретных действий (бездействия), выступает причиной поведения лица [1];

- процесс определения личностью характера и направленности поведения, процесс формирования его мотива. Мотив же является результатом этого процесса [8].

В менеджменте:

- процесс удовлетворения работниками своих потребностей и ожиданий в выбранной ими работе, осуществляемый в результате реализации их целей, согласованных с целями и задачами предприятия, и одновременно с этим это комплекс мер, применяемых со стороны субъекта управления для повышения эффективности труда работников [9];

- состояние личности, определяющее степень активности и направленности действий человека в конкретной;

- побуждение к интенсивной деятельности личностей, коллективов, групп, связанное со стремлением удовлетворить конкретные потребности [10].

Таким образом видно, что единого общепризнанного определения понятию мотивация нет, поэтому по нашему мнению, мотивация – это активная или пассивная деятельность личности в тот или иной промежуток времени (в том или ином месте), при воздействии на нее внешних или внутренних факторов.

Мотивация курсантов в военном вузе – это активная или пассивная деятельность курсантов, в процессе повседневной деятельности в военном вузе, направленная на формирование в них компетентного военного специалиста отвечающего современным требованиям.

Проведенный анализ научной и педагогической литературы показал, что существуют следующие виды мотивации:

1. Внутренняя и внешняя мотивация.
2. Положительная и отрицательная мотивация.
3. Устойчивая и неустойчивая мотивация.

Внутренняя и внешняя мотивация

Внешняя мотивация (экстринсивная) – это мотивация, которая не связана с содержанием какой-то деятельности, а обусловлена внешними для человека обстоятельствами (участие в соревнованиях, чтобы получить награду, пример поступка другого человека и т.п.) [11].

Внутренняя мотивация (интринсивная) – это мотивация, связанная с содержанием деятельности, но не с внешними обстоятельствами. Т.е. данная мотивация имеет какие-то внутренние причины, исходящие из жизненных ценностей: целей, потребностей, желаний и т.п. (занятия спортом, потому что это доставляет положительные эмоции т.п.).

Особенности:

1. Внешняя мотивация направлена на количество, а внутренняя - качество выполняемой работы.

2. Внешняя при достижении поставленной задачи перестает мотивировать, а внутренняя - еще больше активизируется.

3. Интринсивная мотивация является более сильным стимулом, чем экстринсивная.

4. При обретении уверенности в себе внутренняя мотивация возрастает.

Положительная и отрицательная мотивация

Положительная мотивация - это стремление добиться успеха в своей деятельности. Она обычно предполагает проявление сознательной активности и связана определенным образом с проявлением положительных эмоций и чувств (одобрение тех, с кем трудится данный человек, предвкушение какой-либо выгоды для него и т.п.). Такая мотивация играет важную роль в достижении высоких результатов, повышает эффективность выполнения того или иного вида деятельности в работе, учебе и т.п. [12].

К отрицательной мотивации относится все то, что связано с применением осуждения, неодобрения, что влечет за собой, как правило, наказание (если я буду хорошо себя вести - меня не накажут», если я выполню домашнее задание, то меня не накажут и т.п.). Боязнь наказания приводит обычно к возникновению отрицательных эмоций и чувств. А следствием этого является нежелание (потеря интереса) выполнять те или иные действия в данной сфере.

Устойчивая и неустойчивая мотивация

Устойчивая мотивация основана на нуждах человека и не требует дополнительного подкрепления (утоление жажды, голода, потребность сна, потребность в общении и т.п.) [11].

Неустойчивая мотивация - это мотивация, которая требует постоянной внешней поддержки (бросить курить, сбросить вес и т.п.).

Таким образом видно, что на эффективность деятельности человека может оказывать влияние та или иная мотивация и соответственно, чем она выше, тем эффективнее будет выполняться им та или иная деятельность (работа, учеба) и соответственно у каждого исполнителя (работника, обучающегося) она (мотивация) должна присутствовать, а руководитель (начальник, педагог) учитывать факторы влияющие на ее развитие у личности (работника, обучающегося).

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин, Е.П. Мотивация и мотивы / Е.П. Ильин. - СПб.: Питер, 2011. – 512 с.
2. Леонтьев, А.Н. Потребность, мотивы и сознание (Мотивы и сознание в поведении человека) / А.Н. Леонтьев. – М.: Мысль, 1966, - 56 с.
3. Асеев, В.Г. Мотивация поведения и формирование личности / В.Г. Асеев. – М.: Мысль, 1976. – 158 с.
4. Шапарь, В.Б. Новейший психологический словарь / В.Б. Шапарь, В.Е. Россоха, О.В. Шапарь; под общ.ред. В.Б. Шапаря. - Изд. 4-е - Ростов н/Д.: Феникс, 2009, – 806 с.
5. Подласый, И.П. Педагогика: 100 вопросов - 100 ответов: учеб.пособие для вузов/ И.П. Подласый. - М.: ВЛАДОС-пресс, 2004. - 365 с., С.184.
6. Слостенин, В.П. Педагогика / И.Г. Исаев, В.П. Слостенин, Е.Е. Шиянов. – СПб.,2015– С.102-116.
7. Савченков, Ю.И. Основы психофизиологии: учеб.пособ. / Ю.И. Савченков. - Ростов н/Д.: Феникс; Красноярск: Издательские проекты, 2007. – 352 с.
8. Жилина, Н.Ю. Наука и образование: хозяйство и экономика; предпринимательство; право и управление. / Н.Ю. Жилина, Е.А. Овсяникова, И.В. Савельева // Мотивация в механизме преступного поведения. – 2017. – № 2 (81). – С.117-122.
9. Шапиро, С.А. Основы трудовой мотивации: учебное пособие / С.А. Шапиро. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: КНОРУС, 2016. – 268с.
10. Зайцев, Г.Г. Управление кадрами на предприятии: персональный менеджмент / Г.Г. Зайцев, С.В. Файбушевич. – СПб.: Питер, 2008. – 248 с.
11. Орешкин, В.Г. Self-менеджмент : Мотивация самообразования, саморазвития и личностного роста : учебное пособие / В.Г. Орешкин.– СПб.: Университет при МПА ЕврАзЭС, 2018. – 245 с.
12. Лукьянова, Н.А. Мотивационный менеджмент: учебное пособие / Н.А. Лукьянова - Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2011. – 106 с.

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

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СИСТЕМЫ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ИНЖЕНЕРНО-АВИАЦИОННОЙ СЛУЖБЫ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ ВИРТУАЛЬНОЙ РЕАЛЬНОСТИ

С каждым годом система образования все более совершенствуется посредством внедрения в нее новейших достижений в области компьютеризации. Интенсивные темпы развития научно-технического прогресса и глобальный процесс информатизации диктуют свои правила современному обществу. На смену книгам приходят их электронные аналоги, в аудиториях появляются интерактивные доски. Система обучения в военных вузах также идет в ногу со временем, но необходимый материал далеко не всегда усваивается должным образом, так как бывает тяжело представить общую картину работы чего-либо.

На основе этих заключений, предлагается внедрить в систему образования элементы виртуальной реальности. Подобная практика уже используется для обучения водителей, летчиков, врачей. К примеру, обучение вождению производится за счет создания макета кабины автомобиля, а врачи могут практиковаться при проведении сложных и точных операций, используя шлемы виртуальной реальности.

Также стоит отметить, что с помощью VR-технологий создаются различные развлекательные игры, в которых главным героем является сам игрок, а все его действия, будь то взмах рукой или поворот головой, отображаются в самой игре.

