

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования «Московский государственный технический
университет гражданской авиации» (МГТУ ГА)

На правах рукописи

РЫБКИН ПАВЕЛ НИКОЛАЕВИЧ

**КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ
ПОДГОТОВКИ ПИЛОТОВ ВЕРТОЛЁТОВ НА ОСНОВЕ
РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ ТРЕНАЖЁРНЫХ СИСТЕМ И
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ**

Специальность: 2.9.6 – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники

ДИССЕРТАЦИЯ
на соискание ученой степени
доктора технических наук

Научный консультант:
Чинючин Юрий Михайлович,
доктор технических наук, профессор

Москва – 2024

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
РАЗДЕЛ 1. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ	
АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ,	
ДИСПЛЕЙНЫХ ТРЕНАЖЁРОВ И КОМПЛЕКСНЫХ ЛЁТНЫХ	
ТРЕНАЖЁРНЫХ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ	
ПИЛОТОВ ВЕРТОЛЁТОВ	18
ГЛАВА 1. Проблемы управления профессиональной подготовкой,	
повышением квалификации и аттестацией пилотов вертолётчиков	
18	
1.1. Обзор поэтапного развития авиационных учебных центров	18
1.2. Анализ функциональных действий пилота вертолётчика в условиях	
реального штатного полёта	22
1.3. Анализ степени воздействия на пилота динамических нагрузок в	
нестандартных полётных условиях	25
1.4. Общие требования к современной образовательной системе	
подготовки пилотов	39
1.5. Выбор необходимого и достаточного состава автоматизированных	
обучающих технических средств	35
Выводы по главе 1	42
ГЛАВА 2. Разработка автоматизированных обучающих программ и	
учебных курсов	
44	
2.1. Структура, содержание и основные требования к	
профессиональной программе обучения	44
2.2. Автоматизированный обучающий курс «Общие авиационные	
дисциплины»	47
2.3. Автоматизированный обучающий курс «Дисциплины вертолётчика	
конкретного типа»	49
2.3.1. Автоматизированный обучающий курс «Конструкция и	
техническая эксплуатация вертолётчиков семейства Ми-8»	50
2.3.2. Автоматизированный обучающий курс «Конструкция и лётная	
эксплуатация вертолётчиков семейства Ми-8»	52

2.4. Система рубежного и итогового контроля уровня освоения обучающих программ и курсов	53
Выводы по главе 2	65
ГЛАВА 3. Компьютерные обучающие дисплейные тренажёры и их применение при освоении задач управления функциональными системами вертолѐта в полѐте	
67	67
3.1. Принципы построения математических моделей компьютерных тренажёров и их сертификации	67
3.2. Алгоритмы взаимодействия обучаемого с персональным компьютером	70
3.3. Моделирование технического состояния функциональных систем вертолѐта как тренажѐрных объектов	80
3.3.1. Адаптация теоретических основ к содержанию обучающих программ по управлению силовой установкой и несущей системой вертолѐта	81
3.3.2. Информационная картина и математическая модель развития сложной ситуации для тренажѐрной подготовки пилотов вертолѐта Ми-8МТВ	93
3.4. Организация вычислительного процесса	105
3.5. Программный продукт «Дисплейные функциональные тренажёры»	109
3.6. Обучающий навигационный тренажѐр. Разработка и применение в учебном процессе	114
Выводы по главе 3	122
ГЛАВА 4. Разработка комплексных лѐтных тренажѐрных систем профессиональной подготовки пилотов вертолѐтов	
125	125
4.1. Структура и содержание тренажѐрных задач обучения пилота вертолѐта Ми-8МТВ	125
4.2. Моделирование процессов тренажѐрного обучения	129
4.3. Моделирование движения вертолѐта в полѐте	135
4.4. Моделирование режимов работы силовой установки вертолѐта	139

4.5. Моделирование процессов функционирования систем вертолѐта как тренажѐрных объектов	145
4.6. Организация вычислительных процессов при моделировании и обучении на базе лѐтного тренажѐра	149
Выводы по главе 4	153
РАЗДЕЛ 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПИЛОТОВ ВЕРТОЛѐТОВ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ...	155
ГЛАВА 5. Методологические основы организации учебного процесса с использованием современных компьютерных средств профессионального обучения пилотов вертолѐтов	155
5.1. Этапы создания, сертификации, внедрения и развития комплексного лѐтного тренажѐра вертолѐта Ми-8МТВ (Ми-17-1В) на базе авиационных учебных центров	155
5.2. Научно-методическое и организационное сопровождение процессов профессиональной подготовки, повышения квалификации и аттестации лѐтного состава в авиационных учебных центрах	160
5.2.1. Общие вопросы организации образовательной деятельности в авиационных учебных центрах	160
5.2.2. Методическое обеспечение процессов обучения, повышения квалификации и аттестации лѐтного состава в авиационных учебных центрах	176
5.3. Особенности организации тренажерной подготовки на основе моделирования процессов эксплуатации вертолѐтов в нестандартных условиях	187
5.3.1. Моделирование процессов обучения в условиях сложных и аварийных ситуаций в полѐте. Процедуры самоконтроля	187
5.3.2. Модернизация тренажѐра для решения лѐтных задач при выполнении авиационных работ общего назначения. Расширение области применения	194
Выводы по главе 5	196

ГЛАВА 6. Техничко-экономические аспекты создания и внедрения системы профессиональной подготовки пилотов вертолётот	198
6.1. Содержание мероприятий и оценка экономических затрат на их реализацию в рамках системы подготовки лётных экипажей вертолётот	198
6.2. Постановка и решение оптимизационной задачи по рациональному базированию авиационных учебных центров, оснащённых современными лётными тренажёрами	202
6.3. Экспертная оценка эффективности лётного тренажёра	211
Выводы по главе 6	214
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	216
Перечень сокращений и условных обозначений	221
Список литературы	222
ПРИЛОЖЕНИЕ П.1. Примеры документов методического обеспечения	245
ПРИЛОЖЕНИЕ П.2. Сертификаты на лётный тренажёр и на виды образовательной деятельности	250
ПРИЛОЖЕНИЕ П.3. Комплект документов для индивидуального обучения	255
ПРИЛОЖЕНИЕ П.4. Экспертная оценка адекватности визуальной обстановки тренажёра и условий для деятельности пилота на тренажёре с неподвижной кабиной	259
ПРИЛОЖЕНИЕ П.5. Экспертная оценка условий выполнения первых упражнений в учебном полёте	261
ПРИЛОЖЕНИЕ П.6. Экспертная оценка необходимости тренажа на тренажёре с подвижной кабиной	262
ПРИЛОЖЕНИЕ П.7. Письмо руководителя департамента лётных стандартов	264
ПРИЛОЖЕНИЕ П.8. Перечень патентов и свидетельств	268
ПРИЛОЖЕНИЕ П.9. Примеры математических моделей функциональных систем вертолётот Ми-8МТВ	273

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. В условиях Российской Федерации с её обширными территориями и отсутствием развитой сети автомобильных дорог активное применение вертолётной авиации является одним из важнейших факторов дальнейшего развития труднодоступных регионов Севера и Сибири, богатых природными ресурсами. Помимо транспортной работы в недостаточно освоенных регионах, современные вертолёты выполняют множество нестандартных видов работ, связанных с их применением в народном хозяйстве: прокладку нефти- и газопроводов, установку опор электропередач, охрану лесов, тушение лесных пожаров и другие виды работ.

Одним из важнейших требований, предъявляемых к вертолётной авиации является обеспечение безопасности полётов, определяемое, прежде всего, техническим состоянием вертолётной техники и профессиональным уровнем обученности лётного состава. Для обеспечения и поддержания требуемого уровня профессиональной подготовки пилотов вертолётов должны предусматриваться специальные образовательные программы тренажёрной подготовки, повышения квалификации и аттестации лётного состава. В период 1990-х годов действующие единичные вертолетные тренажёры не в полной мере отвечали современным требованиям, а для новых типов вертолётов и их модификаций полностью отсутствовали.

Сопровождение всего периода «профессиональной жизни» пилота вертолёта, от момента его первоначального обучения до завершения лётной деятельности, не носило комплексного, системного характера. Практически не использовались современные компьютерные обучающие программы и технологии. Не проводилось, как правило, экономическое обоснование тех или иных управленческих решений в области подготовки лётного состава вертолётной техники, организационно-технического обеспечения и поддержания их профессиональной квалификации.

Указанные предпосылки и объективная оценка фактического состояния дел в области кадрового обеспечения эксплуатации отечественного вертолетного парка свидетельствуют об актуальности разработки и внедрения современной Комплексной системы профессиональной подготовки, повышения квалификации и аттестации пилотов вертолётов на основе автоматизированных обучающих средств и инновационных технологий.

Степень разработанности темы исследования

В ряде работ по исследованию научных проблем, посвященных повышению эффективности и безопасности полетов в ГА РФ, затрагивались задачи и проблемы качества подготовки профессиональной квалификации специалистов летно-подъёмного состава отечественной ГА. К числу работ по данному направлению следует выделить исследования, проведенные такими авторами как: Айдаркин Д.В., Акиншин Р.Н., Борзова А.С., Большедворская Л.Г., Борисов Ю.А., Ким В.С., Красовский А.А., Кузнецов С.В., Леонтьев В.А., Мацор А.И., Натальин В.М., Смуров М.Ю., Соловьев Б.А., Сызранцев В.Н., Тыщенко О.Б., Чинючин Ю.М., Шишкин В.В., Шаров В.Д.

Тем не менее, проводимые исследования ограничивались решением отдельных частных задач, не носящих комплексный системный характер, без глубокого теоретического обоснования механизмов и методов профессионального обучения и тестирования, в частности, как правило, в условиях ограниченного применения современных компьютерных технических средств и летных тренажеров с полномасштабным программным обеспечением.

Объект исследования – отраслевая система профессиональной подготовки и аттестации кадров для сферы лётной эксплуатации гражданской вертолётной техники. В Систему включены как специальные учебные заведения первоначальной подготовки.

Предмет исследований – совокупность процессов, принципов, механизмов и процедур обучения, повышение квалификации и аттестации пилотов на базе современных автоматизированных программных средств и инновационных технологий.

Цель диссертационной работы – решение научно-хозяйственной проблемы обеспечения научно-методологического сопровождения процессов профессиональной подготовки пилотов вертолётчиков на основе создания и внедрения в образовательную деятельность авиационных учебных центров (АУЦ) комплексной системы первоначального обучения, переподготовки и повышения квалификации пилотов вертолётчиков.

Для достижения сформулированной в диссертационной работе цели были поставлены и решены следующие задачи:

1. **Системный анализ проблем** управления профессиональной подготовкой, повышением квалификации (ПППК) пилотов вертолётной техники и **формирование** основных требований к Системе ПППК;

2. **Функциональный анализ, структурирование** профессиональных действий пилота в реальных условиях полёта и **разработка** автоматизированных обучающих программ (АОП) и учебных курсов. Выбор требуемого состава компьютерных технических средств;

3. **Построение моделей** движения вертолётчика, алгоритмов действий в стандартных и усложнённых условиях полёта с учетом функциональных повреждений конструкции вертолётчиков и их систем;

4. **Адаптация** теоретических знаний и объема требуемых компетенций к содержанию профессиональных программ обучения пилотов на комплексных лётных тренажёрах;

5. **Обоснование требований** по техническому и программному обеспечению образовательных центров компьютерной лётной подготовки пилотов вертолётчиков семейства Ми-8;

6. **Создание, сертификация и внедрение** персонифицированного комплексного лётного тренажёра вертолётчика Ми-8МТВ в отраслевую Систему ПППК;

7. **Разработка методологических основ** организации учебного процесса на базе современных компьютерных средств и инновационных технологий и **технико-экономическая оценка** мероприятий по дальнейшему развитию Системы ПППК в ГА;

Соответствие паспорту специальности. Общая направленность научной проблемы и содержания решаемых задач соответствуют научной специальности 2.9.6. – «Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники» и направлениям исследований (п.1, п.7, п.12, п.15) Паспорта специальности по отрасли – «Технические науки». Полученные в процессе проведенных исследований конечные результаты рассматриваются и оцениваются как разработка совокупности научно-обоснованных технических решений, представляющих теоретическую и практическую ценность для транспортной отрасли.

Методы исследования. Аналитическое, расчетно-графическое и оценочно-содержательное описание объекта и предмета исследования основано на научных положениях общей теории управления техническими и технологическими процессами, теории динамических систем, на применении законов и закономерностей теоретической и практической аэродинамики, теории газотурбинных двигателей, классической теории вероятностей и математической статистики, принципах и правилах построения алгоритмов, методов оптимальных решений, математического моделирования и программирования. В ходе проводимых исследований использованы рекомендуемая практика ИКАО, нормативные требования документов, регламентирующих авиационную деятельность в Российской Федерации.

Научная новизна:

1. Сформирована структура Системы ПППК пилотов вертолётчиков, отличающаяся тем, что учреждения профессионального обучения разного уровня и разных форм собственности методологически объединены в образовательные звенья от момента первоначального обучения до достижения необходимого уровня квалификации в период лётной деятельности. В результате преемственности образовательных программ, входящих в единую сеть, удовлетворяются требования документов ИКАО и Воздушного законодательства России, повышается технико-экономическая эффективность процессов обучения.

2. Структурированы действия (операции) пилотов по управлению вертолётчиком и его ФС на всех этапах реального полёта, отличающиеся тем, что в

качестве параметра структурирования использовано соотношение объёмов внекабинной и внутрикабинной информации, необходимой для выполнения необходимой операции, позволившее сформировать совокупности однородных «фрагментов» деятельности.

3. Теоретически обоснован и разработан комплект технических средств обучения, отличающийся тем, что каждое техническое средство (группа средств) предназначено для обучения и отработки «фрагментов» действий с определённым соотношением объёмов внекабинной и внутрикабинной информации. Последовательный переход от одной группы технических средств к последующей с увеличением объёма внекабинной информации обеспечивает освоение всего объёма программы подготовки (изучения, переучивания, повышения квалификации т.п.).

4. Созданы компьютерные продукты для вертолётов семейства Ми-8 – автоматизированные обучающие курсы теоретических дисциплин, автоматизированные системы контроля теоретических знаний, дисплейные тренажёры проверок ФС вертолёта, дисплейные тренажёры сложных и аварийных ситуаций, навигационные тренажёры, комплексный лётный тренажёр, отличающиеся тем, что они могут быть использованы в разных формах обучения: самостоятельное обучение и подготовка; аудиторные групповые занятия; в дистанционных обучающих системах.

5. Проведена оценка стоимостных затрат, связанных с ПППК пилотов вертолётов Ми-8, отличающаяся тем, что при оценке учтены, помимо подготовки, все виды поддержания квалификации в течение всего периода профессиональной деятельности пилота как в авиапредприятиях, так и непосредственно в АУЦ.

6. Разработана методика оптимального размещения комплексных лётных тренажёров на территории региона (страны), отличающаяся тем, что задача решается на двух уровнях: внешний – регионы и города; внутренний – распределение экипажей между тренажёрами.

Ценность научных результатов состоит в том, что они: позволяют реализовать комплексный подход к управлению процессами ПППК пилотов вертолётной техники на протяжении всего периода лётной работы,

обеспечивающему непрерывное сопровождение, поддержание и повышение квалификационного уровня пилота на основе применения современных образцов компьютерной техники, инновационных программ и технологий обучения, реализуемых в условиях сертифицированных АУЦ и специализированных комплексных лётных тренажеров; методологические, организационно-технические и технологические основы, заложенные при данном научном подходе в систему ПППК лётного состава вертолётных подразделений ГА, направлены на обеспечение эффективной и безопасной лётной эксплуатации вертолётной техники, с учётом нарастающих требований к авиационному виду деятельности, на расширение сферы применения вертолётов в народном хозяйстве и развития отечественного вертолётостроения.

Практическая значимость научных результатов заключается в том, что:

1. Автором работы внедрены в практику ПППК пилотов вертолётов современные виды технических средств компьютерного обучения, обеспечивающие полный цикл высококачественной первоначальной подготовки и предусматривающие контроль и поддержание на требуемом уровне лётную квалификацию в течение всего периода производственной деятельности пилота.

2. Практическая ценность подкреплена:

- Авторским свидетельством на изобретение – «Тренажёр вертолёта»: Пат. 2230371 Рос. Федерации; №2002/07543/11.
- Свидетельствами об официальной регистрации программ ЭВМ, баз данных и алгоритмов (7 свидетельств).

3. На основе выполненных исследований Росавиацией изданы руководящие и нормативно-технические документы, регламентирующие образовательную деятельность в рамках Системы ПППК пилотов вертолётов.

4. Результаты внедрены: в учебный процесс АУЦ «СПАРК» (ГА РФ); в АУЦ «БЕРАКРУЗ» (Мексика), АУЦ «AST» (Литва), которым на основании соглашений переданы пакеты методического и программного обеспечения учебного процесса; в вертолётных авиакомпаниях РФ («Авиашельф», «Ямал», «Нарьян-Марский ОАО»).

5. В АУЦ «СПАРК» по состоянию на 2022 г.:

- более 1000 пилотов и бортмехаников отечественных и зарубежных АК переучены по вертолётам Ми-8МТВ, Ми-171, Ми-172;
- зарегистрировано 5500 пилотов и бортмехаников отечественных и зарубежных АК, прошедших периодические курсы повышения квалификации;
- зарегистрировано 9000 экипажей отечественных и зарубежных АК, выполнивших периодические тренировки на Комплексном лётном тренажёре вертолёта Ми-8МТВ.

Личное участие автора:

1. На основе предложенной автором концепции разработана и внедрена Комплексная Система подготовки лётного состава, отвечающая повышенным требованиям по обеспечению эффективности и безопасной эксплуатации вновь создаваемых и перспективных видов вертолётной техники.

2. По результатам функционального анализа, при непосредственном участии автора, в учебных и испытательных полётах в качестве бортового инструктора, проведена структуризация целевых профессиональных действий пилота вертолёта, в том числе в экстремальных условиях, и обоснован объем квалификационных требований к обучающим модулям практического компьютерного обучения.

3. Проведено формализованное описание процессов развития сложных и аварийных полётных ситуаций и разработан комплекс моделей для тренажёрной подготовки пилотов вертолётов семейства Ми-8МТВ.

4. Сформировано техническое задание, обеспечено непосредственное сопровождение процессов разработки, испытаний, сертификации и внедрения Комплексного тренажёра Ми-8МТВ («Тренажёр вертолёта»: Пат. 2230371 РФ).

5. Разработаны методологические основы построения Системы организационного и методологического обеспечения и модернизации программ обучения пилотов вертолётного парка на базе АУЦ ММФ Мексики (г.Веракруз) и АУЦ ОАО «СПАРК» (АК РФ).

В АУЦ «СПАРК» на основе разработанного методического и программного обеспечения (с 2001 года – по настоящее время):

- переучено более 1000 пилотов и бортмехаников отечественных и зарубежных авиакомпаний (АК) переучены на вертолёт Ми-8МТВ, Ми-171, Ми-172;
- прошли периодические курсы повышения квалификации 5500 пилотов и бортмехаников отечественных и зарубежных АК;
- 9000 экипажей отечественных и зарубежных АК выполнили периодические тренировки по специальным обучающим программам на комплексном лётном тренажёре вертолёта Ми-8МТВ.

6. Решены задачи по модернизации тренажёрной системы подготовки лётного состава, оптимальному базированию АУЦ на территории РФ, по их оснащению современными комплексными лётными тренажёрами и проведена технико-экономическая оценка данных мероприятий.

Достоверность результатов обеспечивается и подтверждается принятыми и реализованными методами исследования проблемы, корректным применением аналитического аппарата при разработке алгоритмов и проведении целевого математического моделирования, методов и механизмов управления физическими процессами на уровне функциональных систем, силовой установки и вертолёта в целом, что в полной мере использовано при решении выделенного в работе комплекса научно-практических задач.

Обоснованность полученных результатов подтверждается экспериментальной проверкой эффективности процесса обучения и качественной квалификационной подготовкой лётного состава на базе комплексных лётных тренажёров, оснащенных современными компьютерными техническими средствами с полномасштабным программным сопровождением, методами и средствами контроля и оценки уровня освоения, обучаемыми образовательных программ.

Положения, выносимые на защиту:

1. Общие квалификационные требования к современной профессиональной образовательной системе подготовки и аттестации пилотов гражданских вертолетов;
2. Структурированная модель целевых профессиональных функций по установленному спектру действий пилота вертолета в стандартных и усложненных условиях полета;

3. Комплекс образовательных обучающих программ и специальных учебных курсов, адаптированных по объему и содержанию требуемых теоретических компетенций, знаний и умений к применяемым техническим средствам и методам компьютерного обучения;

4. Компонентный облик комплексного тренажера вертолета (КТВ) Ми-8МТВ, принципы взаимодействия его функциональных модулей, Руководство по деятельности (применению) КТВ в условиях АУЦ и авиакомпаний ГА;

5. Методы и алгоритмы программного обеспечения процесса обучения пилотов на базе КТВ, подтвержденные Свидетельствами о государственной регистрации;

6. Методологические основы организации учебного процесса с применением современных КТВ, технических компьютерных средств, инновационных технологий и их программного обеспечения;

7. Рекомендации по ТЭО мероприятий по развитию отраслевой системы профессиональной подготовки авиационных кадров, модернизации компьютерного и тренажерного оборудования.

Основные базовые документы по управлению профессиональной подготовкой авиационного персонала в ГА, принятые в работе:

1. Государственная программа РФ «Развитие транспортной системы» на период до 2030 года (Утв. Постановлением Правительства РФ от 20 декабря 2017 г. N 1596, с изм. от 7 сентября 2022 г. N 1579).

2. Воздушный кодекс РФ от 19.03.1997 N60-ФЗ (редакция, действующая с 1 января 2021 года):

- Статья 52. Понятие авиационного персонала (АП);
- Статья 54. Подготовка специалистов согласно перечню АП ГА;
- Статья 55. Признание свидетельства иностранного государства, выданного лицу из числа АП.

3. Федеральные авиационные правила (ФАП): Приказ Минтранса РФ от 29.09.2015 № 289 (Требования к АУЦ); Приказ Минтранса РФ от 12 сентября 2008 г. № 147 (Требования к экипажу и АП по ТО ВС) и др.

4. Международные стандарты:

- Приложение 1. К Конвенции о международной ГА. Выдача свидетельств авиационному персоналу. Издание четырнадцатое, июль 2022 г.;
- Приложение 6. К Конвенции о международной ГА. Эксплуатация ВС. Издание десятое, июль 2016 г.;
- Приложение 19. К Конвенции о международной ГА. Управление безопасностью полетов. Издание второе, июль 2016 г.;
- Дос 9868. ИКАО. Подготовка персонала. Издание второе, 2016 г.;
- Дос 10002. ИКАО. Руководство по обучению членов кабинного экипажа с учетом аспектов обеспечения безопасности. Издание 2. Документ обновлён на дату: 01.01.2020;
- Дос 9941. ИКАО. Пособие по разработке учебных программ. Квалификационная система подготовки.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на международных выставках: МАКС – 2001, 2003, 2005, 2011 (г. Жуковский), Фарнборо – 2002, 2004, 2006 (Фарнборо, Великобритания), Ле Бурже – 2001, 2003, 2005, 2007 (Париж, Франция), Гражданская авиация – 2002 (г. Домодедово, Москва), Акапулько (Мексика), Толука (Мексика), Чжухай (Китай), Бангалор (Индия) и других видах выставочных площадок, конференциях, форумах.

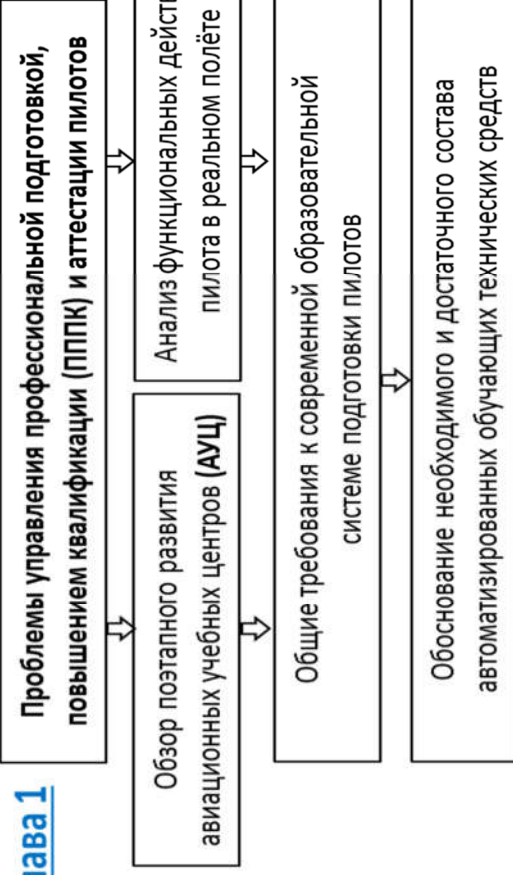
Публикации. По материалам диссертационного исследования и результатам работы: опубликовано 27 научных работ, из них 11 научных статей в изданиях, рекомендованных ВАК при Министерстве науки и высшего образования РФ; получены 2 Патента на изобретение и 7 Свидетельств об официальной регистрации программы ЭВМ, сборника алгоритмов и баз данных автоматизированных обучающих систем.

Структура и объем работы. Диссертация состоит из двух разделов, включающих введение, шесть глав, заключение, список литературы из 236 наименований и приложений. Основной текст изложен на 244 страницах, включая 76 рисунков и 14 таблиц.

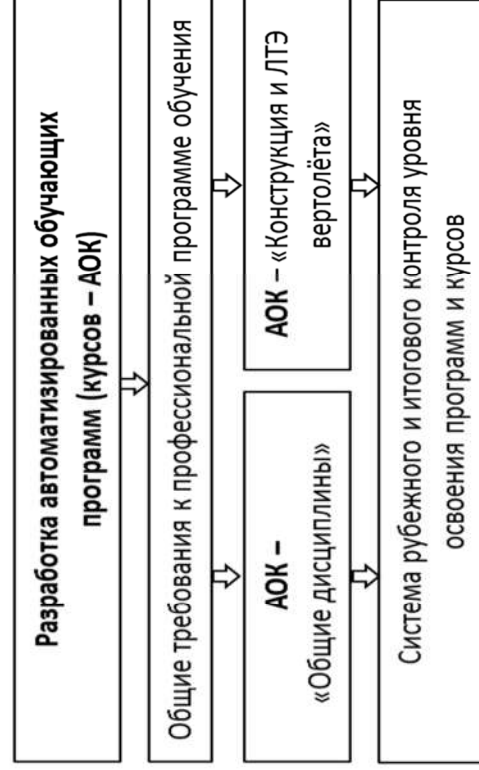
Общая структура диссертационной работы представлена на рисунке 1.

РАЗДЕЛ 1. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ, ДИСПЛЕЙНЫХ ТРЕНАЖЁРОВ И КОМПЛЕКСНЫХ ЛЁТНЫХ ТРЕНАЖЁРНЫХ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПИЛОТОВ ВЕРТОЛЁТОВ

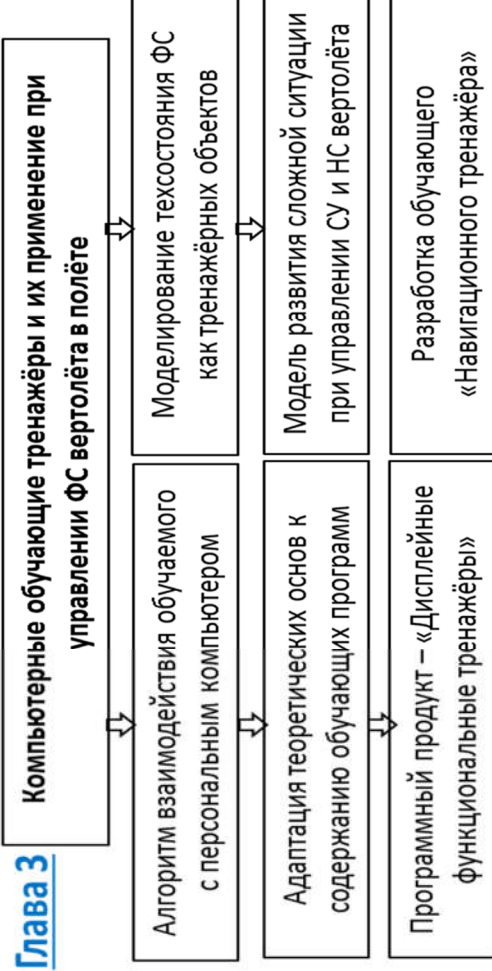
Глава 1



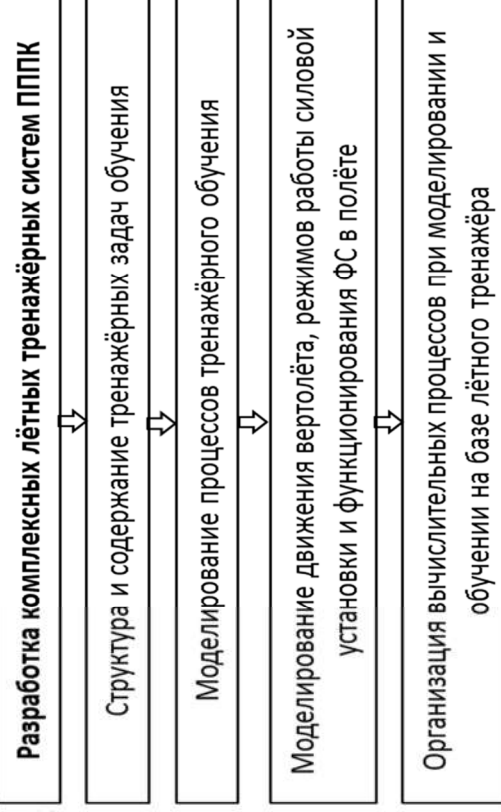
Глава 2



Глава 3



Глава 4



РАЗДЕЛ 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПППК ВЕРТОЛЁТОВ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ

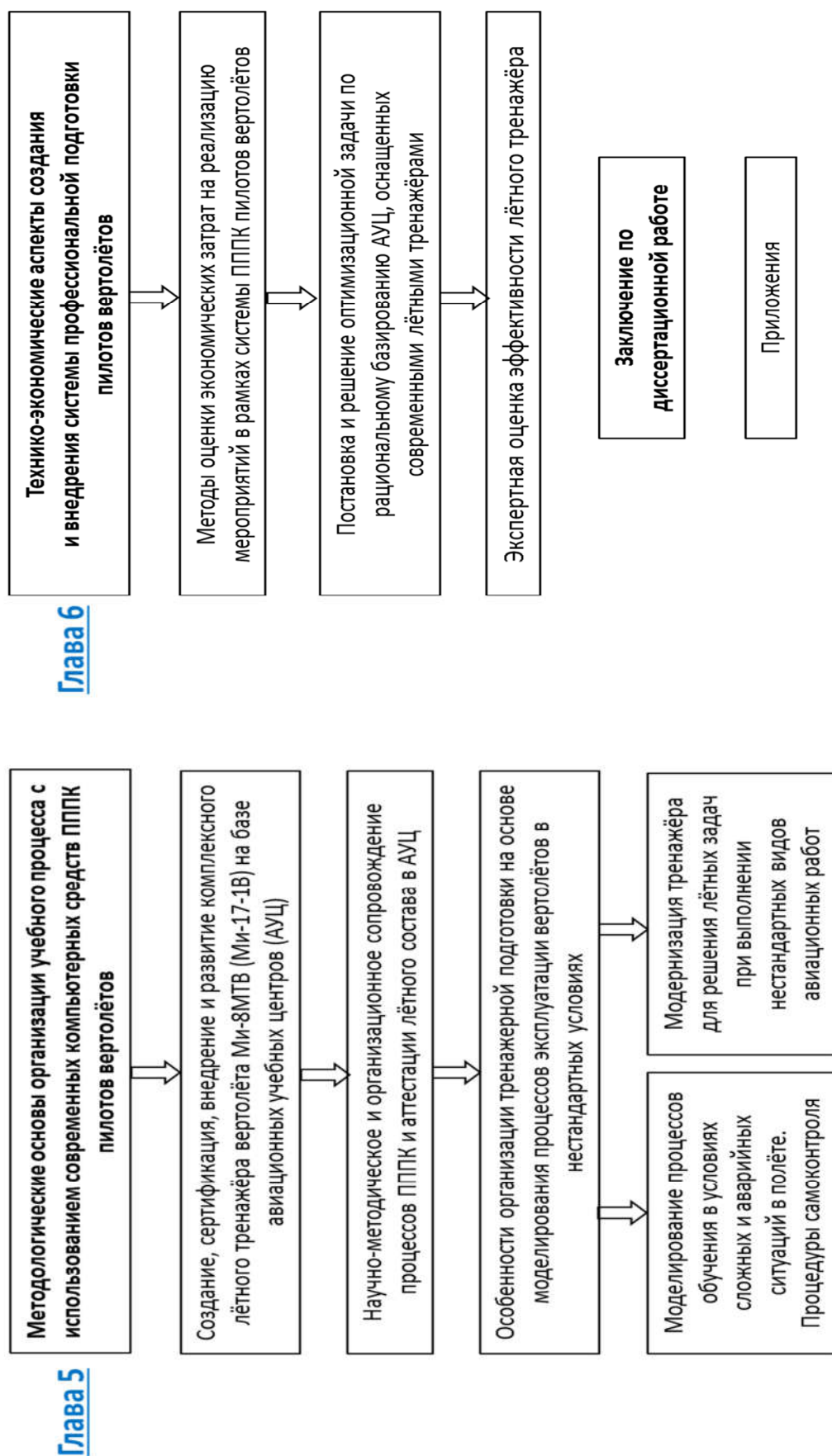


Рисунок В.1 – Структура диссертационной работы

РАЗДЕЛ 1. РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ, ДИСПЛЕЙНЫХ ТРЕНАЖЁРОВ И КОМПЛЕКСНЫХ ЛЁТНЫХ ТРЕНАЖЁРНЫХ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПИЛОТОВ ВЕРТОЛЁТОВ

ГЛАВА 1. ПРОБЛЕМЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКОЙ, ПОВЫШЕНИЕМ КВАЛИФИКАЦИИ И АТТЕСТАЦИЕЙ ПИЛОТОВ ВЕРТОЛЁТОВ

1.1. Обзор поэтапного развития авиационных учебных центров

Образование Авиационных учебных центров (АУЦ) в Гражданской авиации (ГА) приходится на 1999-й год (на базе ОАО «СПАРК»). Система подготовки и повышения квалификации пилотов вертолётов семейства Ми-8 включала:

- 1) первоначальную подготовку пилотов, из числа выпускников средней школы, проводимую на базе Омского лётно-технического училища (колледжа);
- 2) переучивание в АУЦ пилотов, ранее летавших на других типах гражданских вертолётов или на самолётах типа Ан-2;
- 3) переучивание пилотов, уволившихся из подразделений ВВС (рисунок 1.1).

В соответствии с нормативными документами [216] каждый действующий пилот должен с двухгодичным интервалом проходить в АУЦ курсы повышения квалификации и ежеквартальные тренировки на лётном тренажёре. В процессе производственной деятельности пилот в АУЦ обучался на специальных курсах с целью: расширения перечня допусков на полеты; переучивания на иную модификацию вертолёта; для повышения в классе и др. К началу 2000 года на территории РФ функционировали более 100 АУЦ. Большинство АУЦ, меняя Учредителя или название, оставались, по существу, УТЦ Территориальных

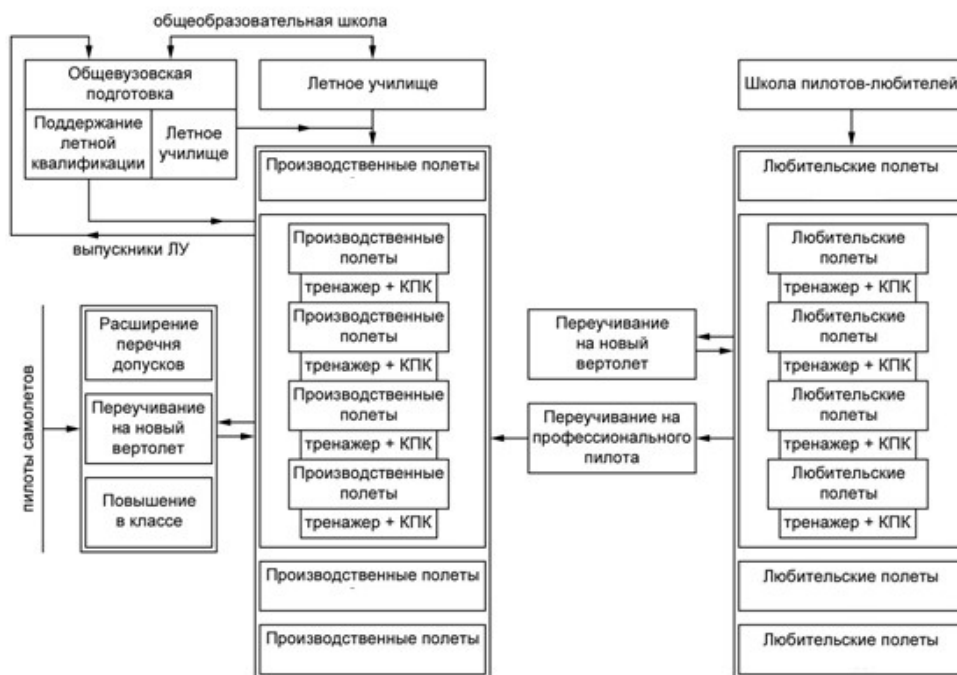


Рисунок 1.1 – Система подготовки пилотов вертолётов семейства Ми-8 в период до 2000-го года

После распада СССР развитие материальной базы территориальных УТЦ существенно замедлилось. Методическое обеспечение носило крайне ограниченный характер. Отдельными энтузиастами разрабатывались компьютерные достаточно примитивные контролирующие программы, представляющие собой набор текстовых вопросов с перечнем ответов, из которых один или несколько были правильными. По вертолёту Ми-8 в отдельных АУЦ (Нижевартовскавиа, «Нарьян-Марский ОАО») использовались компьютерные разработки кафедры ИАС Академии ГА, например, «Особые случаи в полёте вертолёта Ми-8». Разработки выполнялись под руководством и при участии автора диссертации и по уровню соответствовали ограниченным возможностям применяемых видов ПЭВМ (РС-286).

Вертолёт семейства Ми-8 эксплуатируются в народном хозяйстве с 1968 года. Для тренировок пилотов вертолёт Ми-8 в своё время в рамках государственных поставок, в ряде УТЦ были установлены лётные тренажёры. На

территории РФ оказалось 16 таких тренажёров. Однако, эти тренажёры по своим возможностям не могли полноценно решать комплекс задач тренировочного процесса. В последующие годы развитие вычислительной техники создали условия для создания тренажёров семейства Ми-8, отвечающих необходимым требованиям к современному комплексному лётному тренажёру.