Необходимо создать программное обеспечение, которое поможет смоделировать конструкцию летательного аппарата со всеми его системами, узлами и агрегатами. Каждый отдельный элемент можно будет детально рассмотреть, разобраться в его конструкции, определить возможные неисправности, а также пути их исправления. Тем самым, появится способ поиска и реализации решения различного рода проблем, связанных с невозможностью своевременного обнаружения неполадок. Кроме того, появится возможность искусственного создания неисправности на авиационной технике и применения широкого перечня восстановительных работ. К примеру, можно будет с помощью шлема виртуальной реальности и джойстиков смоделировать ситуацию с повреждением обшивки фюзеляжа осколками или пулями, а затем произвести все тем же способом виртуально заклепочные работы. При этом, с помощью заложенного в программе меню станет реальной быстрая смена необходимого инструмента и произведение надежных расчетов. Появится возможность оперативного вызова из меню технологической карты или ее упрощенного аналога в виде пошаговой инструкции, для выполнения работ наиболее точно, быстро и качественно.

Кроме перечисленных выше положительных аспектов стоит выделить и другие довольно важные моменты: внедрение технологий виртуальной реальности позволит значительно снизить материальные расходы, не будет необходимости в учебных целях закупать дорогостоящее оборудование, например, различного рода дефектоскопы, стоимость которых достаточно велика, они будут замены программным обеспечением. Также стоит учитывать, что обучение можно будет производить в наиболее благоприятных климатических условиях.

Безусловно, технологии виртуальной реальности не заменят практических навыков, но они смогут создать первичное восприятие и укрепят теоретические знания, что в дальнейшем благоприятно скажется на подготовке специалистов инженерно-авиационной службы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дзюбенко, А.А. Новые информационные технологии в образовании / А.А. Дзюбенко. – М.: Гендальф, 2000. – 104 с.

¹Московский государственный лингвистический университет (г. Москва, Россия)

²Московский авиационный институт (г. Москва, Россия)

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ПЕРЕВОДА АВИАЦИОННЫХ ТЕРМИНОВ С АНГЛИЙСКОГО ЯЗЫКА НА РУССКИЙ В НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

Требования, предъявляемые к уровню профессиональной подготовки специалистов в различных научных областях, степени владения иностранным (возможно и не одним) языком, в настоящее время, постоянно повышаются. Одним из признаков научно-технической информации в любом языке является насыщенность терминами и терминологическими сочетаниями. Научно-техническая информация отличается не только по области науки, но и по степени ее специализации. Поэтому основополагающей задачей при работе с аутентичной информацией по научной специальности является адекватность перевода, особенно перевода терминологических понятий. Научная коммуникация отличается от бытовой не только грамматической структурой построения предложений, но и способами выражения, а так же семантикой входящих в нее лексических единиц.

Термин представляет собой единицу общего национального языка и в то же время является принадлежностью специальной, в данной работе научной, языковой подсистемы. Выполняет особую функцию наименования специализированного и профессионального понятия. Определение терминосистемы как единицы перевода способствует установлению границ эквивалентности входящего в нее термина и способствует высокому качеству перевода специальных текстов.

Терминосистема языка перевода, принципиально, является неповторимой, как и лексическая система в целом, и представляет собой часть лексической системы национального языка. Вследствие этого она в той или иной мере отображает его национально-культурную и научно-техническую специфику. Система терминов отражает предметно-понятийную область знаний как в конкретной дисциплинарной, так и в междисциплинарных областях, и может отличаться в различных культурах.

В условиях текущего времени, с учетом появления новых и интеграции существующих научных направлений, а также междисциплинарного подхода в ходе научно-исследовательской деятельности становится достаточно сложно правильно определить существующую терминосистему. Она всегда динамична и постоянно изменяется как в системных отношениях между единицами, так и в отношении содержания отдельной терминологической единицы.

Перевод научно-технической информации связан с трудностями, возникающими при передаче лексических единиц оригинала. Наиболее часто возникающие ошибки данного рода условно можно разделить на следующие категории:

- случай неправильного перевода терминов, особенно узкоспециализированных;
- случай неверного перевода терминологических сочетаний;
- случай неверной или не точной передачи общенаучных слов;

Весомый пласт общенаучных слов, например, таких как: *method, feature, approach, evidence, to handle, to hold, foreign* и др. может представлять собой не только средство обозначения интердисциплинарных понятий но и являться связующим звеном лексического состава научно-технических текстов.

В английском языке терминология авиационной сферы весьма обширна. Кроме того данная область постоянно пополняется новыми лексемами, которые возникают по различным словообразовательным моделям. При переводе авиационных терминов с английского языка на русский принято использовать русскоязычные эквиваленты, калькирование, транслитерация, экспликация.

Наиболее популярными являются такие способы как подбор эквивалента и полное заимствование.

В таком случае эквивалент подразумевает, что в языке перевода есть слово или словосочетание, которое целиком и полностью соотносится словом или выражением в исходном тексте. Бывают следующие виды эквивалентов:

полные эквиваленты (полностью отражают значение иностранного слова);

частичные эквиваленты (соотносятся лишь с одним из значений иностранного языка);

Пример: Turbine engines – газотурбинные двигатели

Установлено, что в научно-исследовательской области наиболее эффективным приемом перевода является подбор эквивалента.

Калькирование – это прием, который применяется для перевода лексических знаков, способом замены морфем или слов их лексическими эквивалентами в языке перевода. Такой способ используется для перевода терминологических единиц, которые, к текущему времени, еще не окончательно вошли в терминологическую систему определенной научной области и не зафиксированы в специальных источниках

Пример: Dual control – двойное управление

Транслитерация – это точная передача знаков одной письменности знаками другой письменности, при этом каждый знак одной системы письма передается соответствующим знаком другой системы письма. Такой способ перевода авиационных терминов является непродуктивным и используется для перевода научных терминов, которые не имеют кодифицированных эквивалентов в русском языке.

Пример: Monitoring – мониторинг – постоянное наблюдение для оценки состояния

Экспликация (описательный перевод) – это лексико-грамматическая трансформация перевода, в ходе которой лексическая единица одного языка заменяется словосочетанием, эксплицирующим его значение, т.е. дающее более или менее полное объяснение или определение данного значения на языке перевода. Использование этого способа позволяет максимально точно передать смысл научного термина.

Пример: Damage tolerant aircraft – летательный аппарат с допускаемой повреждаемостью конструкции

На основании материалов данной работы, можно утверждать, что перевод авиационных терминов представляет собой непростую задачу. Переводчику необходимо владеть не только обширной лексической базой и понимать словарные значения терминологических единиц но и учитывать структуру термина (простой, составной), а так же требования контекста.

Способы перевода специальной терминологии могут подразделяться на продуктивные и непродуктивные, каждому из них соответствуют структурно-семантические типы лексических терминов и терминологических сочетаний. В настоящий момент это подтверждает общность некоторых процессов перевода в английском и русском языках.

Для адекватного перевода научно-технической информации необходимо владеть не только соответствующей тематикой и языком, но и обладать научным мышлением. Совокупность данных знаний и умений позволяет выявить основные закономерности перевода научно-технических материалов и предоставлять ясную и четкую информацию.

ЛИТЕРАТУРА

1. Комисаров, В.Н. Теория перевода (лингвистические аспекты): учебник для студентов институтов и факультетов иностранных языков / В.Н. Комисаров. – Москва : Альянс, 2013. – С. 250
2. Ковтун, Е.В. Английская авиационная терминосистема: лингвистический и переводоведческий анализ.// Язык и социальная динамика: специальный выпуск. Красноярск, 2013.
3. Лотте, Д.С. Некоторые принципиальные вопросы отбора и построения научно-технических терминов / Д.С. Лотте. – М.: Издательство академии наук СССР, 1941.