К моменту образования АУЦ в ОАО «СПАРК» в авиапредприятиях России эксплуатировались более 600 вертолётов Ми-8Т и более 300 вертолётов новой модификации Ми-8МТВ, для которых каких-либо тренажёров вообще не существовало. Одновременно в зарубежных странах также эксплуатировались более 300 вертолётов семейства Ми-8, экспортированных в эти страны. Отсутствие современных лётных тренажёров вертолётов, экспортируемых в зарубежные авиакомпании, негативно влияло на позицию РФ на мировом рынке гражданских вертолётов. Конкурирующие с РФ зарубежные фирмы – производители вертолётной техники обеспечивали возможность тренировки экипажей на комплексных лётных тренажёрах с современной системой визуализации.

В настоящее время наблюдается повсеместное активное внедрение вычислительной техники и информационных технологий. На уже выпускаемых и, естественно, на вновь создаваемых и перспективных типах вертолётной техники традиционные стрелочные приборы заменяются функциональными дисплеями с выводом на них и пилотажно-навигационной информации, и информации о работе функциональных систем вертолёта.

Обучение пилотов на вертолёты с подобной кабиной устаревшими методами с использованием плакатов и макетов гидромеханических систем невозможно. Необходимы разработка и внедрение инновационных обучающих технологий, использующих тренажёры нового поколения и современные программные средства для индивидуальной теоретической подготовки лётного состава, которые позволяют проводить обучение в условиях, приближённых к условиям реальной деятельности пилота вертолёта.

К настоящему времени накоплен достаточно большой опыт использования компьютерных технологий для создания компьютерных курсов теоретических

дисциплин и для создания технических средств обучения операторов неподвижных и подвижных объектов [19, 28, 80, 105, 120, 140, 169].

Основные факторы, подтверждающие обоснованность и целесообразность применения комплексного и системного подхода к решению рассматриваемой проблемы, представлены на рисунках 1.2 и 1.3.

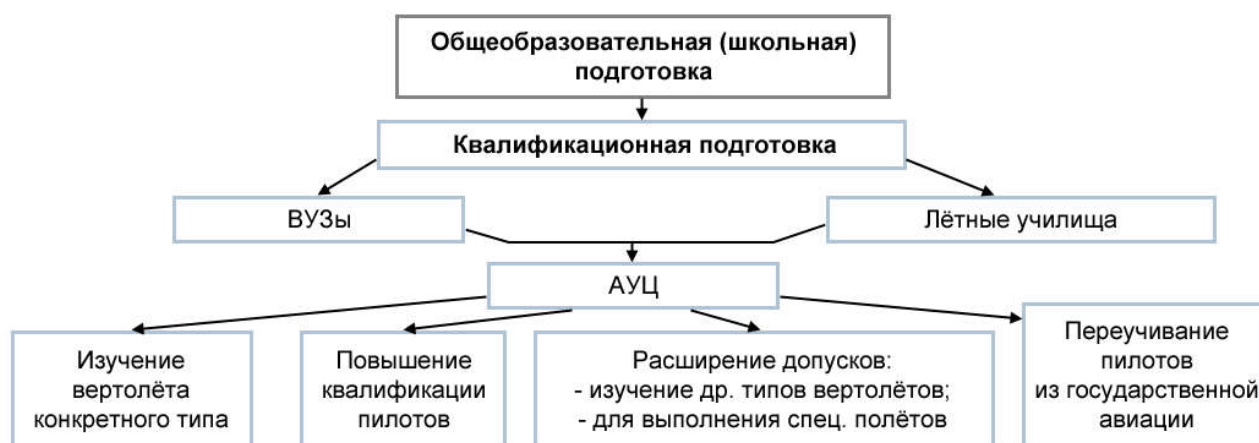


Рисунок 1.2 – Факторы комплексного подхода. Категории обучающихся



Рисунок 1.3 – Факторы системного подхода (с учётом причинно-следственных связей)

В этой связи, одной из главных целей и задач, поставленных перед АУЦ ОАО «СПАРК», была разработка Комплексной системы профессиональной подготовки, переподготовки, поддержания и повышения квалификации пилотов вертолётных семейства Ми-8, базирующейся на применении современных автоматизированных компьютерных средств и обучающих технологий.

1.2. Анализ функциональных действий пилота вертолёта в условиях реального штатного полёта

В штатном полёте пилот вертолёта выполняет функции оператора по управлению многочисленными сложными системами в условиях дефицита времени и с возможностью попасть в усложнённую ситуацию. В отличие от оператора неподвижного объекта пилот вертолёта должен также воспринимать информацию о положениях вертолёта в пространстве и его эволюциях [107, 129, 136, 174, 185].

Вертолёт, как твердое тело, имеет 6 степеней свободы при перемещении в пространстве. Но, при разработке компьютерных математических моделей некоторых систем вертолёта приходится учитывать не только факт изменения координаты, но и направление этого изменения. Это движения вперёд, назад, вправо, влево, вверх, вниз. А также наклоны вперёд, назад, вправо, влево и вращение относительно вертикальной оси по и против часовой стрелки. Информацию о работе систем пилот вертолёта воспринимает по зрительному, слуховому и тактильному каналам.

По зрительному и тактильному каналам поступает информация о положении вертолёта в пространстве и его эволюциях. В визуальном полёте пилот наблюдает наземные объекты. По изменению «видимого» положения объектов и их «видимых» размеров пилот судит о положении вертолёта в пространстве и

параметрах его движения (изменения составляющих скорости, высоты, наклона вертолѐта и др.). Помимо непосредственного наблюдения за окружающей обстановкой пилот следит за пространственным положением вертолѐта и его эволюциями по показаниям навигационных приборов, имеющихся в кабине вертолѐта (авиагоризонт, компас, вариометр, указатель скорости и др.). При полѐте вне видимости земли показания приборов являются единственными источниками информации о пространственном положении вертолѐта и его эволюциях. По зрительному каналу также поступает основная информация о работе функциональных систем и оборудования.

По слуховому каналу пилот получает информацию от членов экипажа, от наземных служб, от диспетчерских пунктов и от экипажей других вертолѐтов. Воспринимая звуки и шумы работающих агрегатов и узлов, и сравнивая их с нормированными значениями, пилот получает дополнительную информацию о работе функциональных систем и оборудования. По тактильному каналу пилот воспринимает эволюционные и вибрационные перегрузки. Получаемая по этому каналу информация помогает пилоту судить об эволюциях вертолѐта и о работе агрегатов несущей системы.

Деятельность пилота, как оператора движущегося в воздухе объекта, можно представить перечнем «однородных» действий, выполняемых им на разных этапах полѐта. По степени «однородности» действий можно выделить следующие основные задачи, решаемые пилотом вертолѐта:

- визуальное и приборное определение положения вертолѐта в пространстве;
- воздействие на органы управления для изменения (поддержания) положения вертолѐта в пространстве;
- снятие показаний приборов и оценка работы функциональных систем вертолѐта;
- управление функциональными системами и АиРЭО;
- решение навигационных задач и настройка навигационного оборудования;
- ведение радиосвязи;
- решение специфических задач при выполнении авиационных работ.

В процессе решения каждой из перечисленных задач пилот использует информацию, получаемую из анализа внекабинной и (или) внутрикабинной обстановки, в разном объёме для каждой задачи.

При решении первой задачи пилот визуально определяет положение вертолѐта в пространстве и (или) совершаемые им эволюции, наблюдает за наземными объектами – их перемещением относительно вертолѐта и изменением наблюдаемых размеров. На основании этих факторов пилот делает заключение о движении вертолѐта в пространстве. При эволюциях пилот дополнительно получает информацию, ощущая возникающие перегрузки.

При полѣтах вне видимости земли пилот определяет положение вертолѐта и(или) его эволюцию, пользуясь только внутрикабинной информацией – показаниями приборов и пилотажно-навигационного оборудования [175, 178, 210].

Вторая задача – воздействие на органы управления для изменения (поддержания) положения вертолѐта в пространстве – является продолжением первой. Для решения этой задачи пилот пользуется знаниями – на какие органы управления надо воздействовать, в каком объёме и с какой интенсивностью – и умениями это делать, чтобы перевести вертолѐт в новое (заданное или желаемое) положение. При управлении вертолѐтом в визуальных полѣтах пилот использует наблюдения за наземными объектами. При управлении вертолѐтом в полѣтах по ППП пилот пользуется только внутрикабинной информацией [182].

Третья задача – снятие показания приборов и оценка работы функциональных систем вертолѐта – решается пилотом практически на всех этапах полѣта. Эту задачу пилот решает, наблюдая за табло, свето- сигнализаторами, индикаторами и показаниями приборов и оборудования, т.е. пользуясь только внутрикабинной информацией. Правда, есть приборы, которые в визуальных полѣтах могут быть проверены по визуально определяемому положению вертолѐта. Это, например, вариометр, авиагоризонт. В полѣтах по ППП и эти приборы проверяются по другим приборам, прямо или косвенно измеряющим тот же параметр.

Четвёртая задача – управление функциональными системами и АиРЭО – тесно связана с третьей. Мало уметь только считывать показания приборов, надо

знать и уметь управлять работой функциональных систем и оборудования – включать, настраивать и перенастраивать, определять работоспособность и принимать меры по устранению обнаруженных отказов и повреждений. Управление функциональными системами и АиРЭО пилот осуществляет, пользуясь только внутрикабинной информацией.

Пятая задача – решение навигационных задач и настройка навигационного оборудования – в полётах по ППП решается пилотом с использованием только внутрикабинной информации. В визуальных полётах пилот периодически проверяет правильность ведения вертолёт по наземным ориентирам. Именно в эти моменты пилоту нужна информация о местности, над которой вертолёт пролетает.

Шестая задача – ведение радиосвязи – требует от пилота умение настраивать радиостанции и знать правила и фразеологию радиообмена. Сведения, которые пилот передаёт на землю, это, как правило, показания приборов, навигационные данные или видимые наземные объекты (задачи 1,3,5).

Седьмая задача — это специфический комплекс авиационных работ, выполнение которых возможно после успешного освоения действий при решении предыдущих шести задач.

1.3. Анализ степени воздействия на пилота динамических нагрузок в нестандартных полётных условиях

Одной из наиболее сложных проблем, решаемых разработчиком комплексных лётных тренажёров, является анализ динамического воздействия нагрузок на пилота в полёте и их учёт при отработке программ имитации действий обучаемого при тренажёрной подготовке. Известно, что степень воздействия динамических нагрузок зависит от их величины [78]. Поскольку гражданские

вертолёты в штатных полётах не совершают (и не должны совершать) резких эволюций, необходимо, тем не менее, определить количественные характеристики возможных динамических нагрузок, действующих на пилотов гражданских вертолетов в реальных полётных условиях.

Источниками динамических нагрузок являются траекторные перегрузки и вибрации несущего и рулевого винтов. Траекторные перегрузки возникают на тех участках траектории, где происходит изменение составляющих скорости, т.е. происходит разгон или торможение вертолётa в какой-либо плоскости. При полёте с неизменяемыми составляющими скорости траекторные перегрузки отсутствуют. Траектории взлёта, разгона и набора высоты, снижения и торможения вертолётa нормируются и приводятся в виде графиков в нормативной документации РЛЭ [182]. Путём пересчёта данных, приведённых на этих графиках, определены величины вертикальных и горизонтальных перегрузок, действующих на пилота при рекомендуемых условиях разгона и набора высоты (рисунок 1.4).

Кроме графических зависимостей в РЛЭ приведены данные о предельных режимах разгона и торможения вертолётa.

Возникающая при разгоне и торможении продольная перегрузка n_x определяется по формуле

$$n_x = \frac{P - X}{G} = 0,17 \dots 0,26, \quad (1.1)$$

где P – сила тяги;

X – сила лобового сопротивления;

G – вес вертолётa.

Боковая перегрузка n_z мала, и её можно принять 0.

Нормальная (вертикальная) перегрузка n_y равна

$$n_y = \frac{Y}{G} < 1,41, \quad (1.2)$$

где Y – подъемная сила.

Для максимального угла крена, нормированного для вертолётa Ми-8МТВ на уровне 45 град, вертикальная перегрузка (n_y) оказывается равной 1,41.

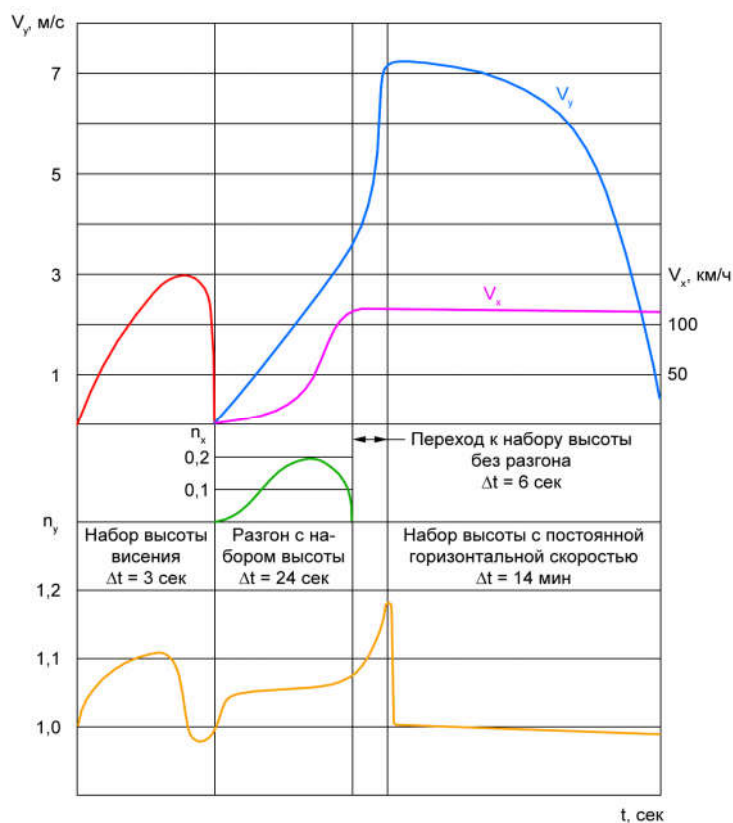


Рисунок 1.4 – Перегрузки для рекомендованных режимов полёта вертолёт Ми-8МТВ

Величина вибрационной перегрузки зависит от тщательности балансировки несущей системы, и, в первую очередь, несущего винта, а также от режима работы силовой установки. Представление о реальной величине вибрационной перегрузки и вертикальной маневренной перегрузки можно получить по записям вертикального акселерометра, устанавливаемого на вертолёт на время испытательных полётов после капитально-восстановительного ремонта.

На рисунке 1.5 приведена расшифровка записей параметров полёта на этапе разгона с набором высоты одного из вертолётов при испытании.

Результаты расчётов и замеров в реальных полётах позволяют сделать следующий вывод: в штатных полётах на пилота гражданского вертолёт действуют перегрузки, не превышающие 1,5 в вертикальном направлении и 0,2 в горизонтальном, продолжительностью несколько секунд.

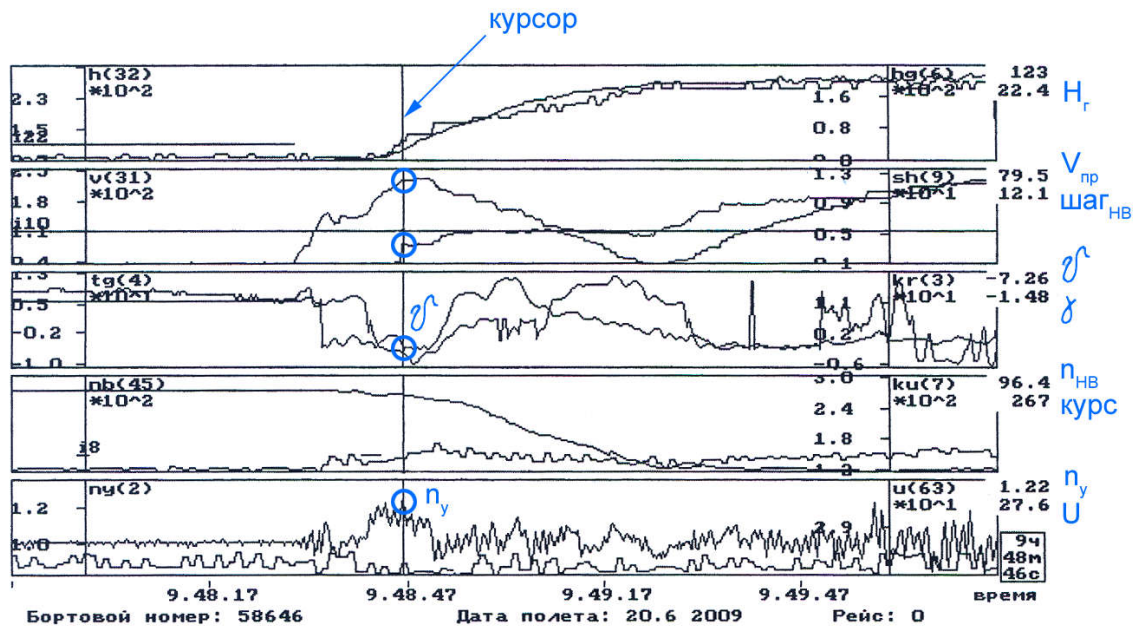


Рисунок 1.5 – Записи параметров в полёте

К настоящему времени опубликовано достаточно много работ по исследованию влияния перегрузок на работоспособность оператора. В частности, в работе [78] показано, что отрицательное воздействие на работоспособность оператора (летчика) начинает проявляться при величине перегрузки более 2, что ниже перегрузок, действующих в полёте на пилота гражданского вертолёта. Это означает, что навыки по пилотированию вертолёта и по управлению функциональными системами могут приобретаться и отрабатываться пилотами гражданских вертолётчиков в условиях, адекватных условиям реального полёта, но без воздействия перегрузок.

К настоящему времени ресурсы вычислительных устройств позволили воспроизвести визуальное воздействие, адекватное визуальному воздействию в полёте, на экране, расположенном перед неподвижной кабиной с полной имитацией органов управления и всех функциональных систем вертолёта (в условиях комплексного лётного тренажёра с неподвижной кабиной).

Для имитации воздействия эволюционных перегрузок тренажёр должен снабжаться системой подвижности кабины. Система подвижности значительно увеличивает стоимость как самого тренажёра, так и стоимость его «лётного» часа работы. К сожалению, отсутствуют инструментальные методы оценки качества

подготовки пилотов на тренажёрах с подвижной и неподвижной кабиной. Однако, путём имитации вибрационных перегрузок по критерию «цена – полезность» следует, безусловно, признать целесообразной. Сравнительно недорогая вибрационная платформа, на которую устанавливается кабина тренажёра, позволяет имитировать вибрации с реальным спектром частот и амплитуд, в результате чего полёт на вертолётe приближается к реальному.

1.4. Общие требования к современной образовательной системе подготовки пилотов

Разрабатываемая Система профессиональной подготовки, повышения квалификации (ПППК) пилотов вертолётeв, ориентированная на использование современных компьютерных обучающих средств и инновационных технологий обучения (в дальнейшем Система ПППК), охватывает все этапы подготовки пилота, с начала его профессиональной лётной деятельности (первоначальная подготовка) до её завершения.

Первоначальная подготовка лётного состава обеспечивается по следующим направлениям. Наиболее массовая подготовка осуществляется в лётных училищах, по окончании которых выпускники получают свидетельство коммерческого пилота. В высших авиационных учебных заведениях студенты осваивают образовательную программу высшего профессионального образования и программу первоначальной лётной подготовки, получая после окончания свидетельство коммерческого пилота. Возможен путь через школы (центры) подготовки пилотов-любителей, затем, после обучения на специальных курсах, они также становятся коммерческими пилотами.

Системой ПППК предусмотрен периодический контроль профессиональной квалификации пилота. Многие лётные технологии пилот выполняет многократно и постоянно, при этом навыки для выполнения этих технологий обычно не теряются, более того, совершенствуются. Однако, возникают нестандартные условия, с которыми пилот может столкнуться неожиданно, но именно в таких условиях он должен владеть технологиями, позволяющими безопасно завершить полёт. К числу таких обстоятельств, в первую очередь, относятся события, связанные с возникновением усложнённых (аварийных) ситуаций.

В этой связи, в условиях лётного тренажёра предусмотрен периодический контроль навыков лётной (операторской) деятельности пилотов и, при необходимости, путём тренировок поддержание необходимых навыков на должном уровне.

При создании Системы ПППК предусмотрено, в качестве главного требования, обеспечение согласованности методологических, организационно-технических, учебно-методических и аппаратно-программных управленческих решений для всех звеньев и Системы в целом.

Назначение *методологического блока* – обеспечить все звенья Системы взаимоувязанными учебными программами. Например, профессиональная характеристика выпускника, первоначально получившего свидетельство коммерческого пилота, должна быть одной и той же. Учебные программы профессионального цикла высшего учебного заведения, лётного училища и курсов подготовки коммерческих пилотов из пилотов-любителей должны обеспечить на выходе один и тот же состав знаний, умений и представлений.

Общими требованиями к учебным программам являются отсутствие дублирования и **ориентация на перспективные образовательные технологии**. Едиными и взаимоувязанными должны быть программы для всех звеньев Системы, которые обеспечивают периодический контроль и поддержание необходимого уровня профессиональной квалификации пилотов. Результатом решения задач методологического блока должно быть создание **Атласа** типовых учебных программ для всех звеньев Системы.

Создание Системы происходит не на пустом месте. В неё в качестве некоторых звеньев входят действующие учреждения профессионального образования: Учебные центры авиакомпаний, бывшие Учебные центры Территориальных управлений ГА и другие образовательные учреждения разной формы собственности.

Задача *организационно-технического блока* – разработка организационных форм звеньев Системы и путей модернизации существующих учреждений профессионального образования, преобразования их в учреждения профессионального образования нового поколения, ориентированные на использование современных образовательных технологий. В Системе должна быть обеспечена инвариантность звеньев для учёта географических, климатических и иных индивидуальных особенностей, и условий.

Задача *учебно-методического блока* – обеспечить все звенья Системы учебно-методическими материалами. Для каждого звена системы должен быть определён оптимальный объём и набор методических средств обеспечения учебных программ и учебных курсов.

Аппаратно-программный блок Системы ПППК пилота вертолёта должен базироваться на современных образовательных технологиях с использованием многообразия вычислительной техники.

Опыт работы коллективов, разрабатывающих компьютерные обучающие программы [122, 124, 159, 203, 233, 234, 236], позволяет сформулировать ряд принципов, которые заложены в Систему ПППК, прежде всего принципы: стереоскопичности, модульности, вариативности, паритетности, открытости [4, 23, 89, 144, 198].

Принцип стереоскопичности. Считается, что принцип стереоскопичности является методологическим принципом компьютерных технологий обучения, поскольку такой подход позволяет добиться у слушателей ощущения "дидактического интерьера" – среды обучения, в которой они осуществляют свою деятельность [208].

Принцип стереоскопичности обеспечивается соблюдением следующих правил:

- наглядное представление информации должно, помимо текстовой информации, быть организованной специальным образом, сопровождаться

графическими иллюстрациями, звуковым и голосовым сопровождением (по желанию обучаемого);

- осуществление контроля с обратной связью, с диагностикой ошибок (объяснение причин ошибочных действий слушателя и предъявление на экране соответствующих комментариев и образцов решения);
- применение программных средств с разным методическим назначением: моделирующих и имитационных, демонстрационных (визуально-слуховых), учебно-игровых, а также информационно-поисковых и информационно-справочных подсистем,

Принцип модульности (блочной) является главным свойством, реализуемым при создании обучающих систем. Важно отметить, что преимущества модульных обучающих систем начинают быть все более значимыми по мере насыщения электронной составляющей Системы различными компьютерными компонентами [207].

Быстрое развитие на аппаратном уровне компьютерной, телекоммуникационной техники, средств мультимедиа приводит к необходимости при создании обучающей системы ориентироваться на необходимость замены ее элементов на более современные даже в процессе её разработки. При этом "бумажная" составляющая системы может и не меняться. Таким образом, блочная (модульная) структура Системы является необходимым условием её существования. Принцип модульности построения обеспечивается соблюдением следующих правил:

- учебный материал выстраивается с учетом принципа модульности;
- система должна иметь такую блочную структуру, чтобы в процессе эксплуатации имелась возможность дополнения, исправления, замены (даже полной) как отдельных частей каждой подсистемы, так и ее полной замены;
- материал внутри каждой подсистемы должен быть структурирован по блокам (слотам, ячейкам и т.п.) так, чтобы существовала возможность конструировать единое содержание обучения из этих элементов, так и легко их расширять, заменять и вводить новые элементы в интегрированной базе данных.

Принцип вариативности. Вариативность является принципиальным требованием любой современной системы обучения и в зависимости от уровня

образования, от степени подготовленности и уровня обученности реализация вариативности предполагает различное содержание, определяющее уровень вариативности [145]. В литературе выделяют следующие возможные уровни реализации вариативности:

- методов и форм организации познавательной деятельности;
- содержания и структуры изучаемого учебного материала;
- структуры организации познавательной деятельности;
- структуры целей и основных задач учебных дисциплин.

Следует подчеркнуть, что реализация более высоких уровней вариативности несомненно приведет к изменению и предыдущих уровней. Так, например, изменение целей и задач курса при подготовке пилота-инструктора и 2-го пилота не позволит сохранить неизменными содержание и комплекс методов и приемов обучения.

Принцип вариативности построения состоит в том, что система создана из отдельных подпрограмм, они могут быть легко заменены, пере структурированы, дополнены. Это позволяет получить динамичную, открытую для изменений и дополнений обучающую Систему. При этом в такой Системе можно легко изменять как базу знаний (содержание учебной дисциплины), так и осуществлять выбор необходимых средств для достижения целей, и усвоения содержания.

Принципа паритетности. В соответствии с этим принципом, который еще иногда называют педагогикой сотрудничества, слушатель и преподаватель находятся не в субъект-объектном, а в субъект-субъектном взаимодействии [4]. Психологами доказано, что обучение протекает эффективно тогда, когда слушатель сам максимально активен, а преподаватель выполняет роль консультанта-координатора.

Принцип паритетности при построении учебного процесса на основе компьютерных технологий претерпевает существенные изменения. Программно-методическое обеспечение комплекса настолько увеличивает потенциал организационной и исполнительской самостоятельности слушателя, что в конце обучения он может полностью перейти на самообучение. Принцип паритетности обучения на основе компьютерных технологий требует соблюдения следующих правил:

- обучающая система должна не только обеспечивать возможность самостоятельного усвоения знаний обучающимся до определенного уровня, но и вооружить его необходимой стратегией усвоения учебного материала;
- в процессе обучения преподаватель делегирует целый ряд своих функций - информационную, визуализацию, проведение эксперимента, контроля - модульной программе, что позволяет ему осуществлять оптимально функции консультанта и научного руководителя;
- обучающая система позволяет формировать культуру учебной деятельности и информационную культуру (за счет интегрированной пользовательской среды).

Принцип открытости. Принцип открытости при построении обучающей системы означает, прежде всего, что сама обучающая система является открытой системой по всем направлениям:

- сами модульные программы допускают включение новых модулей, а модули - новые учебные элементы;
- комплекс должен допускать изменения в своей структуре, как по объему, так и по составу его составляющих блоков (подпрограмм);
- информация, имеющаяся в обучающей Системе, должна быть доступной для ее использования в локальных и глобальных сетях, то есть может быть реализован удаленный доступ, используемый в дистанционном обучении, для самообучения или для обучения слушателей, которые по объективным причинам не могут присутствовать на занятиях (болезнь, командировка и т.п.).

Таким образом, принцип открытости построения предполагает, что Система представляет необходимые по объему и качеству информационные учебные ресурсы не только любому пользователю-слушателю, но и неограниченные возможности для преподавателей в процессе разработки и совершенствования системы.

Выполнение принципов модульности, вариативности и открытости построения обеспечит устойчивость Системы к эффектам морального и физического старения аппаратной базы за счет её независимости от типа компьютера, операционной системы и пакетов прикладных программ.

1.5. Выбор необходимого и достаточного состава автоматизированных обучающих технических средств

Задача выбора состава автоматизированных обучающих технических средств решается, прежде всего, на основе анализа условий реализации тех действий пилота, которые должны быть обеспечены необходимым объёмом информации внутрикабинной и (или) внекабинной обстановки. Например, для обучения решению навигационных задач необходимы технические средства, которые позволяют имитировать и внутрикабинную и внекабинную обстановку, каждую в соответствующем объёме [17, 65, 222].

Создание оптимального состава технических средств обучения с разными объёмами имитации внекабинной и внутрикабинной обстановки позволяет минимизировать затраты на подготовку и поддержание профессиональной квалификации пилотов. Чем меньше объём имитации внекабинной и внутрикабинной обстановки, тем дешевле и доступнее техническое средство обучения и тренажа. Поэтому целесообразно в процессе подготовки и поддержания квалификации пилотов выделить этапы, ориентированные на определённый класс технических средств:

1. Этап теоретических дисциплин. Технические средства, используемые на этом этапе, не связаны с имитацией каких-либо условий полёта (иллюстрации любых видов: плакаты, каталоги, уч. пособия и т.п.).

2. Этап профессионального обучение при имитации минимально необходимого объёма обучаемых действий.

3. Этап профессионального обучение с имитацией такого объёма действий, который позволяет считать условия обучения, близкими к реальным полётным условиям.

4. Этап профессионального обучения с имитацией полётных условий в полном объёме.

5. Этап профессионального обучения в реальных условиях.

С ориентацией на опыт обучения операторов в других сферах деятельности [113, 155], можно представить ряд технических средств обучения пилотов вертолётчиков в следующем виде:

- для этапа теоретического обучения – автоматизированные обучающие курсы (АОК) соответствующих дисциплин: с видео и аудио выдаваемой информацией, с использованием мультимедиа, кинофрагментов и других современных средств подачи информации;

- для этапа профессионального обучения при имитации минимально необходимого объёма действий – это дисплейные функциональные и ситуационные тренажёры: функциональные тренажёры – для отработки действий по управлению функциональными системами и АиРЭО; ситуационные тренажёры – для отработки действий в сложных и аварийных ситуациях. В тренажёрах должна быть предусмотрена возможность индивидуальной отработки действий и отработки действий в составе экипажа;

- для этапа профессионального обучения с имитацией такого объёма воздействий, который позволяет считать условия обучения, близкими к реальным полётным условиям: кабины тренажёры без визуализации; навигационные (дисплейные или экранные) тренажёры с упрощенной визуализацией внекабинного пространства;

- для этапа профессионального обучения при имитации полётных условий в полном объёме: комплексный лётный тренажёр с неподвижной платформой; комплексный лётный тренажёр с подвижной платформой;

- этап профессионального обучения в реальных условиях проходит в учебных полётах на реальном вертолёте.

Структура и содержание каждого технического средства определяется потребностью в нём на различных этапах учебного процесса по переучиванию пилота на вертолёт семейства Ми-8 и дальнейшего поддержания его профессиональной квалификации. Состав и объём изучаемого материала

содержатся в основополагающем для пилота документе – «Руководстве по лётной эксплуатации конкретного типа вертолёт» (например, РЛЭ Ми-8АМТ [182]). Необходимый для изучения материал структурирован следующим образом:

1. Специальные и общие авиационные дисциплины;
2. Устройство вертолёт и технология управления его функциональными системами на земле и в полёте (Разделы РЛЭ 2, 8 и частично 7);
3. Подготовка к полёту (Раздел РЛЭ 3 и частично 7);
4. Действия экипажа в полёте при нормальных условиях (Раздел РЛЭ 3 и частично 7);
5. Действия экипажа в сложных и аварийных ситуациях (Разделы РЛЭ 5 и 6);
6. Действия экипажа при выполнении авиационных работ (Раздел РЛЭ 4а).

Для каждого блока разрабатывается (имеется) набор компьютерных средств обучения.

В первый блок входят специальные дисциплины, не связанные с конкретным типом вертолёт и введённые нормативными документами Федерального органа управления ГА [175, 212]. К ним относятся, например, «Правила перевозки опасных грузов», CRM и др. В этот же блок включена дисциплина «Особенности аэродинамики вертолёт», которая изучается слушателями-пилотами, летавшими ранее на самолётах и не имеющими свидетельства пилота вертолёт. Изучение дисциплин этого блока производится с помощью компьютерных курсов по этим дисциплинам.

Второй блок обеспечивает освоение слушателями раздела РЛЭ «Эксплуатация систем и оборудования». Материал этого раздела велик и он, для удобства пользования, разделён на следующие группы:

- основные геометрические данные вертолёт;
- фюзеляж вертолёт;
- силовая установка;
- функциональные гидромеханические и электрические системы;
- авиационное и радиоэлектронное оборудование.

Порядок изложения материала по каждой функциональной системе в РЛЭ нормирован и разделён на 4 подраздела: краткое описание; эксплуатационные ограничения; нормальная эксплуатация; типовые отказы и повреждения.

Для первых двух подразделов созданы компьютерные обучающие курсы. В них используются текстовые вставки со звуковым сопровождением, технические рисунки, схемы, фотографии, мультипликация и кинофрагменты, отдельные материалы изучаются и осваиваются с помощью интерактивных дисплейных компьютерных тренажёров. Тренажёр работает в двух режимах: демонстрация и тренаж. В режиме «демонстрация» показывается, что и как надо делать. В режиме «тренаж» слушатель-пилот, пользуясь средствами взаимодействия с экраном монитора, сам выполняет необходимые действия. Результаты его действий фиксируются и оцениваются.

Блок 3 РЛЭ «Подготовка к полёту») разделён на два подраздела: «Расчёт полёта» и «Техническая подготовка к полёту».

В подразделе «Расчёт полёта» приводится методика расчёта необходимых для выполнения полёта параметров: потребного количества топлива, возможной коммерческой нагрузки, взлётной массы, центровки, оптимальных режимов полёта и др. Расчёты проводятся с использованием приведённых в РЛЭ таблиц, графиков и номограмм. Для обучения порядку расчётов с помощью графического материала используется компьютерный курс, в котором излагается методика расчётов и демонстрируются правила использования для этих целей графического материала. Навыки использования графического материала для расчётов отрабатываются на дисплейном компьютерном тренажёре.

В разделе «Техническая подготовка к полёту» выделено подразделы: общие указания; внешний осмотр вертолёт; осмотр внутри вертолёт; подготовка к запуску и запуск двигателей; подготовка к вырубиванию.

Для освоения порядка внешнего осмотра вертолёт используется компьютерный фильм с паузами на отдельных объектах для необходимых пояснений.

Осмотр внутри кабины, подготовка к запуску и запуск ВСУ, запуск основных двигателей и подготовка к вырубиванию осваиваются с помощью компьютерной

программы. Каждому члену экипажа поясняется и показывается, что и как он должен делать.

Для освоения действий каждым членом экипажа разработан дисплейный тренажёр. Тренажёр работает в трёх режимах: в индивидуальном – с поддержкой ПЭВМ за двух других членов экипажа; в режиме неполного экипажа, когда два члена экипажа работают совместно, а ПЭВМ работает за третьего члена; в режиме полного экипажа, когда все члены экипажа работают согласованно.

Окончательную отработку действий и контроль освоения экипаж проводит на тренажёре «Реальная кабина без визуализации».

В блоке «Выполнение полёта» полёт разделён на 7 этапов: руление; взлёт и полёт на малой высоте; набор высоты; крейсерский полёт; снижение; заход на посадку; посадка.

Изучаемый материал для каждого из этапов полёта состоит из нескольких компонентов, взаимоувязанных между собой:

- описание вариантов выполнения данного этапа полёта;
- численные значения параметров этих этапов;
- режимы работы функциональных систем вертолёт, обеспечивающих реализацию вариантов;
- порядок действий членов экипажа по управлению функциональными системами вертолёт при реализации того или иного варианта;
- приёмы управления вертолёт при реализации вариантов этапа при визуальном полёте.

Для освоения материала каждого из компонентов разработаны необходимые технические средства обучения. Для первых трёх компонентов используются соответствующие пассивные компьютерные дисплейные курсы.

Четвёртый компонент предполагает освоение порядка действий членами экипажа при выполнении вариантов этапа полёта. Часть действий «отрабатывается» на интерактивных дисплейных компьютерных тренажёрах, в частности, действия по управлению функциональными системами вертолёт.

Для отработки действий по управлению системами и оборудованием, связанными с навигацией, используется компьютерный экранный или дисплейный тренажёр с имитаторами органов управления вертолётom и с простейшей системой визуализации (навигационный тренажёр).

Отработка действий по управлению вертолётom в условиях визуального полёта происходит на комплексном лётном тренажёре с современной системой визуализации, создающей условия, практически, адекватные условиям реального полёта.

В блоке «Действия в сложных и аварийных ситуациях» излагаются действия членов экипажа при возникновении этих ситуаций. В основном, это действия по управлению функциональными системами и оборудованием. Для изучения порядка действий и отработки этих действий для каждой ситуации используются пассивные компьютерные программы и дисплейные интерактивные компьютерные тренажёры. Окончательную отработку действий и контроль производятся на тренажёре «Реальная кабина без визуализации» и на комплексном лётном тренажёре.

Набор компьютерных продуктов для изучения блока «Действия при выполнении авиационных работ» аналогичен выше описанному. Суть выполняемого вида авиационных работ, условия выполнения и ограничения, а также технология работы экипажа изучаются с помощью пассивной компьютерной программы с включением специальных кинофрагментов. Оработка действий экипажа производится последовательно: на интерактивном дисплейном тренажёре; на тренажёре «Кабина» и на комплексном лётном тренажёре.

Распределение изучаемого материала между компьютерными обучающими продуктами производится в результате детального анализа материала изучаемого раздела (темы).

В качестве примера проведём распределение материала темы «Снижение» из блока «Полёт в нормальных условиях». Разбивка материала темы «Снижение» на подтемы определена РЛЭ. Для каждой подтемы определяется объём и содержание необходимой для освоения материала внутрикабинной и внекабинной информации, и, в соответствии с этим, выбираются технические средства для изучения этой подтемы.

В таблице 1.1 приведены компьютерные и технические средства обучения необходимые для освоения темы «Снижение», а именно, семь компьютерных курсов и два дисплейных тренажёра с тремя вариантами: для одного члена экипажа; для совместной работы двух членов; для совместной работы всего экипажа. Окончательная отработка темы должна поводиться сначала на тренажёре-кабине, а затем, на лётном тренажёре.