ПАДРыхтоўка курсантаў вайскова-навуцальных устаноў: Інавацыйныя адукацыйныя тэхналогіі ў практыцы

У дадзеным артыкуле разглядаюцца асаблівасці выкарыстання сучасных інфармацыйных тэхналогій у адукацыйным працэсе на вайскова-тэхнічным факультэце ў БНТУ, з улікам спецыфікі гуманітарных дысцыплін і насамперш вайскова-гістарычных.

У сувязі з тэхналагічнымі зменамі, што адбываюцца ў свеце, адпаведна змяніліся і вымогі да выпускнікоў вышэйшых навуцальных устаноў, якія, перадусім, павінны:

хутка асвойвацца да зменлівых умоў жыцця, розных становішч, самастойна атрымваючы веды. Умела ўжываць іх у сваёй практычнай чыннасці для паспяховага дазволу ўзніклых праблем, каб дамагчыся поспеху і прызнання ў грамадстве;

думаць крэатыўна, умець бачыць узніклія праблемы і знаходзіць шляхі іх рацыянальнага развязку, пры гэтым скарыстаючы новыя спосабы і прыёмы;

ведаць, якім чынам і дзе атрыманыя веды павінны быць скарыстаны;

творча думаць і быць здольнымі ствараць новыя ідэі;

кваліфікавана працаваць з атрыманай інфармацыяй (акумуляваць факты, патрэбныя для развязку важных праблем, іх аналізаваць, знаходзіць абагульненні;

рабіць параўнанні з альтэрнатыўнымі ці аналагічнымі версіямі прыманага развязку, знаходзіць рознага роду заканамернасці;

уяўляць зразумелыя і даказаныя высновы, паспяхова выкарыстоўваць набыты досвед для знаходжання і дазволу з'яўлення новых праблем;

валодаць здольнасцю усталяваць кантакт з атакальнымі, хутка адаптуючыся ў новым асяроддзі, быць свайлівым у розных калектывах, умець працаваць разам у разнастайных сферах, у розных становішчах, не дапускаючы ці спрактыкавана выходзячы з кожных канфліктных сітуацый;

увесь час займацца самаўдасканаленнем, павялічваць свой інтэлектуальны і культурны узровень.

Аналіз існых вымогаў да адукацыйнага працэсу паказаў, што сёння маюць месца сур'ёзныя нястачы ў фармаванні асобы выпускнікоў ВНУ, якія адпавядаюць гэтым вымогам.

Перавагі ўжывання новых інфармацыйных тэхналогій у выкладанні гуманітарных дысцыплін і іх перавагі дагэтуль выклікаюць дыскусіі. Разам з тым сучасныя тэхналогіі і насамперш кампутарныя, безумоўна, палягчаюць, як працу прафесарска-выкладніцкага складу, гэтак і навучанне саміх, якія навучаюцца. Тут цяжка не пагадзіцца.

Ужо пад канец мінулага стагоддзя стала зразумела, што выкарыстанне кампутарных тэхналогій дапамагае выкладніку найболей поўна рэалізаваць свой педагагічны патэнцыял і педагагічныя заданні. Як бы не быў падрыхтаваны выкладнік, ужыванне тэхнічных сродкаў навучання і тады ўспрымаліся добра, і заставалася ў памяці, які навучае на доўгі час.

Адгэтуль дыскусіі пра ўжыванне кампутарных тэхналогій у сённяшнім соцыуме не маюць падставы. Прыкладам, вивучаючы вайскова-гістарычныя дысцыпліны, курсанты вайскова-навуцальнай установы, знаёмячыся са свежым матэрыялам, успрымаюць яго найболей глыбей, калі яны назіраюць выкладаны матэрыял навочна і ў буйных аб'ектах, назіраюць анімацыйныя карты баталій, усё гэта дазваляе ім найболей глыбока зразумець увесь маштаб бітвы ці факта гісторыі, якія разглядаюцца падчас правядзення навуцальнага занятку.

Сёння важным заданнем вышэйшай адукацыі, у тым ліку вышэйшага ваеннага ўтварэння, з'яўляецца не толькі атрыманне студэнтамі і курсантамі патрэбнай сумы спазнанняў, але і фармаванне ў іх уменняў і навыкаў для набыцця самастойных ведаў.

Атрыманы досвед выкладніцкай працы на вайскова-тэхнічным факультэце ў Беларускам нацыянальным тэхнічным універсітэце даводзіць, што ў курсантаў, якія актыўна скарыстаюць кампютар падчас навучання, насамперш падчас самастойнай працы, назіраецца:

больш высокі узровень самаадукацыйных навыкаў, уменняў;
здольнасць арыентавацца ў велізарным струмені інфармацыі;
здольнасць вылучаць галоўнае;
уменне падрахоўваць, рабіць высновы.

У наш час узрастае значэнне чыннасці педагога ва ўжыванні новых магчымасцяў новых кампютарных тэхналогій. У гэтай сувязі праграма Power Point з'яўляецца важнай прыладай.

Выкладнік, часта, супольна з курсантамі, скарыстаючы праграму Power Point, робіць прэзентацыі, якія ствараюць якасную інфармацыйную падтрымку пры падрыхтоўцы і правядзенні ўсіх выглядаў заняткаў па гуманітарных, у тым ліку, вайскова-гістарычным дысцыплінам.

Дадзеная праграма ўяўляе магчымасці па выкарыстанні на навучальных занятках карт гістарычных баталій, малюнкаў, партрэтаў гістарычных дзеячаў, вайскаводаў, відэафрагменты, дыяграмы і г. д. Важным застаецца ўжыванне кампютарных тэхналогій на навучальных занятках па вайскова-гістарычных дысцыплінах.

Гістарычная навука, насамперш, актыўна выкарыстоўвае апісанне мінулага і сучаснасці, аперуе дакладнымі паняткамі, датамі, лічбамі. Разгляд гістарычнага працэсу паказвае наяўнасць узаемасувязяў шмат якіх з'яў.

Кампютарныя тэхналогіі дазваляюць абагульняць наяўныя метадычныя распрацоўкі, перафарматаваць іх у электронны фармат. Хутка абнаўляюцца, тыражуюцца пры зменах у навучальных праграмах, падручніках навучальна-метадычныя карты, схемы, табліцы, варыянты тэставання, асабліва падчас тэматычнага планавання па ўсіх навучальных дысцыплінах [1].

Працуя з кампютарам, курсант фармуе ў сябе больш высокі узровень самаадукацыйных навыкаў, уменняў асвойвацца ў бурным струмені інфармацыі, імкненне абагульняць, рабіць высновы, аналізаваць, параўноўваць, аргументаваць. Ствараючы курсантамі кампютарныя прэзентацыі, навучэнцы развіваюць у сябе патрэбныя ў сучасных умовах навыкі і ўменні. Да такіх ставяцца наступныя навыкі і ўменні:

крэатыўнае пераасэнсаванне інфармацыі;
вылучэнне важнага ў інфармацыйным струмені;
групаванне і сістэматызаванне матэрыялу;
уменне прэзентаваць, наяўную, у дырэктыве інфармацыі;
авалоданне першымі прыладамі даследчай чыннасці;
поўны доступ да даведкавых сістэм, электронных бібліятэк, іншых інфармацыйных рэсурсаў.

Сама праца над прэзентацыяй, яе грамадскае ўяўленне, потым абарона, добра ўплывае на інтэлектуальнае развіццё курсантаў.

Далейшае развіццё ў іх навыкаў камунікавання з дапамогай інфармацыйна-кампютарных тэхналогій стварае дадатковую матывацыю да вывучэння вайскавай гісторыі.

Асаблівасцю прадмета гісторыя з'яўляецца наяўнасць вялікай колькасці дат, фактаў, персаналій, паняткаў. Аднак у наш час адпадае патрэба перагружаць памяць, бо, ёсць тэхнічныя сховішчы інфармацыі (кампютарныя базы дадзеных, Інтэрнэт), і трэба навучыць курсантаў карыстацца імі.

На наш погляд, сучасныя педагогічныя тэхналогіі ў спалучэнні з сучаснымі інфармацыйнымі тэхналогіямі могуць значна павялічыць эфектыўнасць адукацыйнага працэсу, а таксама вырашыць якія стаяць перад вайскавай ВНУ заданні выхавання ўсебакова развітай асобы, патрыёта сваёй Радзімы.

ЛІТАРАТУРА

1. Шырокаў, Е.А. Выкарыстанне інфармацыйных тэхналогій у выкладанні гісторыі і грамадазнаўства / Е.А. Шырокаў. // Малады навуковец. – 2014. – № 6.3. – С. 49–52.

ОБЩИЕ ПРИНЦИПЫ РАЗРАБОТКИ ЭЛЕКТРОННЫХ СРЕДСТВ ОБУЧЕНИЯ

Технологии создания электронных средств обучения (ЭСО) включают в себя достаточно много различных этапов, в ходе реализации которых разрабатываются отдельные компоненты или подсистемы ЭСО. Разделение всего процесса создания средств обучения на этапы можно проводить разными способами. В основу выделения этапов можно положить компонентный состав ЭСО или процессы предварительного проектирования, непосредственной разработки и совершенствования ЭСО. На практике все эти этапы объединяются. Создание качественных электронных средств обучения, как правило, во многом зависит от правильности выделения технологических этапов при разработке и слаженности их реализации.

Выделение технологических этапов создания электронных средств обучения возможно с учетом нижеследующих компонент, присущих большинству ЭСО.

Первые этапы разработки могут быть связаны с основной содержательной частью электронного средства обучения, включающей: титульный лист (экран) ЭСО; аннотацию; учебную программу (цели, задачи, содержание, тематический план); учебные тексты (структурированные, построенные с учетом требований эргономики); иллюстративные материалы (изобразительные, логико-структурные, схематичные, разработанные сценарии для мультимедиа фрагментов); список рекомендуемой основной и дополнительной литературы по всем темам, включенным в содержание ЭСО (перечень книг, изданий, статей, нормативных актов, указов, постановлений и т. д.); словарь терминов и понятий (гlossарий) по отдельным темам и ко всему курсу в целом (гlossарий должен быть связан гиперссылками с основным текстом ЭСО); методические рекомендации по изучению курса с использованием данного ЭСО (желательны рекомендации по изучению каждой темы) и организации самостоятельной работы; инструкцию педагогам и обучаемым по работе с электронным средством обучения, контекстно-зависимую систему помощи.

Следующие технологические этапы создания электронных средств обучения связаны с разработкой компонентов, обеспечивающих поддержку практических занятий, измерение результативности обучения, предоставляющих справочный материал для педагогов и обучающихся. В числе таких компонентов: вопросы для самоконтроля и самопроверки по каждой теме, главе, разделу и ко всему курсу, обучение которому осуществляется с помощью ЭСО; тестовые задания и вопросы для контроля уровня знаний по каждой теме, главе, разделу и ко всему курсу; примерный перечень экзаменационных вопросов по всему курсу; систему мероприятий и рекомендаций для проведения мониторинга эффективности процесса обучения; интернет-ресурсы (виртуальные электронные библиотеки, образовательные сайты и другие информационные ресурсы); перечень материалов, хранящихся в медиатеке учебного заведения (ранее разработанные ЭСО и другие мультимедиа средства, энциклопедии, словари, модели, коллекции шаблонов (учебно-тренировочных карт), слайдов); хронологический указатель (при необходимости); перечень сокращений (при необходимости).

Как уже отмечалось, не существует универсальной технологии создания электронных средств обучения. Каждый разработчик применяет собственную технологию. Ее разбиение на этапы может учитывать как компонентный состав ЭСО, так и общие подходы к проектированию и разработке. Так, в частности, очень часто при разработке средств обучения выделяют два основных технологических этапа – предварительный этап и этап непосредственной разработки ЭСО.

В ходе предварительного этапа, в основном вручную, осуществляется подготовка учебных и методических материалов, необходимых, для создания электронных средств обучения.

В рамках этапа непосредственной разработки ЭСО осуществляется представление подготовленных учебных материалов в электронном виде. Во многих случаях такое представление осуществляется с учетом возможности последующей публикации в сети Интернет.

Оба этапа равноценны и взаимосвязаны. Вместе с тем, первый этап подготовки содержательной части более трудоемок и менее поддается автоматизации. Разработчики электронных средств обучения на предварительном этапе подготовки учебных материалов должны быть ознакомлены с: требованиями к составу ЭСО; требованиями к учебному тексту (объем содержания, структурированность, стиль изложения, доступность, эргономичность текста и т.д.); методикой (рекомендациями) для разработки блока практических заданий; методикой (рекомендациями) для разработки контролирующего блока в виде тестовых заданий; методикой (рекомендациями) для разработки аудио- и видеофрагментов (иллюстративного материала); методикой (рекомендациями) для формирования гипертекстовой структуры текста.

Необходимо отметить, что большая часть педагогов-разработчиков незнакома с технологией создания электронных средств обучения, с одной стороны. С другой стороны, специалисты по информационным технологиям – программисты, дизайнеры, разработчики мультимедийных компонентов, как правило, не владеют методиками решения дидактических задач. Разработчик ЭСО в редких случаях может сочетать в одном лице автора курса, методиста и специалиста по информационным технологиям. В связи с этим на сегодняшний день общепризнана необходимость привлечения к созданию ЭСО следующих специалистов: автора учебных и методических материалов; методиста, владеющего как особенностями обучения специалиста, так и спецификой создания и применения электронных средств обучения; программиста, дизайнера, разработчика мультимедийных компонентов.

Таким образом, процесс создания ЭСО, является трудоемкой работой которая требует большой затраты времени на ее разработку и создание, но в тоже время является важным фактором в получении, обучении и усвоении учебного материала. В современном образовании ЭСО являются одним из основных методов подготовки и изучения дисциплин, а также контроля приобретенных навыков и знаний.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вадюшин, В.А. Технические средства обучения: учеб. пособие для вузов (пособие к лабор. работам) / В.А. Вадюшин, Б.В. Пальчевский, Л.С. Фридман. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск: Вышш. шк., 1987. – 246 с.
2. Дикарёв, С.Б. Система проектирования электронных образовательных ресурсов / С.Б. Дикарёв. – Ростов/н/Д: ООО «ЦВВР», 2003. – 125 с
3. Интернет-обучение: технологии педагогического дизайна / Под ред. М.В. Моисеевой. – М.: Изд. дом «Камерон», 2004. – 216 с.
4. Кравчя, Э.М. Технические средства обучения в школе: учеб. пособие для слушателей курсов повышения квалификации и переподг. кадров образования / Э.М. Кравчя. – Минск: ТетраСистемс, 2005. – 272 с.