Таблица 1.1- Использование технических средств обучения при изучении темы «Снижение»

	Компьютерные и технические средства обучения	Содержание темы «Снижение»							
		Теоретический курс	Показ действий	Дисплейный тренажёр для одного члена экипажа	Дисплейный тренажёр для двух членов экипажа	Дисплейный тренажёр для экипажа в целом	Навигационный тренажёр	Тренажёр - кабина	Лётный тренажёр
1	Режимы снижения								
2	Вертикальное снижение								
3	Снижение по наклонной траектории								
4	Снижение на режиме самовращения								
5	Снижение в турбулентной атмосфере								
6	Снижение в условиях обледенения								
7	Полёт в зоне ожидания								
8	Контрольный осмотр «Перед снижением»								
9	Карта контрольной проверки «Перед снижением»								

Аналогичное подробное рассмотрение изучаемого материала во всех блоках и распределение его между компьютерными обучающими продуктами позволило: определить содержание каждого обучающего продукта; составить тематическую программу переучивания; сформировать календарный график процесса обучения.

Выводы по главе 1

1. По результатам проведенного анализа установлено, что отсутствие системы первоначальной подготовки и повышения профессиональной квалификации пилотов вертолетов неблагоприятно влияло на обеспечение безопасности полётов и снижало конкурентную способность российских вертолётчиков на мировом рынке авиационных услуг.

2. Представленная в работе система ориентирована на весь профессиональный период деятельности пилота, включающий первоначальное профессиональное обучение, переучивание с других типов воздушных судов, регулярное поддержание профессионального уровня обученности пилотов на основе установленных видов и форм повышения квалификации.

3. Система предусматривает наличие минимально необходимого и достаточного состава технических средств обучения, включающих: компьютерные дисплейные тренажёры; компьютерные экранные тренажёры; комплексный лётный тренажёр с современной системой визуализации; автоматизированные обучающие курсы.

Структура и основные эксплуатационные характеристики каждого вида технических средств определены конечными целями и содержанием решаемых задач, которые формируются по результатам анализа функциональной деятельности пилота на всех этапах полёта вертолётчика.

4. Действия пилота, выполняемые на разных этапах полёта, разделены на три группы действий по используемой для их выполнения информации.

Для выполнения действий первой группы пилоту достаточно только внутрикабинной информации в полном объёме или частично. Для выполнения

действий второй группы, помимо внутрикабинной информации, пилот использует частично внекабинную информацию. Третья группа действий выполняется с привлечением и внутрикабинной, и внекабинной информации в полном объёме.

При этом для изучения действий пилота с использованием только внутрикабинной информации, предназначены автоматизированные обучающие курсы, а для отработки действий, связанных с предполётными проверками функциональных систем вертолёт и действиями в особых и аварийных ситуациях, предназначены дисплейные тренажёры.

Для отработки действий, при которых пилот, помимо внутрикабинной информации, частично привлекает внекабинную информацию, предусматриваются экранные тренажёры с выводом на экран отдельных элементов внешней информации.

Действия с привлечением внутрикабинной и внекабинной информации в полном объёме отрабатываются на комплексном лётном тренажёре с неподвижной кабиной, имитирующем и внутрикабинную, и внекабинную информацию.

Отмечено, что использование комплексного лётного тренажёра с неподвижной кабиной допустимо и экономически оправдано, так как перегрузки, действующие в полёте на пилота гражданского вертолёт незначительны и не влияют на пилотирование вертолёт и управление его функциональными системами.

ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ И УЧЕБНЫХ КУРСОВ

2.1. Структура, содержание и основные требования к профессиональной программе обучения

По результатам анализа требований нормативной документации Минтранса РФ и Росавиации [212] сформированы общие положения, основные требования и принципы разработки автоматизированных обучающих программ (АОП) и обучающих курсов (АОК). Обоснована архитектура и определено содержание АОП и АОК, сформированы основные требования к построению типовых графов АОК.

Проведен анализ современных отечественных и зарубежных технических и программных сред, возможностей для их внедрения в разрабатываемые АОК и мультимедийные обучающие программы на основе освоенных языков программирования в целях обеспечения ПППК пилотов вертолётот.

Далее сформированы типовые графы АОК «Общие дисциплины», АОК «Конструкция и техническая эксплуатация (ТЭ) вертолётот» и АОК «Конструкция и лётная эксплуатация вертолётот конкретных типов и их модификаций (Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ)».

Разработана система контроля уровня усвоения слушателями учебного материала с использованием тестирующих программ и тестовых заданий, предусматривающих диагностирующие, обучающие, организующие и воспитывающие функции для обучаемых. Отработан порядок проведения тестового контроля «закрытого типа» на уровнях «Знание», «Понимание», «Анализ» и «Синтез», используя категорию критериально-ориентированных тестов.

При решении задач формирования АОК «Общие дисциплины» в качестве обязательных включены такие дисциплины, как: «Воздушное право», «Возможности человека» «Навигация», «Метеорология», «Эксплуатационные

правила», «Аварийно-спасательная подготовка» «Авиационная связь (радиотелефония).

АОК «Конструкция и ТЭ вертолёт» и АОК «Конструкция и лётная эксплуатация вертолёт» конкретных типов» включает такие дисциплины, как:

«Основы полёта», «Лётная эксплуатация», «Лётно-технические характеристики вертолёт». Естественно, что объём этих дисциплин различен при обучении с целью получения свидетельства коммерческого пилота и при периодическом повышении квалификации.

Разработка АОК проводилась с учётом ряда особенностей, связанных с серьёзными неблагоприятными факторами как объективного, так и субъективного характера. Потребности потенциальных слушателей в объёме изучаемых учебных дисциплин весьма различны, в том числе даже при переучивании на новый тип вертолёт [175]. Такой категории слушателей должна быть предоставлена возможность в режиме линейного изучения освоить требуемый комплекс дисциплин в полном объёме. В то же время есть слушатели, которые изучали ряд дисциплин и были по ним аттестованы до переучивания. Им необходимо предоставить возможность частично «обновить» свои знания. Таким образом, слушатель должен иметь возможность работать с АОК в двух режимах: режиме последовательного изучения с использованием гиперссылок и пояснений; в справочном режиме с самостоятельным выбором объёма запрашиваемого материала.

Знание учебного материала контролируется не только при переучивании на новый тип вертолёт, но и периодически при прохождении курсов повышения квалификации [212], при этом необходимо учитывать разный уровень остаточных знаний у разных слушателей. Важно, чтобы каждый слушатель испытывал «комфорт» при работе с автоматизированным обучающим курсом [203]. Одной из задач курсов по повышению квалификации является обеспечение возможностей изучения новых руководящих документов, материалов по анализу современного состояния безопасности полётов, новыми требованиями и рекомендациями в сфере лётно-технической эксплуатации.

Разработанные и описанные в литературе обучающие программы по технологии их разработки делятся на две группы. Первая группа – электронные учебники, создаваемые школьными и вузовскими преподавателями-предметниками [96, 113, 144, 145, 226]. При создании их преподаватели, как правило, не владеющие даже основами программирования, пользуются инструментальными средами, предназначенными для создания компьютерных обучающих программ, так называемыми оболочками [220].

Среди отечественных оболочек общего назначения следует выделить "Универсал", «АДОНИС», «УРО», «АОСМИКРО», «СЦЕНАРИЙ» и др., среди зарубежных – «Costoc», «LinkWay», «Quest», «TenCor», «Clarion». Созданные с помощью оболочек обучающие программы не выходят за рамки ограничений, установленных для этих оболочек. Большинство разработанных программ – это электронные учебники по вузовским дисциплинам с линейной технологией изложения учебного материала. В передовых ВУЗах РФ при наличии кафедры или даже факультета информатики разрабатываются свои вузовские инструментальные оболочки, учитывающие особенности своего ВУЗа [44, 88, 103, 228]. При анализе ряда источников, содержащих описание обучающих программ [20, 21, 79, 97, 117, 121, 126, 138, 216], специалистам не удалось выделить программы или оболочки, приемлемые для их использования при разработке технических средств для профессионального обучения пилотов вертолётных семейств Ми-8 и повышения их профессиональной квалификации.

Анализ рассмотренных компьютерных продуктов [56, 170, 195, 206] свидетельствует о необходимости поиска и использования иной технологии разработки технических средств для профессионального обучения пилотов вертолётных семейств Ми-8 и повышения их профессиональной квалификации. Опыт длительной работы по созданию обучающих компьютерных программ в области гражданской авиации позволил определить пути выбора наиболее рациональной технологии разработки мультимедийных обучающих программ. Коллектив ведущих специалистов, учёных и преподавателей (под руководством автора), издавших ряд учебников и учебных пособий по аэродинамике вертолётных,

силовым установкам, лётной и технической эксплуатации вертолётной техники [171, 186 и др.], владеющих основами программирования на различных языках программирования (по мере их появления), таких, как: «Basic», «Pascal», «PL», «Delfi», СИ, «Flash», «AuthorWare», сформировали необходимый состав технических и программных средств обучения пилотов.

Анализ индивидуальных потребностей пилотов в изучаемом материале на соответствующих этапах их профессиональной деятельности позволил определить и обосновать основные требования к архитектуре и содержанию компьютерных обучающих программ и учебных курсов. В соответствии с данными требованиями теоретические компьютерные обучающие курсы разделены на две группы: АОК – «Общие авиационные дисциплины», которые изучаются всеми пилотами; АОК – «Дисциплины вертолёта конкретного типа», которые используются пилотами конкретных модификаций вертолёта.

2.2. Автоматизированный обучающий курс

«Общие авиационные дисциплины»

При разработке содержания АОК – «Общие авиационные дисциплины» использовались материалы изданных учебно-методических разработок и нормативных документов фирм-разработчиков и изготовителей, учебных образовательных организаций [26, 59, 63, 139, 142, 176, 181, 183, 184, 214].

Содержание дисциплин общего авиационного цикла индивидуально и при первоначальной подготовке дисциплины могут изучаться в любом порядке. Поэтому в АОК дисциплины автономны и объединены с помощью меню верхнего уровня. Каждая дисциплина делится на разделы, которые в свою очередь делятся на темы. Темы делятся на страницы, которые являются неделимой смысловой

единицей АОК. Количество страниц в теме определяется объёмом материала темы. Архитектура АОК формируется таким образом, чтобы слушатель смог начать работу с АОК с любой страницы любой темы. В то же время слушатель должен иметь возможность линейного изучения материала дисциплины. На странице располагаются текстовая информация, графическая информация и активные зоны гиперссылок. Формированию интерфейса страниц уделялось особое внимание: подбирались цвета фона страницы, служебных информационных полей, текстов и подтекстовых полей, тип и размер шрифтов.

Тщательно отбирался графический материал, выбирались места и содержание гиперссылок. В большинстве случаев страница представляла законченный смысловой фрагмент темы. Иногда законченный смысловой фрагмент темы располагался на 2...3 страницах. Последняя страница каждой темы содержит материал для самоконтроля освоения материала темы. Сдача зачёта или экзамена по дисциплине предусматривается в системе контроля с регистрацией и выдачей специального Протокола. Структура АОК «Общие авиационные дисциплины» представлена на рисунке 2.1.

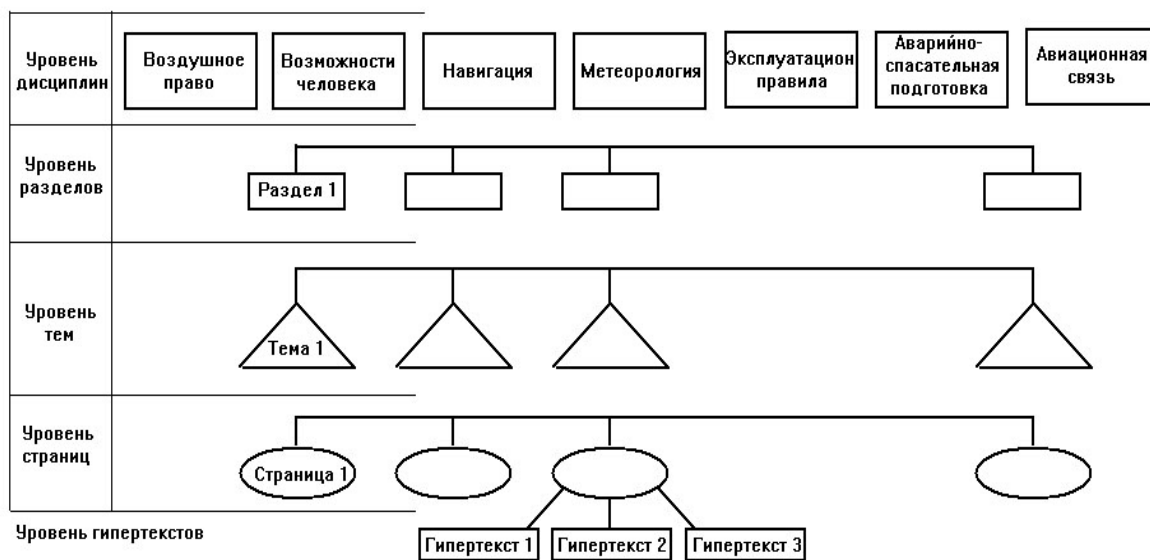


Рисунок 2.1 – Структура АОК «Общие авиационные дисциплины»

Было принято решение о выполнении МЕНЮ в формате «WINDOWS» с «выпадением» до уровня тем. Меню страниц располагается на каждой странице, что позволяет переходить с любой страницы на любую страницу.

Общая характеристика одного из таких курсов представлена в Приложении.

Разработанный комплект АОК «Общие авиационные дисциплины», содержательная часть которого соответствует типовым программам Минтранса РФ, а элементы визуального представления материала – возможностям соответствующего языка программирования, позволяет использовать его пилотами всех типов вертолётов и их модификаций как при переучивании, так и при повышении профессиональной квалификации.

2.3. Автоматизированные обучающие курсы «Дисциплины вертолёта конкретного типа»

Экипаж вертолёта Ми-8 состоит из трех членов: командира воздушного судна, 2-го пилота и бортмеханика. Обязанности каждого члена экипажа и действия его на земле и в воздухе изложены в Руководстве по лётной эксплуатации. Для выполнения своих обязанностей и грамотного выполнения действий по управлению вертолётom и функциональными системами лётный состав должен знать информационное пространство кабины, знать конструкцию вертолёта и его систем, принципы функционирования систем и уметь управлять режимами их работы в различных полётных ситуациях. Бортовой механик, помимо указанных знаний, должен знать основы технического обслуживания и поддержания лётной годности вертолёта.

В этой связи АОК «Дисциплины вертолёта конкретного типа» представлен двумя самостоятельными обучающими курсами: «Конструкция и техническая

эксплуатация вертолётов Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ» и «Устройство и лётная эксплуатация вертолётов Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ».

АОК «Конструкция и техническая эксплуатация вертолётов Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ» предназначен, прежде всего, для бортовых механиков, и для инженерно-технического состава, занимающегося техническим обслуживанием и поддержанием лётной годности вертолётов в авиакомпаниях.

АОК «Устройство и лётная эксплуатация вертолётов Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ» предназначен для всех членов экипажа: пилотов и бортмеханика.

Особенностью данных АОК является их идентичность для трёх модификаций вертолётов одного семейства: Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ. Базовым является вертолёт Ми-8 с двигателями ТВ2-117, модификациями являются вертолёты Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ, снабжённые более мощными и совершенными двигателями ТВ3-117ВМ [59]. АОК позволяют проводить обучение как в линейном режиме при переучивании пилотов, так и в режиме справочника при прохождении курсов повышения квалификации.

2.3.1. Автоматизированный обучающий курс «Конструкция и техническая эксплуатация вертолётов семейства Ми-8»

Содержательной основой данного АОК являются: учебники и учебные пособия по вертолётам и оборудованию, в том числе, разработанные создателями АОК) [26, 43, 63, 139, 142, 147, 171, 172, 186, 187, 188, 209, 214], Руководство по техническому обслуживанию вертолётов [176, 183], заводская техническая документация [61, 184], чертежи агрегатов, узлов и деталей и др.

При определении структуры АОК учитывалась многовариантность использования АОК, предусматривающая при переучивании:

- с самолёта только на вертолёт Ми-8;
- с других вертолётов только на вертолёт Ми-8;
- с самолёта только на вертолёт Ми-8МТВ;
- с других вертолётов только на вертолёт Ми-8МТВ;
- с самолёта сразу на вертолёты Ми-8 и Ми-8МТВ;
- с других вертолётов сразу на вертолёты Ми-8 и Ми-8МТВ;
- с вертолёта Ми-8 на вертолёт Ми-8МТВ.

Для каждого из перечисленных вариантов используется свой учебный план со своим перечнем изучаемых разделов и тем. Был выбран вариант, учебного плана, структура которого приведены на рисунке 2.2.

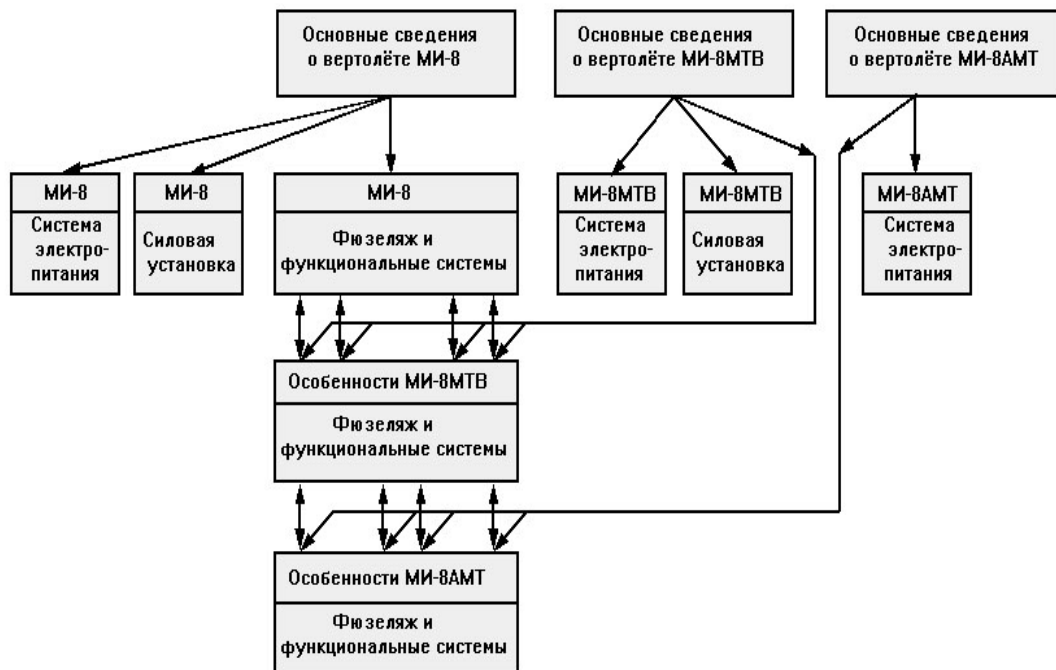


Рисунок 2.2 – АОК «Конструкция и техническая эксплуатация вертолёт семейства Ми-8»

АОК также обеспечивает индивидуальную подготовку специалистов для сдачи экзамена (зачёта) при прохождении курсов повышения квалификации.

Конструкция фюзеляжа и функциональных систем (ФС), одинаковых для всех модификаций вертолёт, излагаются в общем блоке: сначала излагается материал для Ми-8, затем особенности ФС для вертолёт Ми-8МТВ и Ми-8АМТ.

Новые ФС, силовая установка, система электроснабжения и авиационное и радиоэлектронное оборудование, излагаются и изучаются в отдельных блоках учебного плана для каждой модификации вертолѐта. Для слушателей, ранее летавших на самолѐтах, материал, связанный с несущей системой вертолѐта, излагается отдельно. Если слушатель ранее летал на вертолѐте Ми-8 и осваивает вертолѐт Ми-8МТВ, он изучает разделы новых ФС и разделы общего блока, в которых изложены особенности, характерные для Ми-8МТВ.