УДК 355.586

А.Е. Зинкович, А.В. Довгелевич, К.Е. Будько

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВУЗОВСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Использование новых возможностей информационных технологий (ИТ) позволяет существенно сократить время на поиск и доступ к необходимой научной и учебной информации, высвободить время на самостоятельную подготовку как обучающихся, так и профессорско-преподавательского состава и совершенствование педагогического мастерства. Наши

Вооруженные Силы славятся современными подходами к подготовке военных специалистов. Повсеместно происходит внедрение компьютерных технологий в процесс обучения.

Документ [1] определяет понятие ИТ следующим образом: «Информационная технология; технология информационного процесса – представляет собой совокупность методов, способов, приемов и средств, реализующих информационный процесс в соответствии с заданными требованиями».

Одной из важнейших учебных дисциплин в военном деле является тактика. Без нее ни один из военнослужащих не может считать себя подготовленным к выполнению задачи по защите своей страны. Большое внимание при обучении уделяется исследованию закономерностей общевойскового боя. Только в бою можно добиться окончательной победы, завершить разгром противника, лишить его возможности оказывать сопротивление и овладеть его территорией.

Курсанты и студенты, обучающиеся по программе подготовки офицеров запаса, изучают тактику и тактическую подготовку, которая является определяющей учебной дисциплиной, ей подчинено изучение всех других предметов. Она является основой полевой выучки войск и тесно связана с дисциплинами «Огневая подготовка», «Военная топография», «Инженерная подготовка», «Идеологическая работа», «Военно-медицинская подготовка», «Радиационная, химическая и биологическая защита».

В процессе изучения тактики формируются взгляды на характер современной войны, на роль и предназначение видов и родов войск Вооруженных Сил. Обучающиеся усваивают основы теории общевойскового боя, овладевают умениями и навыками в организации и управлении подразделениями в бою.

В результате изучения тактики обучающиеся овладевают рациональными методами работы командира, познают искусство ведения боя. У них формируется такое важное качество, как творческое тактическое мышление, военно-профессиональная культура, вырабатываются умения проводить анализ, делать сравнения, сопоставлять и систематизировать факты, выделять главное, существенное, формулировать выводы, обосновывать свои предложения, доказывать и отстаивать свое решение. В дальнейшем эти качества совершенствуются и развиваются в процессе изучения других дисциплин военной направленности.

Эти умения и их реализация невозможны без процесса внедрения современных технологий в сферу военного образования. Этот процесс позволяет совершенствовать методологию и стратегию содержания воспитания, создавать методические системы обучения. Разработанные компьютерные тестирующие и диагностирующие методики должны обеспечить систематический оперативный контроль и оценку уровня знаний обучающихся, повышение эффективности обучения.

Использование новых средств ИТ, таких как электронные версии занятий, электронные учебники, обучающие программы являются актуальными для современного профессионального военного образования. Все шире внедряются такие учебные технологии, как симулятор, тренажер, интерактивная доска, программы поддержки принятия решения и т.д., которые позволяют создавать сложную тактическую обстановку и задавать любое время суток и различные погодные условия.

При ведении боевых действий в современных условиях командир обязан предусмотреть все возможные варианты развития событий. Базой для развития технологий могут служить 3D карты местности, с помощью которых обучающийся сможет представить объемную картину местности, рассчитать необходимые показатели и т.п. Также существуют различные тактические симуляторы. В реальной обстановке без определенных знаний и навыков невозможно уверенно командовать подчиненным и приданным личным составом. В подготовке к боевым действиям может помочь тренажер, в котором обучающийся сможет отработать все необходимые навыки.

Также нельзя не сказать про тесную связь тактики с другими дисциплинами боевой подготовки. В настоящее время в Вооруженных Силах Республики Беларусь отмечается широкое применение технических средств обучения, в том числе тренажеров и имитаторов, в процессе подготовки военнослужащих. Это позволяет значительно снизить материальные и финансовые затраты на эксплуатацию учебно-боевой техники и расход боеприпасов, а также сократить травматизм и повысить безопасность военной службы при одновременном увеличении

пропускной способности учебных мест за период тренировок. Наблюдается постоянное внедрение в военные учебные заведения и войска последних достижений в области науки и техники.

Инновационный подход отмечается во всех развитых вооруженных силах иностранных государств. Все большее место в подготовке личного состава занимают тренажерные комплексы и системы имитации стрельбы из оружия различного типа. Это объясняется, прежде всего, экономическими соображениями, а также высокой эффективностью обучения, в ходе которого можно воссоздавать и многократно повторять процесс тренировки, сопровождая его моделированием наиболее сложных, близким к критическим ситуаций.

Основными требованиями к инновационным технологиям должны быть простота и доступность использования, совместимость со многим аппаратными и программными платформами и продуктами, независимо от их особенностей, возможность дальнейшего совершенствования данной программы или технологии.

Республика Беларусь реализует миролюбивую многовекторную внешнюю политику и одновременно уделяет приоритетное внимание вопросам военной безопасности, строительства и развития Вооруженных Сил, являющихся важнейшим фактором сдерживания от попыток разговора со страной с позиции силы.

Особенно актуальным является вопрос информационной безопасности. Информационная сфера, не имея ярко выраженных границ, обеспечивает возможности дистанционного, скрытого воздействия не только на критически важные информационные инфраструктуры, но и на Вооруженные Силы, территориальные войска и население страны, непосредственно влияя на состояние национальной безопасности государства.

Важным условием реализации защитных мероприятий является завоевание и удержание информационного превосходства, опережающая готовность систем управления и всестороннего обеспечения как Вооруженных Сил в частности, так и государства в целом.

Все вышесказанное обуславливает необходимость дальнейшего развития теоретических положений по обеспечению военной безопасности государства и выработке новых подходов к боевому применению частей и подразделений по предназначению.

Исходя из изложенного, целесообразно, обратить внимание на вопрос взаимодействия. Значение взаимодействия сил и средств в современных военных конфликтах резко возросло. Это обусловлено рядом обстоятельств как военно-политического, так и военно-технического характера. Возрастание роли взаимодействия войск подтверждается также всем ходом развития военного искусства. Вместе с тем, в официальных документах положения по взаимодействию излагаются в виде прикладных аспектов управления войсками, не показывая пути разрешения существующих противоречий между требуемой и реальной согласованностью действий Вооруженных Сил, других войск и воинских формирований, военизированных организаций. Имеющиеся теоретические исследования касаются лишь частных аспектов взаимодействия войск, решаемых в контексте изучения проблем, входящих в предметы исследования других научных дисциплин. Сама же сущность взаимодействия, как совокупность разнообразных форм и способов взаимоотношений между силами и средствами выпала из поля зрения военной науки. Одним из средств повышения уровня взаимодействия является разработка новых и совершенствование имеющихся интерактивных программ поддержки принятия решения различными категориями командиров и начальников.

Таким образом, в условиях динамичного развития современного общества и усложнения его технической и социальной инфраструктуры важнейшим стратегическим ресурсом становится информация. Интенсивно развивающиеся информационные технологии находят все большее применение во всех сферах жизни общества. Не является исключением также сфера образования, а в частности профессиональная подготовка военных специалистов. Применение интерактивных средств обучения повышает интерес к армейскому делу. Как отмечают специалисты после интересных и насыщенных занятий на тренажерах обучающиеся стремятся скорее попробовать себя в практике на реальном вооружении и военной технике.

Все выше изложенное позволит сформировать личность будущего военного специалиста в условиях активного внедрения современных инфокоммуникационных технологий в образовательный процесс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Информационная технология. Термины и определения : СТБ 982-94.
2. Инновации в образовании [Электронный ресурс] Режим доступа: // <http://sincom.ru> 21.02.2021.

УДК 159.9

М.И. Токарева, С.С. Шкурский

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ПСИХОЛОГИИ ВОИНСКОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Выдающийся русский политический и военный деятель М.И. Драгомиров отмечал: «Воинская дисциплина есть совокупность всех нравственных, умственных и физических навыков, нужных для того, чтобы офицеры и солдаты всех степеней отвечали своему назначению...»

Дисциплина является сложным социально-психологическим явлением. Психология воинской дисциплины имеет две составляющих: теоретическую и практическую. Внося ценный вклад в развитие общей теории воинской дисциплины исследованием личностных, групповых и управленческих механизмов обеспечения нормативности поведения военнослужащих, психология решает важную теоретическую задачу. Этим самым военная психология способствует также и обогащению психологической науки в целом.

Практическая сторона психологии воинской дисциплины состоит в научном обеспечении разнообразных форм деятельности по укреплению и совершенствованию воинского порядка.

Между тем психологическая проблематика деятельности по укреплению дисциплины, в том числе и на военных факультетах в системе военного образования, является чрезвычайно разнообразной и нуждается для своего разрешения в усилиях не только должностных лиц, несущих ответственность за дисциплину в подразделениях, которыми они управляют, но и профессиональных военных психологов различного уровня.

Деятельность психологов, нацеленная на решение наиболее тонких и сложных проблем дисциплины, составляет ядро системы психологического обеспечения работы по укреплению дисциплины.

Задачи психологического обеспечения заключаются в следующем:

1. Непрерывный мониторинг (отслеживание) и оценка динамики дисциплинированности военнослужащих и подразделений с учетом решаемых задач, меняющихся условий учебы вообще и дисциплинарных в особенности. Это позволяет контролировать основные тенденции и своевременно прогнозировать благоприятные и нежелательные перемены.

2. Диагностика стартового уровня дисциплины молодого пополнения, оценка индивидуального стиля и опыта нормативного поведения, полученного до учебы, прогнозирование дисциплинарной перспективы, определение необходимости, содержания и методики ранних психокоррекционных мероприятий.

3. Психологическая экспертиза планируемых и оценка эффективности реализуемых мероприятий по укреплению дисциплины, анализ повседневной дисциплинарной деятельности офицерского и сержантского состава.

4. Систематическая индивидуальная и групповая (в составе штатных подразделений) психокоррекция – специальная работа военного психолога с курсантами, склонными к игнорированию норм воинского поведения, и подразделениями, где имеются трудности в поддержании уставного порядка.

5. Психологическая экспертиза грубых дисциплинарных проступков, всякого рода происшествий и несчастных случаев в целях выявления и оценки вероятных психологических причин и условий, а также оценки психологических последствий этих событий.

6. Срочная индивидуальная психологическая помощь курсантам, находящимся в состоянии стресса из-за тех или иных дисциплинарных событий (их дисциплинарных проступков,

конфликтов, неблагоприятного психологического климата в подразделении и др.), которые могут привести к серьезным беспорядкам, расстройству нормативной регуляции поведения отдельных курсантов и коллективов.

7. Психологическая (текущая и перспективная) рационализация обстановки жизни и деятельности личного состава, имеющей дисциплинарное значение.

8. Повышение дисциплинарно-психологической компетентности офицерского и сержантского состава методами индивидуального управленческого консультирования, лекционного обучения, дисциплинарно-психологического тренинга, деловых игр и т.п.

9. Разработка долгосрочных (перспективных) программ и планов, нацеленных на решение хронических дисциплинарных проблем, устранение систематических недостатков, справиться с которыми в режиме текущей работы, как правило, невозможно.

10. Исследовательская работа в области дисциплины, творческая разработка путей совершенствования дисциплинарных систем в целом и методов решения отдельных дисциплинарных проблем.

Выполнение перечисленных выше направлений работы предполагает известную профессиональную специализацию по психологии воинской дисциплины, которую имеют далеко не все офицеры – психологи по образованию. Для этого необходимо поощрять углубленное изучение практических аспектов поддержания воинской дисциплины как военными психологами самостоятельно, так и проводить специализированные курсы по обучению практическим навыкам работы в данном направлении.

Таким образом, психологическое обеспечение процесса поддержания и укрепления дисциплины (в том числе и в системе военного образования) – это важная область профессиональной деятельности военных психологов, поддерживаемая и доводимая до конца всем офицерским составом, всеми должностными лицами подразделений. Эта работа требует специфической мотивации и высокой, но часто недооцениваемой подготовленности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Драгомиров, М.И. Избранные труды / М.И. Драгомиров. – М.: Воениздат, 1956. – 383 с.
2. Утлик, Э.П. Психология дисциплины / Э.П. Утлик. – М.: ГА ВС, 1992. – 115 с.
3. Военная психология: методология, теория, практика – учебно-методическое пособие / М. Военный университет, 1996. – 191 с.

УДК 37.015.31

М.И. Токарева, В.М. Гостилович, В.Э. Базылев

Военный факультет в УО «Белорусская государственная академия авиации»

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ИЗУЧЕНИЯ ИМПЛИЦИТНЫХ КОНЦЕПЦИЙ ПАТРИОТИЗМА В СИСТЕМЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Серьезные изменения внутривойсковой обстановки в Республике Беларусь выдвинули на авансцену и вновь обозначили актуальность задачи, поставленной Президентом Республики Беларусь перед педагогической наукой еще в 2016 году, – «активизации формирования патриотического мировоззрения людей, развития интеллектуального и творческого потенциала нации. Идеинная основа общества и государства должна быть основательной и прочной!». В своих выступлениях Глава государства неоднократно подчеркивал, что «перед нашим народом стоит задача сберечь величайшие ценности – мир, порядок и независимость Беларуси. <...> Очень важно, чтобы молодые люди участвовали в развитии общества, учились жить по его законам – правовым и нравственным, становились подлинными патриотами своей Родины» [1].

Таким образом, воспитание патриотически настроенной молодежи, обладающей созидательным мировоззрением, профессиональными знаниями, демонстрирующей

ответственность и способность принимать самостоятельные решения, является основным ориентиром воспитания в контексте социального заказа общества.

Изучению методологических основ патриотического воспитания детей и молодежи в Республике Беларусь посвящены работы многих современных ученых в области педагогики, психологии, социологии (Е.М. Бабосов, Ю.А. Коломейцев, Т.Д. Грицевич, И.Л. Кишея и др.). В то же время, с точки зрения социальной психологии, важно понимать сам процесс интериоризации (усвоения) данного понятия в сознании подрастающего поколения. А, значит, прежде чем, приступать к разработке программы патриотического воспитания необходимо изучить имеющиеся в обыденном сознании обучающихся малоосознаваемые представления о патриотизме – имплицитные концепции патриотизма.

Под имплицитными концепциями в социальной психологии понимают слабо упорядоченные и плохо рефлекслируемые формы организации знаний субъекта в различных содержательных областях его обыденного сознания и житейского опыта, которые строятся в контексте «концептуальной рамки» восприятия мира, задаваемой категориями сознания [2].