АОК «Конструкция и техническая эксплуатация вертолѐтов семейства Ми-8» представляет собой переработанное для компьютерного представления описание конструкции вертолѐтов и их ФС и оборудования с помощью языка гиперссылок. Курс иллюстрирован фотографиями и трехмерной компьютерной графикой общих видов вертолѐтов, агрегатов, узлов и деталей, структурными схемами систем, разрезами и углублѐнными детализировками. АОК содержит также разделы по техническому обслуживанию вертолѐтов, что позволяет инженерно-техническому персоналу самостоятельно изучать необходимый учебный материал.

АОК «Конструкция и техническая эксплуатация вертолѐтов семейства Ми-8, предназначенный для инженерно-технического состава и бортмехаников вертолѐтов, отличается возможностью предоставления индивидуального состава и объѐма изучаемого материала, соответствующего предыстории специалиста и виду его предстоящей профессиональной подготовки.

2.3.2. Автоматизированный обучающий курс «Конструкция и лѐтная эксплуатация вертолѐтов семейства Ми-8»

АОК «Конструкция и лѐтная эксплуатация вертолѐтов семейства Ми-8» предназначен для профессиональной подготовки и повышения квалификации

лётного состава экипажей вертолётов семейства Ми-8. Объём и содержание курса определено основным нормативным документом для лётного состава – Руководством по лётной эксплуатации вертолёта Ми-8 и его модификаций.

Разработка структуры АОК «Конструкция и лётная эксплуатация вертолётов Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ» проводилась на основе требований и принципов, использованных при разработке АОК «Конструкция и техническая эксплуатация вертолётов Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ», что также обеспечило приспособленность АОК к многовариантному применению.

АОК содержит разделы, посвященные правилам, регламентирующим лётную деятельность экипажей вертолётной техники: предполетные осмотры, контрольные проверки, выполнение всех этапов взлёта, полета и посадки, действия экипажа как в штатных, так и в аварийных и сложных ситуациях.

Разработанный с использованием языка гиперссылок «HTML» АОК «Конструкция и лётная эксплуатация вертолётов Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ», отличающийся расширением, по сравнению с РЛЭ, объёма учебной информации, предназначен для использования лётными экипажами вертолётов семейства Ми-8 на всех предусмотренных этапах профессиональной подготовки и повышения квалификации.

При разработке архитектуры АОК предусмотрена возможность корректировки АОК для внесения изменений и добавлений в РЛЭ.

2.4. Система рубежного и итогового контроля уровня освоения обучающих программ и курсов

Важным звеном в системе компьютерного обучения являются программы, с помощью которых осуществляется контроль уровня усвоения слушателями учебного материала [7, 8, 86, 90, 135, 156]. В учебном процессе предусматриваются

рубежный и итоговый виды контроля. Как правило, рубежный контроль осуществляется в форме самоконтроля после изучения очередного раздела учебной программы, итоговый – в форме экзамена или зачёта [3]. В системе компьютерного обучения рубежный и итоговый контроль проводятся с использованием тестирующих программ на основе тестовых заданий, предусматривающих диагностирующие, обучающие, организующие и воспитывающую функции для обучаемых [91, 135, 208, 226].

Диагностирующая функция вытекает из самой сущности контроля и непосредственно связана с процессом выявления уровня знаний, умений, навыков и общей культуры.

Обучающая функция контроля связана с особенностями компьютерного обучения, в частности, с индивидуальностью обучения [91, 146]. Каждый слушатель изучает материал в своём темпе и приступает к изучению нового материала независимо от других только после освоения предыдущего. В результате более способные двигаются быстрее, менее способные затрачивают больше усилий и времени для освоения той же программы [39, 42].

Организирующая функция контроля проявляется в его влиянии на организацию всего учебного процесса. В зависимости от результатов контроля принимаются решения о доработке содержания, форм, методов и средств обучения, которые способствуют повышению интереса слушателей к самостоятельному изучению теоретического материала, формированию навыков и умений.

Воспитывающая функция связана с положительным воспитательным эффектом хорошо организованного контроля. Известно, контроль помогает совершенствовать и систематизировать знания, способствует развитию памяти и мышления.

Содержательной основой тестирующих программ является набор тестовых заданий. Составление тестовых заданий производится преподавателями и инструкторами на основе учебного материала, излагаемого в соответствующих автоматизированных обучающих курсах. Тестовые задания составляются для каждого раздела или учебного модуля для промежуточного контроля.

Разработанные задания объединяются в единый комплекс для проведения итогового контроля по дисциплине [114, 143, 150, 157, 164].

Для слушателей – пилотов выделяется группа тестовых заданий, на которые слушатель должен обязательно дать правильный ответ. Главное требование для пилотов – обеспечение безопасности полётов. Есть и профессиональные сведения, которые непосредственно влияют на безопасность полётов. И те, и другие сведения пилот должен **знать на отлично**.

Сложность тестовых заданий оценивают по форме мыслительной деятельности слушателя в процессе поиска правильного ответа. Известна таксономия Блума [135], по которой задания делятся на уровни: «Знание», «Понимание», «Анализ», «Синтез». Уровень «Знание» предполагает очевидность всех исходных данных, слушатель просто выбирает правильный ответ из предложенных. Для правильного ответа на задание уровня «Понимания» требуется учесть некоторые, неочевидные дополнительные параметры. Задание уровня «Анализ» предполагает наличие у слушателей умений сопоставлять различные факты, находить сходства и различия и выявлять причинно-следственные связи. Уровень «Синтез» предполагает создание целостного представления процесса на основе изученных элементов, используя творческий процесс научного исследования.

При разработке тестовых заданий по дисциплинам АОК «Общие авиационные дисциплины» и АОК «Дисциплины вертолёта конкретного типа» выбор сделан в пользу заданий закрытой формы уровней типа «Знание», «Понимание», «Анализ» и «Синтез».

В теории оценочных тестов различают нормативно-ориентированные и критериально-ориентированные тесты [92]. Цели этих двух групп тестов разные.

Нормативно-ориентированные тесты создаются специально для того, чтобы сравнить испытуемых в той области содержания, для которой тест предназначен. Эти тесты можно использовать, например, для отбора абитуриентов при поступлении в профессиональные учебные заведения.

Критериально-ориентированные тесты нужны для аттестации испытуемых в определенной области содержания. Такие тесты используются при итоговом

тестировании, например, по завершении обучения [137]. Здесь важно выяснить – усвоена ли в надлежащем объеме программа.

Тестовые задания для слушателей – пилотов относятся к категории критериально-ориентированных тестов. Важными характеристиками этой группы тестов являются: корреляционность, надёжность и валидность [226].

КОРРЕЛЯЦИЯ устанавливает связь между отдельными заданиями и между конкретным заданием и тестом в целом. Качественно нормальную корреляцию между заданиями можно сформулировать следующим образом: более успешные слушатели должны получать более высокие оценки, в том числе при ответах на более сложные вопросы.

Для количественной оценки корреляционных зависимостей между заданиями строится корреляционная матрица результатов испытаний [94]. Первоначальной основой является матрица результатов тестирования.

Эта матрица, размерности ($N \times M$), представляет собой таблицу, строки которой соответствуют испытуемым слушателям, а столбцы – тестовым индивидуальным заданиям. На пересечении строк и столбцов находится число, соответствующее ответу данного испытуемого слушателя на данное задание.

В *политонической* системе ответ испытуемого характеризуется числами в некотором диапазоне, например, от нуля до девяти. Допустим, 0 соответствует полному отсутствию знаний, а 9 – наличию полных знаний для данного тестового задания.

В *дихотомической* системе ответы испытуемого характеризуется двумя символами (цифрами) - 0 и 1. Нулю соответствует неверный ответ, единице – верный ответ. На практике чаще всего используется дихотомическая система оценок, мы используем именно эту систему.

Для адекватной оценки характеристик тестового задания нужен большой статистический материал: по крайней мере, M и N должны быть не менее 50.

Тест должен быть не просто множеством заданий, а системой тестовых заданий с определёнными связями между ними. Эти связи определяются коэффициентами корреляции между заданиями и между каждым заданием и тестом в целом. Для тестовых заданий корреляционные связи должны быть положительными. Большие

значения одной (первой) величины должны соответствовать большим значениям другой (второй) величины и наоборот малые значения первой величины должны соответствовать малым значениям второй величины.

Расчёт коэффициентов корреляции Пирсона производится на базе упорядоченной бинарной матрицы по формуле

$$r_{mk} = \frac{p_{mk} - p_m p_k}{\sqrt{p_m q_m p_k q_k}}, \quad (2.1)$$

где p_m – доля верных ответов для задания с номером m ;

q_m – доля неверных ответов для задания с номером m ;

p_k – доля верных ответов для задания k ;

q_k – доля неверных ответов для задания с номером k ;

p_{mk} – доля верных ответов для заданий с номером m и k .

Другой важной характеристикой тестового задания является его надёжность, обеспечивающая получение одних и тех же индивидуальных баллов многократно. Определение надёжности тестового задания производится апостериорно по результатам тестирования слушателей. Чем больше выборка слушателей, тем точнее определяется надёжность. Считается [114], что величина выборки должна быть – 200...300 человек.

Для вычисления *НАДЕЖНОСТИ* теста нужны результаты двух испытаний, которые можно организовать следующими способами:

- 1) тестирование с помощью двух параллельных тестов;
- 2) повторное тестирование с помощью одного и того же теста;
- 3) расщепление теста.

Первый способ – создание параллельных тестов – для профессионально ориентированного авиационного учебного центра нереален, так как пропускная способность АУЦ не позволяет одновременно иметь две группы слушателей для получения выборок нужного объёма.

Второй способ – повторное тестирование – для профессионально ориентированного авиационного учебного центра реален. Количество слушателей-

пилотов вертолётчиков в АУЦ достаточно для того, чтобы за сравнительно короткий срок формировалась новая выборка слушателей.

Третий способ – расщепление теста – используется при наличии только одной выборки.

Для подсчёта коэффициента надёжности теста $r_{X_1-X_2}$ по двум выборкам X_1 и X_2 используется формула Паскаля [89]

$$r_{X_1-X_2} = \frac{N \sum_{i=1}^N X_{1i} X_{2i} - \left(\sum_{i=1}^N X_{1i} \right) \cdot \left(\sum_{i=1}^N X_{2i} \right)}{\sqrt{\left(N \sum_{i=1}^N X_{1i}^2 - \left(\sum_{i=1}^N X_{1i} \right)^2 \right) \left(N \sum_{i=1}^N X_{2i}^2 - \left(\sum_{i=1}^N X_{2i} \right)^2 \right)}}, \quad (2.2)$$

где X_1 и X_2 – индивидуальные баллы i -го испытуемого в первом и во втором тестированиях;

N – количество испытуемых.

В Приложении рассмотрен пример анализа гипотетической выборки.

ВАЛИДНОСТЬ – это характеристика теста, отражающая его способность получать результаты, соответствующие поставленной цели и обосновывающая адекватность принимаемых решений [90].

Выделяют три вида валидной – *содержательную, критериальную и конструктивную*.

Критериальная и конструктивная валидности применимы для нормативно-ориентированных тестов и тестов для определения личностных качеств. Для критериально-ориентированных тестов, измеряющих уровень знаний и умений в области профессиональной деятельности пилотов вертолётчиков, важна содержательная валидность.

Для обеспечения *содержательной* валидности необходим детальный анализ учебных программ и методических материалов, на основании которых составляется *спецификация* теста. Спецификация содержит перечень учебных тем, их важность, количество и тип тестовых заданий. Предварительно содержательная валидность

закладывается на этапе разработки тестовых заданий. Окончательно оценка содержательной валидности выполняется *экспертом* в данной предметной области.

С внедрением компьютерных обучающих технологий появился измерительный инструмент с большей дифференцирующей способностью. Это – компьютерные тестовые задания. Балльность шкалы оценок при компьютерном тестировании практически не ограничена и зависит от количества тестовых заданий.

При оценке результатов профессиональной подготовки пилотов вертолётчиков дифференциация слушателей конечно должна быть, но не она является главной. Объём и содержание учебного материала, которые должны быть усвоены слушателем и при переучивании, и при повышении квалификации, определены руководящими документами – Руководством по лётной эксплуатации и программами курсов повышения квалификации, утверждёнными государственными органами.

Цель тестирования – определить степень соответствия полученных слушателем при обучении знаний объёму знаний, определённого руководящими документами. В гражданской авиации в соответствующих документах используется 5-ти балльная система оценок. Причём, к лётной работе допускаются пилоты, получившие оценки отлично или хорошо. Оценка удовлетворительно считается недопустимой. Практически критериально-ориентированный тест должен надёжно дифференцировать слушателей на границе хорошо – удовлетворительно. Граница отлично – хорошо носит престижный характер.

В описанных системах тестирования [92, 93, 115] индивидуальный балл испытуемого определяют по следующей формуле:

$$\tilde{X} = X - \psi * \Delta X, \quad (2.3)$$

где $\tilde{X}$ - сумму баллов, набранных слушателем при выполнении всего теста;

X - балл, набранный слушателем при тестировании (M заданий);

ΔX - балл, который слушатель мог набрать угадыванием (это сумма вероятностей отгадывания всех заданий теста);

ψ - коэффициент, учитывающий подготовку слушателя к тестированию.

Хорошо подготовленный слушатель знает правильный ответ и справляется с заданиями без угадывания правильных ответов. Плохо подготовленному слушателю приходится прибегать к угадыванию правильного ответа. Своеобразной мерой подготовленности слушателя является доля правильных ответов при тестировании X/M .

В работах [13, 40, 145] предлагается следующий принцип зависимости коэффициента Ψ от степени подготовленности слушателя. Считается, что слушатели, справившиеся со всеми заданиями, не прибегали к угадыванию ответов, набранный ими балл корректировке не подлежит ($\Psi = 0$). Далее считается, что слушатели, набравшие при тестировании балл, равный баллу, который может быть угадан, набрали его именно угадыванием. Индивидуальный балл таких слушателей считается равным 0, т.е. $\Psi = 1$.

Зависимость между коэффициентом Ψ и долей правильных ответов X/M принимается линейной

$$\Psi = \frac{1}{1 - \frac{U}{M}} \left(1 - \frac{X}{M} \right). \quad (2.4)$$

где – U - сумма баллов угадывания, которую слушатель мог бы набрать, если бы угадал все правильные ответы.

При оценке профессиональных знаний пилотов вертолётчиков необходимо учитывать особенности профессиональной деятельности пилотов.

Экипаж вертолёта является важнейшим и последним звеном в цепочке обеспечения безопасности полётов. Среди объёма знаний, которым пилот должен владеть, есть знания, непосредственно влияющие на безопасность полётов. Эти знания пилот должен знать безукоризненно. По этой причине по тестовым заданиям, с помощью которых проверяются знания, непосредственно влияющие на безопасность полётов, всегда должны даваться слушателем правильные ответы. Если в школьных и вузовских нормативно-ориентированных тестах вклад в общий балл одинаков для заданий разной степени трудности [5], то в критериально-ориентированных тестах профессиональных дисциплин этого допускать нельзя.

Выделение тестовых заданий, непосредственно влияющих на безопасность полётов, из банка тестовых заданий дисциплины выполняет группа экспертов. Выбор и оценка экспертов и результатов их работы производятся стандартными методами статистического оценивания величин.

Другим принципиальным моментом при организации контроля знаний пилотов вертолётчиков является контроль с ограничением времени на выполнение тестового задания. Дело в том, что пилоту вертолёта осуществлять свою профессиональную деятельность, в том числе вспоминать необходимые для конкретного момента времени сведения и принимать решение о действиях, приходится в условиях ограничения времени, иногда в условиях дефицита времени, а иногда в условиях крайнего дефицита. Поэтому время, затрачиваемое на выполнение тестовых заданий, является своеобразной профессиональной характеристикой пилота, а контроль с ограничением времени своеобразным «тренажем» профессиональных качеств.

Однако контроль выполнения задания с ограничением времени будет полезным, если временное ограничение будет соответствовать физиологическим возможностям пилота, а эти возможности индивидуальны. В то же время для специалистов-операторов, какими, по сути, являются пилоты, индивидуальные возможности не должны выходить за установленный предел.

Связь между структурой и сложностью тестового задания и временем, отводимым на его выполнение, представим в виде

$$\Delta t_{\text{зад}} = \Delta t_{\text{воспр}} + \Delta t_{\text{реш}} + \Delta t_{\text{ввод}}. \quad (2.5)$$

где $\Delta t_{\text{воспр}}$ - время, необходимое для восприятия задания (прочтение вопроса, прочтение предлагаемых ответов, просмотр графического материала);

$\Delta t_{\text{реш}}$ - время, необходимое для осмысления задания и выбора правильного решения;

$\Delta t_{\text{ввод}}$ - время, необходимое для «сообщения» ПК о выбранном ответе (наведение курсора на требуемое место на экране, «кликание» кнопкой мыши).

Время $\Delta t_{\text{воспр}}$ зависит от длины вопроса и предлагаемых ответов и скорости чтения их слушателем, а также от содержания (сложности) графической

информации и скорости её восприятия слушателем. Время $\Delta t_{\text{воспр}}$ индивидуально для каждого тестового задания и для каждого слушателя. Время $\Delta t_{\text{реш}}$ зависит от скорости мыслительных процессов слушателя и его подготовленности к выполнению данного тестового задания. Время $\Delta t_{\text{ввод}}$ определяется количеством информации, которую необходимо «сообщить» ПК о принятом решении.

Из анализа видно, что время выполнения конкретного тестового задания и его составляющие определяются психофизиологическими качествами слушателей, которые, как большинство всех других качеств человека, распределены по закону нормального распределения.

Это позволяет принять гипотезу: распределение $\Delta t_{\text{зад}}$ и его составляющих $\Delta t_{\text{воспр}}$, $\Delta t_{\text{реш}}$, $\Delta t_{\text{ввод}}$ соответствуют распределению Гаусса и могут быть получены из стандартного нормального распределения случайной величины (рисунок 2.3) путём Z-преобразований.

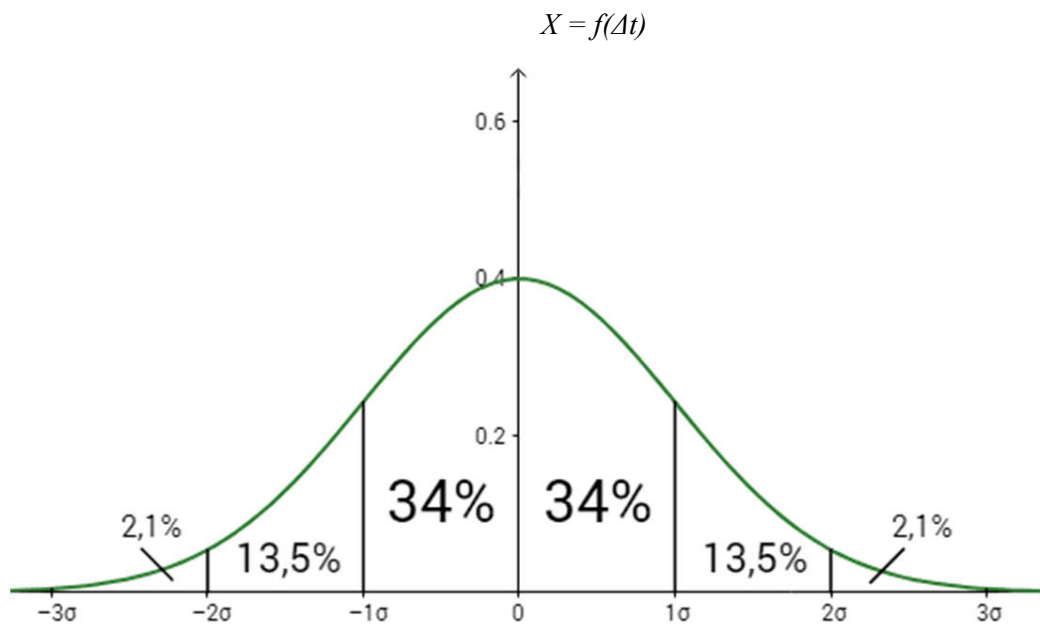


Рисунок 2.3 – Стандартное нормальное распределение случайной величины

Для проверки гипотезы и определения количественных характеристик зависимостей $\Delta t_{\text{зад}}$, $\Delta t_{\text{воспр}}$, $\Delta t_{\text{реш}}$, $\Delta t_{\text{ввод}}$ был проведён следующий эксперимент. Подобран набор тестовых заданий, отличающихся сложностью графического

материала, длиной вопроса, количеством предлагаемых ответов, количеством правильных ответов. На данном наборе была протестирована группа слушателей без ограничения времени. Слушатели, успешно прошедшие тест, еще дважды тестировались с интервалом в несколько дней. При тестировании слушатели отмечали окончание чтения тестов и восприятия графической информации, а также момент принятия того решения, которое они считали правильным, и момент окончания теста. В результате были получены выборки для $\Delta t_{\text{зад}}$, $\Delta t_{\text{воспр}}$, $\Delta t_{\text{реш}}$, $\Delta t_{\text{ввод}}$, по которым проверялась гипотеза и находились известными методами [60] параметры распределений: среднее значение величины и отклонение. Полученные в результате анализа выборки $\Delta t_{\text{зад}}$ - среднее значение времени, затраченного на решение данного тестового задания $\overline{\Delta t}_{\text{зад}}$, и его отклонение σ - заносились в «паспорт» данного задания и использовались для последующей корректировки оценки слушателей.

Выборки временных интервалов $\Delta t_{\text{реш}}$, $\Delta t_{\text{ввод}}$ предназначены для априорной оценки $\Delta t_{\text{зад}}$ для заданий на стадии их разработки.

Предлагаемая ниже методика учёта времени, затраченного на выполнение задания, и соответствующей корректировки балла слушателя явилась результатом рассмотрения нескольких вариантов методик группой экспертов профессионалов. В группу входили преподаватели, пилоты-инструкторы и командиры лётных подразделений. Суть предлагаемой методики иллюстрируется ниже.

Если время, затрачиваемое слушателем отклоняется от среднего значения не более, чем на σ в любую сторону, корректировка индивидуального балла слушателя не производится. Если $\Delta t_{\text{реш}}$ слушателя меньше среднего значения более, чем на σ , слушатель «поощряется» увеличением его индивидуального балла. И наоборот, если $\Delta t_{\text{реш}}$ слушателя больше среднего значения более, чем на σ , слушатель «наказывается» уменьшением его индивидуального балла.

Применительно к комплекту заданий производится осреднение результатов. По каждому заданию слушатель получает «временной» балл X_i :

- плюс 1, если $\Delta t_{\text{зад}} < \overline{\Delta t}_{\text{зад}} - \sigma$;
- минус 1, если $\Delta t_{\text{зад}} > \overline{\Delta t}_{\text{зад}} + \sigma$;

- ноль, если $\Delta t_{\text{зад}}$ отличается от $\overline{\Delta t}_{\text{зад}}$ не более, чем на σ .

Далее баллы X_t , полученные по всем заданиям, суммируются. Если сумма положительна, слушатель «поощряется», если отрицательна - «наказывается». «Размер» поощрения ($+\Delta X_t$) или наказания ($-\Delta X_t$) определяется экспертами.

Индивидуальный балл слушателя с учётом изложенных выше корректировок вычисляется по формуле

$$\begin{aligned} \tilde{X} &= (X - \Psi * \Delta X \pm \Delta X_t) \cdot X_{k_1} \cdot X_{k_2} \cdots X_{k_n} = \\ &= \left[\sum_{i=1}^M X_i - \frac{1}{1 - \frac{U}{M}} \left(1 - \frac{1}{M} \sum_{i=1}^M X_i \right) \cdot \Delta X + \text{sign} \left| \sum_{i=1}^M X_i \right| \cdot \Delta X_t \right] \cdot X_{k_1} \cdot X_{k_2} \cdots X_{k_n}. \end{aligned} \quad (2.6)$$

В этой формуле $X_{k_1}, X_{k_2}, \dots, X_{k_n}$ - баллы (0 или 1), полученные при выполнении заданий из группы заданий (1, 2, ..., n), непосредственно влияющих на безопасность полётов. Остальные параметры пояснены выше.

Из формулы видно, что при правильных ответах на все задания, непосредственно влияющие на безопасность полётов, сумма набранных баллов при выполнении всего теста не изменится. Если же хоть по одному заданию, непосредственно влияющему на безопасность полётов, будет дан неправильный ответ, сумма набранных при тестировании баллов обнуляется (тест не пройден).

Для определения выставляемой слушателю оценки по пятибальной системе [177] используются условия:

- оценка отлично, если $\tilde{X}/M$ в интервале $(X/M)_5 - 1$,
- оценка хорошо, если $\tilde{X}/M$ в интервале $(X/M)_4 - (X/M)_5$,
- оценка удовлетворительно, если $\tilde{X}/M$ в интервале $(X/M)_3 - (X/M)_4$.

Назначение границ оценочных диапазонов $(X/M)_5, (X/M)_4, (X/M)_3$ во многом субъективно и обычно проводится нормативными документами.

В результате анализа используемых в настоящее время форм тестовых заданий сформирован перечень форм тестовых заданий, учитывающий особенности изучаемого материала, и разработаны комплекты тестовых заданий для всех АОК, отличающиеся от аналогичных комплектов выделением объёма

приоритетных знаний и учётом времени ответа на каждое тестовое задание, полученное при статистической обработке массива опытных данных.

Выводы по главе 2

1. По результатам анализа индивидуальных потребностей пилотов в процессе обучения, на разных этапах его профессиональной деятельности, сформированы основные требования к архитектуре компьютерных автоматизированных обучающих курсов (АОК), и обеспечена возможность «линейного» изложения изучаемого материала с учетом входа в его главы и параграфы с целью изучения только этих глав или только параграфов.

2. В соответствии с нормативными документами теоретические АОК разделены на две группы: группа АОК «Обще авиационные дисциплины», которые изучаются всеми пилотами; группа АОК «Дисциплины конкретного вертолёт», которые используются пилотами, изучающими конкретные модификации вертолёт.

3. Разработанный комплект АОК «Обще авиационные дисциплины», содержательная часть которого соответствует типовым программам, и элементы визуального представления материала соответствуют возможностям языка программирования HTML, позволяет использовать данный вид АОК пилотами всех типов вертолёт и их модификаций как при переучивании, так при повышении профессиональной квалификации.

4 Для удовлетворения индивидуальных потребностей широкого круга авиационных специалистов комплект АОК «Дисциплины конкретного вертолёт» разделён на два курса: курс «Конструкция и техническая эксплуатация вертолёт Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ» – для инженерно-технического состава и бортмехаников; курс «Устройство и лётная эксплуатация вертолёт Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ» – для пилотов.

5. АОК «Конструкция и техническая эксплуатация вертолёт Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ» и АОК «Конструкция и лётная эксплуатация вертолёт Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ» разработаны с использованием визуальных возможностей языка гиперссылок HTML, отличающиеся от известных АОК расширением, по

сравнению с РЛЭ и РТЭ, объёма сведений об устройстве вертолёт и его систем, и предоставлением возможности формирования индивидуального состава изучаемого материала, соответствующего предыстории специалиста и виду его переподготовки.

При разработке архитектуры АОК предусмотрена возможность корректировки АОК при внесении изменений и добавлений в РЛЭ и РТЭ.

6. В результате анализа используемых в настоящее время форм тестовых заданий сформирован перечень форм тестовых заданий, учитывающий особенности изучаемого материала, при этом разработаны комплекты тестовых заданий для всех АОК, отличающиеся от известных комплектов выделением объёма приоритетных знаний с учётом времени ответа на каждое тестовое задание.

ГЛАВА 3. КОМПЬЮТЕРНЫЕ ОБУЧАЮЩИЕ ДИСПЛЕЙНЫЕ ТРЕНАЖЁРЫ И ИХ ПРИМЕНЕНИЕ ПРИ ОСВОЕНИИ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ СИСТЕМАМИ ВЕРТОЛЁТА В ПОЛЁТЕ

3.1. Принципы построения математических моделей компьютерных тренажёров и их сертификации

В процессе подготовки к полёту и при выполнении полёта вертолёт экипаж выполняет установленные Руководством по лётной эксплуатации (РЛЭ) действия по управлению непосредственно вертолётom и управлению режимами работы его функциональных систем (ФС). Для отработки действий экипажа по управлению вертолётom и его ФС предназначены тренажёры различного назначения. Классификация тренажёров и их основные характеристики приведены «Нормы годности тренажёров авиационных (ТА) для подготовки экипажей вертолётov воздушного транспорта».

В этом документе ТА классифицируются по Уровню Сертификации. Для каждого Уровня Сертификации приводятся требования к следующим характеристикам:

- учебно-методические возможности;
- состав аппаратной части и программного обеспечения;
- общие технические характеристики;
- виды подготовок, на которых допускается использование ТА.

Рассматриваемые в диссертации тренажёры относятся:

- компьютерные (дисплейные) тренажёры действий экипажа при проверках функциональных систем, в нормальном полёте, а также при возникновении сложных или аварийных ситуаций - к группе «Процедурных тренажёров экипажа вертолётa» с Уровнем Сертификации 1, 2, 3, 4, 5;

- комплексный лётный тренажёр - к группе «Комплексных лётных тренажёров экипажей ВС» с Уровнем Сертификации Т1 с неподвижной кабиной.

Одно из главных требований Норм годности ТА - идентичность программного обеспечения (ПО) процедурных тренажёров экипажей вертолётот и комплексного лётного тренажёра. Основой ПО тренажёра является математическая модель (ММ) функциональной системы или комплекса функциональных систем, взаимодействующих между собой.

В общем виде ММ есть зависимость, записанная языком математики, позволяющая определять значения зависимых (искомых) параметров при известных значениях независимых параметров и при соблюдении ряда условий. Вид зависимости между переменными может быть задан по-разному: в виде непрерывной функции, в виде функции с дискретными изменениями параметров, неравенствами, таблицами и др. В ММ тренажёров авиационных зависимые (искомые) переменные объединены в три группы:

- группа параметров, обеспечивающих идентичность внутрикабинной информации, т.е. показания стрелочных приборов, состояние (горит или не горит) световых указателей текстовых табло;
 - группа параметров, обеспечивающая идентичность внекабинной информации (для ТА с системой визуализации);
 - группа параметров, передающих сведения о состоянии ФС в ММ других функциональных систем, взаимодействующих с рассматриваемой.
- независимые переменные объединены в следующие группы:
- время, отсчитываемое, как правило, от начала работы тренажёра;
 - группа параметров, характеризующих положение органов управления в рамках внутрикабинной информации (различные переключатели, кнопки, органы управления вертолётот, органы управления силовой установкой и др.), то есть то, на что обучаемый может воздействовать;
 - группа параметров, приходящих от ММ взаимодействующих ФС об их состоянии.

Начальные условия ММ формируются в зависимости от задач, решаемых на конкретном тренажёре.

В ММ тренажёра помимо блоков, имитирующих работу функциональной системы, присутствуют ещё два блока: блок ввода неисправностей в работу ФС и блок оценки действий тренирующегося по ликвидации введённой инструктором неисправности.

По приведённой схеме были разработаны ММ компьютерных тренажёров для отработки действий экипажей на этапах полёта, приведённых в РЛЭ вертолёт: предполётная подготовка, нормальный полёт, сложные и аварийные ситуации. Тренажёры объединены в один компьютерный продукт «Дисплейные функциональные тренажёры» (см. 3.4).

Математические модели некоторых тренажёров приведены в Приложении П.9, а также опубликованы в статьях [189-194] и в зарегистрированных программах ЭВМ:

– свидетельство об официальной регистрации программы ЭВМ №2002610914 «Автоматизированная обучающая система «Вертолеты МИ-8, МИ-8МТВ и их модификации, версия 1.0», 2002.

– свидетельство об официальной регистрации базы данных №2002610136 «Автоматизированная обучающая система «Вертолеты МИ-8, МИ-8МТВ и их модификации, версия 1.0», 2002.

– свидетельство об официальной регистрации программы ЭВМ №2011614540 «Функциональный тренажер», 2011.

– свидетельство об официальной регистрации программы ЭВМ №2011614541 «Автоматизированная обучающая система», 2011.

Математические модели ТА делятся на две группы. В одну группу входят ММ, для которых заранее известны зависимости между зависимыми и независимыми переменными. Эти зависимости либо приведены в РЛЭ вертолёт и его описаниях, либо получены на основании данных, имеющихся в этих документах, либо получены видеосъёмкой приборных досок в реальных полётах. Процессы, моделируемые этими ММ, априори, идентичны реальным.

В другую группу отнесены ММ, для которых зависимости между переменными находятся в результате дополнительного исследования (например,

подробным моделированием процесса с использованием результатов видеосъёмки, но не самого процесса, а других (см. 3.3.1).

Для таких ММ актуальна проверка идентичности полученных результатов реальным. Порядок проведения проверки идентичности приведен в документе «Нормы годности тренажёров авиационных». Суть проверки – выполнение одинаковых полётов на реальном вертолёте и на тренажёре и сравнение их результатов. Результаты объективной и субъективной проверок оформляются актами в виде таблиц. Заголовки этих таблиц приведены в Приложение П.9. Реальные характеристики работы функциональных систем, необходимые для их сертификации, были получены в полётах, выполняемых АО «СПАРК»: учебных полётах, полетах при заводских и приёмо-сдаточных испытаниях. При сертификации лётного тренажёра в целом план полёта определяется Нормами годности тренажёров. По результатам проверок принимается решение о сертификации ММ и тренажёра.

3.2. Алгоритмы взаимодействия обучаемого с персональным компьютером

Тренировочные занятия на компьютерных тренажёрах существенно сокращают время и материальные затраты на профессиональную подготовку лётного состава по сравнению с дорогостоящим лётным тренажёрным комплексом. Подобные тренажёры широко используются при подготовке операторов для управления наземными системами различного назначения, например, в химической и нефтегазовой промышленности [1, 2, 52, 106, 179, 180, 181, 205, 230, 231].

По классу решаемых задач авиационные КФТ делятся на две группы: на собственно функциональные тренажёры и ситуационные тренажёры.

Функциональные тренажёры предназначены для отработки, как правило, действий по проверке работоспособности ФС в период предполётной подготовки. На ситуационных тренажёрах члены экипажа отрабатывают действия (каждый член экипажа свои, в соответствии с РЛЭ) как в условиях штатного полёта, так и по парированию усложнённых (опасных и аварийных) ситуаций. Структура КФТ определяется совершенством разрабатываемых алгоритмов действий членов экипажа вертолёта и адекватностью соответствующих формируемых математических моделей управления вертолётom и режимами работы каждой из его ФС.

Базой для составления алгоритма действий для каждого конкретного тренажёра является текстовое изложение последовательности действий, изложенных в РЛЭ. Принято представлять алгоритм действий с помощью блок-схемы (рисунок 3.1).



Рисунок 3.1 – Блок-схема обобщённого алгоритма взаимодействия обучаемого с персональным компьютером (ПЭВМ)

Блок восприятия информации. Информация, необходимая для работы на тренажёре, «выдаётся» слушателю через вывод на экран тех фрагментов приборных досок, на которых расположены органы управления системой, а также приборы и табло, по которым можно судить о работе системы. В качестве примеров на рисунке 3.2 и рисунке 3.3 показаны экраны тренажёров запуска ВСУ АИ-9В и двигателя ТВ3-117ВМ.

Представленная информация может быть статической (положение тумблеров, галетных переключателей и др. органов), динамической дискретной

(загорание и погасание табло и сигнальных лампочек) и динамической непрерывной (показание стрелочных приборов, цифровых индикаторов). Помимо визуальной информации пилот воспринимает звуковую информацию: шум работающих агрегатов; доклады и сообщения членов экипажа; позывные радиостанций; команды и сообщения диспетчеров.



Рисунок 3.2 – Экран тренажёра «Запуск ВСУ АИ-9В»



Рисунок 3.3 – Тренажёр «Запуск двигателя ТВ3-117ВМ»

Необходимая звуковая информация имитируется и «выдаётся» пилоту в нужный момент либо через наушники, либо через динамик компьютера.

Блоки осмысления информации и принятия решения. Эти блоки связаны с мыслительной деятельностью слушателя и последующим ожиданием начала его действий. Время ожидания может носить ограниченный характер.

Блок принятия решения. В этом блоке ПЭВМ воспринимает действия слушателя, «оценивает» его действия и «принимает» одно из трех решений:

- если слушатель выполнил нужные действия безошибочно, работа с тренажёром продолжается;

- если слушатель допустил несерьёзную ошибку, ПЭВМ сообщает об этом, даёт подсказку и ожидает исправления ошибки, после исправления ошибки работа с тренажёром продолжается;

- если слушатель допустил серьёзную ошибку, ПЭВМ сообщает об этом и прекращает работу с тренажёром.

В компьютерном экранном тренажёре, без использования каких-либо имитаторов органов управления, слушатель может сообщить ПЭВМ о выполняемых им действиях только через интерактивные воздействия на экран ПЭВМ. Действия, направленные на выполнение принятого решения, разделяются на несколько групп с учётом изменения положений переключателей (тумблеров). Применяются тумблеры 2-х и 3-х позиционные, с фиксированными положениями и нажимные. На фрагменте приборной доски размещены скрытые от слушателя активные зоны: две – для 2-х позиционного и три – для 3-х позиционного тумблера (рисунок 3.4).

Для изменения положения тумблера слушатель наводит курсор мыши на соответствующую активную зону и «кликает» левой кнопкой, тумблер при этом меняет положение. Верхняя активная зона для установки в верхнее положение, средняя – для нейтрального положения, нижняя – для нижнего положения. Для лучшей ориентации слушателя курсор, попадая на активную зону, меняет форму со «стрелки» на «ладошку». Тумблер нажимного типа включён, пока удерживается в нажатом положении, и выключен, если не нажат.