Нами было проведено исследование имплицитных концепций личности настоящего патриота своей Родины курсантов УО «Белорусская государственная академия авиации», проходящих обучение по программам подготовки младших командиров и офицеров запаса на военном факультете. Моделирование имплицитных концепций патриотизма у двух групп респондентов выявило:

1) Схожее содержание в представлениях о личности настоящего патриота своей Родины, которое в определенной степени отражает идеализированные представления белорусов о самих себе – наполненные культурными традициями и ценностными ориентирами, характерными для мировоззренческой составляющей идеологии белорусского государства и его национальной идеи.

2) Различия в содержаниях представлений о личности настоящего патриота своей Родины у двух групп участников обусловлены разницей в профессиональной картине мира у студентов разных курсов обучения: если для 1-2 курса в большей степени играют роль социальные характеристики личности патриота, то для 3-4 курса значимыми становятся коммуникативные навыки и особенностей поведения патриота в межличностных отношениях, его готовности прийти на помощь окружающим.

3) По мере освоения профессии имплицитные концепции личности настоящего патриота у обучающихся становятся более содержательными и обобщенными.

Результаты данного исследования имеют особое практическое значение для преподавателей, работающих в системе военного образования по программам подготовки младших командиров и офицеров запаса:

с одной стороны, как основа для формирования военно-профессиональных компетенций обучающихся, особенно касающихся умений воспитывать подчиненных в духе сознательного отношения к исполнению воинского долга и личной ответственности за защиту своей Родины;

с другой стороны, как оценка эффективности пройденного процесса обучения (в большей степени касается второй группы испытуемых, завершающих обучение по программе подготовки офицеров запаса).

Полученные результаты вместе с тем не в полной мере отражают все разнообразие феномена патриотизма как сложного интегрального личностного образования, а значит, не исчерпываются только лишь представлениями о личности настоящего патриота своей страны. Перспективным в обозначенной проблемной области являются исследования, посвященные изучению содержания представлений данных респондентов о деятельности настоящего патриота своей Родины.

ЛИТЕРАТУРА:

1. Послание Президента Республики Беларусь А. Г. Лукашенко белорусскому народу и Национальному собранию Республики Беларусь 21 апреля 2016 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pravo.by/document/?guid=3871&p0=P016p0001>. Дата доступа: 20.02.2021.

2. Петренко, В.Ф. Многомерное сознание: психосемантическая парадигма / В.Ф. Петренко. – М. : Новый хронограф, 2009. – 440 с.

АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПСИХОПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ В СИСТЕМЕ ВОЕННОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Учеба на военном факультете, равно как и военная служба неизбежно сопровождается значительными психическими и физическими нагрузками, напряженным ритмом жизнедеятельности курсантского коллектива. В этих условиях напряженность, как состояние личности, затрагивает всю психику и может негативно повлиять на характер и уровень психического здоровья курсанта в целом.

Работа по сохранению психического здоровья курсантов имеет комплексный характер и реализуется по двум основным направлениям:

1. Осуществление систематической и согласованной работы (психолога и других должностных лиц) профилактического плана по своевременному выявлению курсантов, нуждающихся в оказании психологической помощи и постоянном психологическом сопровождении, созданию благоприятных условий для жизнедеятельности курсантов, предупреждающих их психологическую и физическую перегрузки, негативные проявления нервно-психического напряжения и последствия кризисных состояний.

2. Непосредственное применение психологом специальных процедур по оказанию психологической помощи конкретным курсантам (коллективам) методами психологического консультирования, психокоррекции, психореабилитации, психологического обучения и просвещения.

Таким образом, психопрофилактика представляет собой комплекс мероприятий, направленных на предупреждение развития психических расстройств, путем предотвращения действия на организм болезнетворных, прежде всего психотравмирующих, факторов, выявление лиц с признаками нервно-психической неустойчивости, путем проведения оздоровительных мероприятий.

Основной целью организации психопрофилактической работы в системе военного образования является охрана психического здоровья личного состава, создание условий для их жизнедеятельности.

Проблема психического здоровья в практической деятельности военных психологов занимает одно из ведущих мест. Определить, где норма, а где патология зачастую очень трудно, и не всегда возможно.

Следует отметить, что в понимание психического здоровья включены не только медицинские, психологические критерии, но и общественные, групповые ценности и нормы, которые регламентируют духовную жизнь и поведение человека в социуме. При этом ориентация на норму психической деятельности обусловлена тем, что предполагаемый ею оптимальный уровень психического самочувствия и функционирования индивида в обществе возможен в первую очередь при отсутствии патологических отклонений в функционировании центральной нервной системы.

В этом плане все многообразие переходных состояний человека находится между двумя полюсами: «норма» и «патология». В этой связи наиболее общие критерии, характеризующие норму психического здоровья, являются:

соответствие субъективных образов отражаемым объектам действительности, а также соразмерность и соответствие характера реализаций внешним раздражителям, значению жизненных событий;

адекватный возрасту уровень зрелости эмоционально-волевой и познавательной сфер личности;

способность к адаптации в микросоциальных отношениях;

способность к самоуправлению собственным поведением, его изменению в зависимости от смены ситуаций, разумному планированию жизненных целей и поддержанию активности в их достижении;

критический подход к обстоятельствам жизни, чувство ответственности за окружающих.

Отклонение от психической нормы могут иметь временный или постоянный характер, а также различную степень выраженности – от более «заостренных» отдельных черт характера (акцентуация) до различного рода невротических состояний и деформации личности. Данные психологические особенности конкретного курсанта находят выражение в его поведении, отличающемся, как правило, от общепринятых взглядов. В сочетании с нарушением социальных (правовых и нравственных) норм такое поведение характеризуется как девиантное (отклоняющееся). Именно эти курсанты, в первую очередь, являются объектом наиболее пристального внимания военного психолога.

Наиболее типична по уровню субъективной трудности для большинства курсантов ситуация адаптации к условиям обучения в первые полгода обучения в системе военного образования. Процесс адаптации курсанта к условиям службы требует огромного нервного труда, связанного с отказом от большинства привычек и склонностей, выработанных в течение многих лет, подчинения своего поведения новым требованиям.

К основным мерам по психологической профилактике в данный период можно отнести:

внимательное, чуткое отношение к подчиненным, уважение их чувств, мыслей, суждений, предложений и т.д., недопущение в их адрес резких, оскорбительных высказываний, несправедливости;

изучение и знание реальной обстановки в семьях курсантов, оказание им всесторонней помощи в разрешении бытовых, финансовых, учебных и других проблем, а также семейных конфликтов;

анализ и оптимизация эргономических условий деятельности курсантов, исключение необоснованных физических и морально-психологических перегрузок;

постоянное изучение социально-психологических процессов в подразделениях, запросов, настроений курсантов;

создание здорового морально-психологического климата в воинских коллективах – атмосферы уважительности и взаимопомощи;

создание условий для проявления творческих способностей курсантов, представление возможности отдыха по собственному плану;

разъяснение курсантам типологических черт их характера, возможных негативных проявлений, связанных с ними, и формулирование рекомендаций для самоконтроля и коррекции (проводит лично психолог);

организация работы в подразделениях телефона доверия, по которому курсанты в трудную для них минуту могли бы получить помощь и т.д.

Данные меры по оказанию психологической помощи курсантам, на наш взгляд, позитивно влияют на их психическое здоровье.

Таким образом, психическое здоровье курсанта – это интегральная характеристика зрелости, полноценности, сохранности и активности механизмов их личностной саморегуляции.

ЛИТЕРАТУРА

1. Безруков, И.Н. Введение в профессию военного психолога / И.Н. Безруков, Н.Н. Лепешинский, Г.Е. Поддубский. – Мн.: ВА РБ, 2006. – 18 с.

2. Психология и педагогика. Военная психология: Учебник для вузов / Под ред. А.Г. Маклакова. – СПб.: Питер, 2005. – 464 с.

ПОДХОДЫ К ОБУЧЕНИЮ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ ВОПРОСАМ ОКАЗАНИЯ ПЕРВОЙ (МЕДИЦИНСКОЙ) ПОМОЩИ

Проблема демографической безопасности в настоящее время остается актуальной для многих государств в том числе и для Республики Беларусь. В целях остановки негативных демографических тенденций с которыми наша страна вступила в новое тысячелетие были приняты ряд мер организационно-правового и социально-экономического характера. Реализация их происходила на уровне правительства. Правовое закрепление было предусмотрено Национальной программой демографической безопасности Республики Беларусь на 2007 – 2010 годы, утвержденной Указом Президента Республики Беларусь от 26 марта 2007 г. № 135 (Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь, 2007 г., № 79, 1/8434) [1]. Как результат были обеспечены рост рождаемости и ожидаемой продолжительности жизни, замедление темпов сокращения численности населения, снижение уровня материнской и младенческой смертности, положительное сальдо внешней миграции.

Обращает внимание тот факт, что третье место по числу вызванных смертей среди основных классов причин смерти в Беларуси занимают внешние причины смерти (травмы, отравления и т.п.). По сравнению с 1990-м годом в 2008 году число умерших от внешних причин увеличилось на 40%. Особенно заметный рост числа умерших от этого класса причин приходится на конец 1990-х – начало 2000-х годов. При этом на протяжении всего периода 1980–2009 годов отмечаются устойчивые гендерные различия в смертности от внешних причин, которые особенно проявились в различии динамики этого вида смертности у мужчин и женщин, стремительное увеличение числа смертей от внешних причин наблюдалось в основном у мужчин [1].

Что касается различных видов внешних причин, то, по сравнению с 1980-ми, сильно возросли коэффициенты смертности от убийств и нападений, самоубийств, несчастных случаев, вызванных дымом, огнем и пламенем, особенно в возрастной группе 30-60 лет. Одной из основных причин всех несчастных случаев является потребление алкогольных напитков и наркотиков. В свою очередь отравление алкоголем занимает наибольший удельный вес среди всех отравлений.

В настоящее время основным нормативным правовым актом, регламентирующим порядок оказания медицинской помощи, является Закон Республики Беларусь «О здравоохранении». В этом Законе определен подход к регулированию оказания медицинской помощи. Так, в организациях здравоохранения оказание медицинской помощи пациентам осуществляется: врачами-специалистами, врачами-интернами; медицинскими работниками, имеющими среднее специальное медицинское образование; иными работниками здравоохранения в порядке, установленном настоящим Законом и иными актами законодательства Республики Беларусь. В последнем случае такая медицинская помощь является доврачебной. Медицинская помощь в настоящее время определяется как комплекс медицинских услуг, направленных на сохранение, укрепление и восстановление здоровья пациента, включающий медицинскую профилактику, диагностику, лечение, медицинскую реабилитацию и протезирование, осуществляемый медицинскими работниками, что резко сужает круг субъектов правоотношений. На месте происшествия очевидцами, не являющимися медицинскими работниками, в том числе и лицами, находящимися при исполнении обязанностей службы (военнослужащими, сотрудниками Министерства по чрезвычайным ситуациям, сотрудниками Министерства внутренних дел Республики Беларусь и т.д.) оказывается помощь нуждающимся лицам. Медицинские работники, неаттестованные к проведению аварийно-спасательных работ, в зону происшествия не допускаются [2].

Закон Республики Беларусь «Об органах пограничной службы Республики Беларусь» в соответствии со статьей 30 обязывает сотрудников пограничного комитета Республики Беларусь

«В случае, когда избежать применения физической силы, специальных средств, боевой техники, применения и использования оружия невозможно, военнослужащие обязаны принять все возможные меры для обеспечения безопасности граждан и стремиться причинить наименьший вред их жизни, здоровью, чести, достоинству и имуществу, а также принять меры по немедленному оказанию пострадавшим медицинской и иной необходимой помощи».

Совершенно очевидно, что при подготовке (обучении) военнослужащих в программах обучения среди прочих дисциплин включена дисциплина «Военно-медицинская подготовка». Одной из целей преподавания является формирование навыков оказания первой (медицинской) помощи, необходимых для дальнейшего прохождения службы в (на) различных должностях.

Большое внимание при изучении дисциплин медицинского профиля должно уделяться проведению практических занятий. При этом основное усилие при обучении следует уделять непосредственной отработке практических навыков в выполнении приемов и способов оказания первой (медицинской) помощи. В целях повышения качества и обеспечения правильности выполняемых манипуляций возможно внедрение широкого спектра компьютерных программ. Целесообразно создание типовой учебной программы с введением соответствующей дисциплины в обязательный государственный компонент при получении среднего, средне-специального, высшего образования всех ступеней.

В настоящее время в мире наблюдаются значительные изменения в методах и средствах образования по освоению навыков при оказании первой (медицинской) помощи. Широко внедрены в образовательный процесс манекены и тренажеры [3]. Их применение безопасно, доступно, просто, многофункционально (т.е. способно смоделировать достаточный спектр различных клинических ситуаций и состояний за короткий промежуток времени), относительно экономично. На рынке представлен широкий спектр манекенов и тренажеров различного функционального и анатомического назначения.

При проведении практических занятий особо важно давать обучающимся возможность самостоятельного выполнения максимального количества действий и приемов отрабатываемого навыка. Считается, что для доведения любого навыка до автоматизма необходимо выполнение действия не менее 300 раз [4]. В полной мере это можно отнести, например, к навыку непрямого массажа сердца.

К сожалению, в настоящее время нет возможности отработки необходимых манипуляций на реальном человеке (в том числе на трупах по моральным и этическим соображениям). Реальной альтернативой отработки практических навыков указанными способами и перспективным направлением повышения качества подготовки младших командиров и офицеров запаса может являться внедрение в учебный процесс использования специальных тренажеров.

Таким образом, в настоящее время внедрение в учебный процесс при обучении специалистов для службы в органах пограничной службы является актуальным и необходимым условием подготовки грамотного работника. Необходимо включать в учебные программы академические часы в количестве, достаточном для овладения практическими навыками всех обучающихся в группе. Широкое использование имитационного оборудования повысит качество обучения специалистов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Национальная программа демографической безопасности Республики Беларусь на 2011 – 2015 годы Указ Президента Республики Беларусь 11 августа 2011 г. № 357 [Электронный ресурс] // ЭТАЛОН. Законодательство Республики Беларусь / Нац. центр правовой информ. Респ. Беларусь. – Минск. - 2020.
2. Такулов, З.Н. Безопасность культурного туризма / З.Н.Такулов // Таврические студии. Серия: искусствоведение. – 2016. – № 8(22). – С. 106-114.
3. Надеин, К.А. Обучение основам первой медицинской помощи на уроках ОБЖ с использованием тренажеров манекенов / К.А. Надеин // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. – 2015. – № 45. – С. 84-88.
4. Отработка новых навыков [Электронный ресурс]. Режим доступа: mainjob.ru. Дата доступа: 10.08.2020.

Б
Г
А
А

Ответственный за выпуск
В.В. Малеронок

Отпечатано в типографии УО «БГАА»
с авторского оригинал-макета.

220096, г. Минск, ул. Уборевича, 77