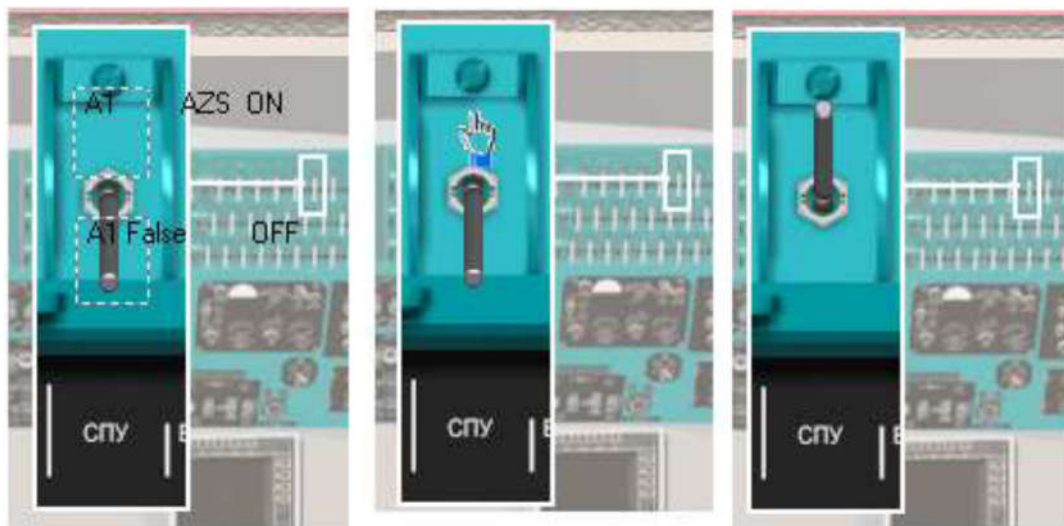


Рисунок 3.4 – Активные зоны возле переключателя – тумблера с фиксированными положениями

Факт удерживания тумблера обозначается ладошкой, нажимающей на тумблер, Галетный переключатель устанавливается в нужное положение аналогично. Каждому положению соответствует своя активная зона. «Клик» левой кнопкой мыши на соответствующей активной зоне приводит к повороту ручки галетного переключателя в нужное положение (рисунок 3.4).

Для точной регулировки некоторых параметров, величина которых показана на стрелочном индикаторе, (например, напряжения) используются, так называемые, потенциометры. При использовании потенциометра (рисунок 3.5) поворотом ручки увеличивают или уменьшают значение параметра (напряжения), что отражается на стрелочном индикаторе. Слушатель оценивает величину параметра и доводит её до нормированной величины. Далее курсор наводится на активную зону и «кликом» левой кнопки параметр фиксируется.

В ряде тренажёров слушатель должен, пользуясь органами управления вертолётom и двигателями, устанавливать нормированные режимы полёта вертолётa или нормированные режимы работы двигателей, в том числе, при необходимости, переводить отказавшие двигатели в режим выключения.

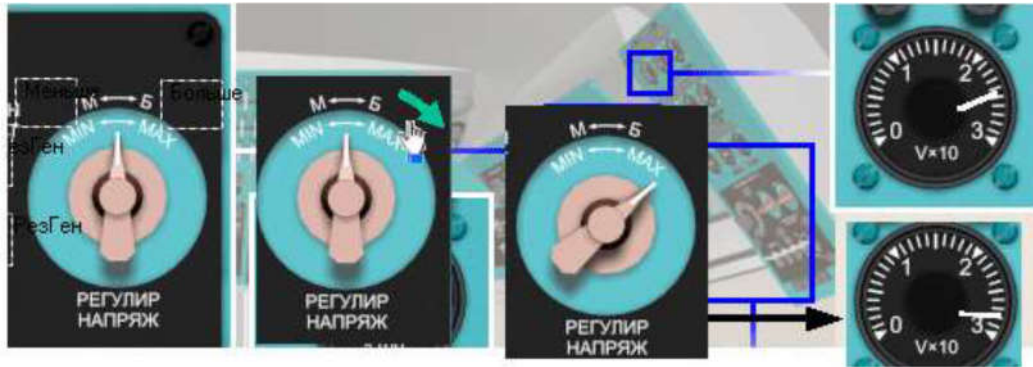


Рисунок 3.5 – Действия слушателя по управлению потенциометром

При необходимости воздействия на ручку управления вертолётном (ручку циклического шага) слушатель наводит курсор на ручку управления и «кликает» левой кнопкой. Дальнейшие действия слушателя определяет ПЭВМ. Если ситуация не требует воздействия на ручку управления, слушателю сообщается, что его действия ошибочны. Если слушатель прав, то ему выдаётся перечень возможных перемещений ручки (например, при проверке автопилота, рисунок 3.6) или перечень параметров полёта (скорость, высота), которые необходимо установить или поддерживать (например, при отказе двигателя, рисунок 3.7). Задача слушателя выбрать правильный вариант из предложенных.



Рисунок 3.6 – Процедура установки ручки управления автопилотом в заданное положение



Рисунок 3.7 – Процедура установки рычага «Шаг-Газ» в заданное положение

На всех тренажёрах (за исключением тренажёра «Проверка автопилота») полагается, что действия педалями соответствуют действиям ручки управления. В тренажёре «Проверка автопилота» есть позиция по проверке поведения автопилота при перемещении только одних педалей. Взаимодействие слушателя с педалями в этом тренажёре аналогично взаимодействию с ручкой управления.

Органы управления работой двигателей, с которыми слушатель должен взаимодействовать, включают: рычаг «Шаг-Газ» (рычаг общего шага); рычаги раздельного управления двигателями (РУД) и рычаги аварийной остановки двигателя (стоп-краны). В большинстве тренажёров взаимодействие слушателя с рычагом «Шаг-Газ» осуществляется так же, как с ручкой управления: «клик» на рычаге вызывает перечень с вариантами действий; слушатель выбирает соответствующий для данной ситуации вариант (рисунок 3.7). В тренажёрах по проверке двигателя рычаг «Шаг-Газ» перемещается в указанное слушателем положение, при этом в таких тренажёрах задействованы и РУД. Их перемещение производится аналогично. В управлении стоп-кранами есть особенности. Ручка управления вертолётom и рычаг «Шаг-Газ» постоянно находятся на экране перед

слушателем, так как они изображены на фоновом рисунке кабины. Блок рычагов стоп-кранов на фоновом рисунке кабины не прорисован, а только обозначено место его расположения. Поэтому слушатель должен прежде вызвать детальное изображение блока стоп-кранов, «кликнув» на месте его расположения, при этом блок будет выведен на экран с соответствующим расположением рычагов. На месте крайних положений рычагов (открыто – закрыто) находятся активные зоны, «клик» на которых обеспечит перевод рычага в соответствующее положение (рисунок 3.8).

Помимо визуальной информации, слушатель в процессе обучения на тренажёре воспринимает и аудио информацию, в частности, при проверке работы СПУ и радиостанций. Слушатель получает сообщение от членов экипажа, диспетчера и, при этом, он должен оценивать качество звучания, а затем, свою оценку слушатель сообщает, пользуясь перечнем предлагаемых вариантов проведённых оценок.



Рисунок 3.8 – Управление рычагами стоп-кранов

В соответствии с РЛЭ члены экипажа – 2-ой пилот и бортмеханик выполняют предписанные им действия по команде КВС и, после их выполнения, докладывают через ПЭВМ. Роль других членов экипажа выполняет ПЭВМ. Взаимодействие между членами экипажа (команды КВС и доклады) производится КВС путём

выбора из списка предлагаемых команд, а для 2-го пилота и бортмеханика – путём выбора из списка предлагаемых вариантов докладов (рисунок 3.9).

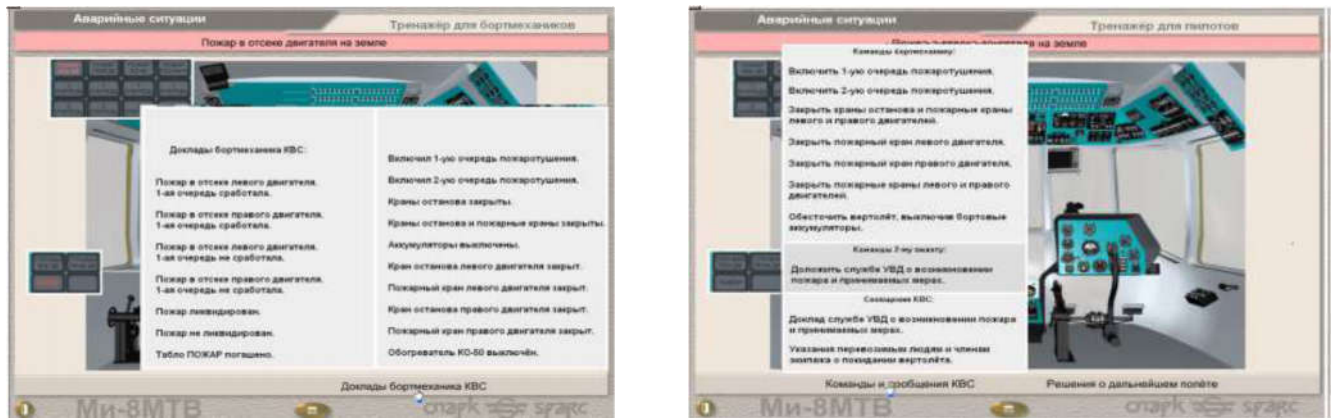


Рисунок 3.9 – Процедура дачи КВС команд 2-му пилоту и б/механику и их докладов КВС о выполнении

В списке, помимо правильной команды, для рассматриваемой на данном тренажёре ситуации, могут иметь место и иные команды (доклады), которые могут быть также правильными для ситуаций, рассмотренных на других тренажёрах. На фоновом рисунке кабины есть поле «Команды», «Доклады», «клик» на котором выводит на экран список команд и докладов. О выбранной(-м) команде (докладе) слушатель сообщает «кликом» на экране.

После выполнения всех рекомендованных РЛЭ действий и оценке их результативности КВС принимает решение о дальнейшем полёте. Своё решение КВС сообщает ПЭВМ выбором из предлагаемого списка решений. Вызов списка решений производится «кликом» на поле «Решения» (рисунок 3.10).

При работе с экранными функциональными тренажёрами слушатель должен:

- освоить и отработать рекомендованный РЛЭ порядок действий по проверке работоспособности ФС вертолёт и при ликвидации сложных и аварийных ситуаций;
- научиться по визуальной и звуковой информации своевременно обнаруживать появившиеся отказы и повреждения ФС и правильно реагировать на их обнаружение.



Рисунок 3.10 – Принятие решения КВС о дальнейшем полёте

В реальных условиях появившиеся повреждения или несвоевременно выполненное действие не всегда немедленно приводят к отказу ФС. Система может продолжать выполнять какое-то время свою функцию, но через некоторое время могут наступить неблагоприятные последствия. Например, при запуске ВСУ АИ-9 пилот не заметил недопустимое превышение температуры газов при запуске ВСУ, которая запустилась, стала выполнять свои функции, однако заброс температуры повлиял на состояние камеры сгорания и существенно сократил срок службы ВСУ.

Функциональный тренажёр предназначен для обучения, поэтому при разработке тренажёров заложен принцип – возможность обязательного информирования слушателя об ошибке, как только он её совершил. Если ошибка незначительная, слушателю предлагается её исправить (даётся подсказка) и работа на тренажёре продолжается. Если ошибка значительная, работа на тренажёре прекращается и упражнение считается невыполненным.

3.3. Моделирование технического состояния функциональных систем вертолѐта как тренажѐрных объектов

В основу обучающих функциональных и ситуационных экранных тренажѐров положены модели и обучающие алгоритмы ФС вертолѐта, с которыми слушатель «работает» на конкретном тренажѐре [201]. Классификация моделей и алгоритмов, используемых в разработанных КФТ, представлена на рисунке 3.11 [217, 223].

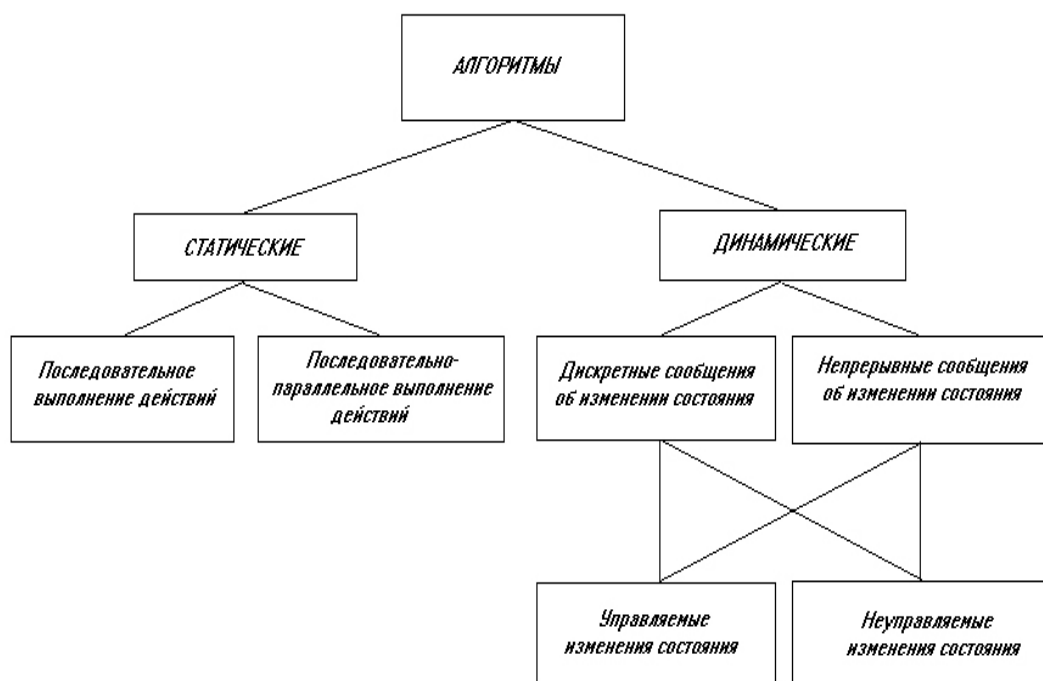


Рисунок 3.11 – Классификация обучающих моделей (алгоритмов)

Статические модели характерны для тренажѐров, в которых состояние системы зависит только от положения органов управления этой системой и во времени не меняется, например, тренажѐр предполѐтной проверки электросистемы вертолѐта. В зависимости от предписанной РЛЭ последовательности действий статические алгоритмы подразделяются на последовательные и последовательно-параллельные алгоритмы. В последовательных алгоритмах предполагается строгая

последовательность действий. В последовательно-параллельных алгоритмах часть действий может выполняться в любой последовательности.

Динамические модели характерны для тренажёров проверки гидросистем, для тренажёров запуска ВСУ и основных двигателей, для тренажёров сложных и аварийных ситуаций. В этих тренажёрах параметры функциональных систем при неизменном положении органов управления изменяются во времени, что отображается на приборных досках для разных тренажёров по-разному: тренажёры с дискретной информацией о состоянии системы имеют сигнальные табло, загорающиеся только в определённое время; тренажёры с непрерывной информацией о параметрах системы имеют стрелочные приборы или цифровые индикаторы непрерывного действия; тренажёры, в которых пилот (слушатель) не может влиять на изменение параметров системы, например, тренажёры запуска или может влиять, когда, например, пилот (слушатель) должен приостановить процесс запуска двигателя. Дискретные математические модели базируются на положениях теории автоматов [81]. В литературе есть примеры моделей и алгоритмов механических и электрических систем, аналогичных ФС вертолётa [56, 123, 165, 170, 228, 232]. Как правило, такие модели используются с целью анализа или синтеза процессов изменения технического состояния самих систем и их работоспособности.

3.3.1 Адаптация теоретических основ к содержанию обучающих программ по управлению силовой установкой и несущей системой вертолётa

А. Общие положения

Рассматривается способ получения необходимых исходных данных для адекватного математического моделирования нестационарных процессов в компьютерных и лётном тренажёрах вертолётa Ми-8МТВ. Суть способа: видео-

фиксация нестационарных режимов силовой установки в реальном полёте и расчёт полученных зависимостей по известным формулам механики, аэродинамики, теории газотурбинных авиадвигателей и др. [6, 16, 58, 83, 133, 158, 221]. Далее, «наложением» расчётных зависимостей на полученные фото-фиксацией находим значения параметров, определяющих поведение силовой установки вертолёт (момент инерции несущей системы вертолёт и др.) в нестационарных режимах. Полученные таким образом параметры позволяют перейти к решению задачи построения информационной картины поведения силовой установки вертолёт в сложных и аварийных ситуациях, при которых получить реальную картину, без нарушения требований по обеспечению безопасности полётов, невозможно. Принимая во внимание данные обстоятельства, рассматривается возможность успешного и безопасного решения задачи путём математического моделирования переходных режимов работы силовой установки как в условиях нестационарных, так и в сложных и аварийных ситуациях. Имитация данных ситуаций и их парирование реализуется на базе вертолётных тренажёрных устройств. В реальном полёте экипаж вертолёт оценивает состояние ФС и развитие сложных и аварийных ситуаций по показаниям стрелочных приборов, цифровых индикаторов, сигнальных табло и других информационных средств, расположенных в кабине, при этом, не только по значениям параметров, но и по динамике их изменения во времени. В течении этого времени пилот должен определить возникшую ситуацию и принять решение о необходимых дальнейших действиях.

Информационная картина, реализуемая на дисплейных и комплексных лётных тренажёрах, должна быть адекватной реальной информационной картине, наблюдаемой пилотом в полёте. Для получения временных зависимостей параметров, имитирующих реальную информационную картину, наблюдаемую пилотом в полёте и при наземных проверках, использовались три направления работ:

1. Использование сведений, имеющихся в эксплуатационных документах, в частности, в РЛЭ, указывается для некоторых процессов в какой момент времени параметр должен иметь заданное значение. К сожалению, таких сведений недостаточно для того, чтобы имитируемая информационная картина была бы полной и реальной.

2. Видео-фиксация реальной информационной картины. С этой целью проводилась видеосъёмка приборных досок в реальных полётах и при наземных проверках и испытаниях вертолёт. Руководил этими работами и принимал в них непосредственное участие автор диссертации в качестве действующего бортмеханика-инструктора. Очевидно, что наблюдать и фиксировать информационную картину в сложных и аварийных ситуациях в нормальном полёте невозможно.

3. Математическое моделирование процессов (механических, электрических, химических и др.), приводящих к сложным и аварийным ситуациям. В процессе математического моделирования формировалась информационная картина, которая далее реализовывалась непосредственно на тренажёре.

Математическое моделирование процессов, приводящих к сложным и аварийным ситуациям, позволяет получать реальную картину, при условии наличия известных динамических характеристик двигателей и несущей системы вертолёт. Например, момент инерции несущей системы можно определить по формулам механики. Реально же это не удаётся сделать из-за отсутствия весовых и габаритных характеристик движущихся и вращающихся масс (узлов и деталей) несущей системы. Динамические характеристики двигателей определяются законами системы автоматического управления (САУ) или системы автоматического регулирования (САР). В этой связи рассматривается другой метод определения момента инерции несущей системы и двигателей вертолёт.

Суть метода состоит в следующем. На реальном вертолёте производим видео-фиксацию нестационарных режимов: запуска двигателя и перевода силовой установки с режима малого газа (МГ) на режим правой коррекции (ПК). Далее, проводим анализ этих процессов с использованием расчётных параметров, определяющих динамику двигателей и несущей системы вертолёт. Затем, путём «совмещения» этих двух информационных картин находим значения параметров, характеризующих динамику работы двигателей и несущей системы вертолёт.

Для достижения поставленной цели, были использованы некоторые результаты работ, связанных с построением расчётной информационной картины нестационарных

процессов, в частности, в области аэродинамики несущего винта вертолѐта, динамики полѐта вертолѐта, теории газотурбинных авиационных двигателей, механики.

Б. Методика расчѐта параметров переходных процессов

Проводить видео-фиксацию нестационарных процессов можно по расположенным на приборной доске двум стрелочным приборам с градуировкой в процентах. Один показывает частоту вращения несущего винта (НВ) и частоту вращения свободной турбины. Обозначим её как $\bar{\omega}$ в % или $\omega_{\text{НВ}}$ в об/мин, или $\omega_{\text{СТ}}$ в рад/с. Другой прибор (2-х стрелочный) показывает частоту вращения каждого двигателя (турбокомпрессора). Обозначим её как $\bar{n}$ в % или n в об/мин (n в рад/с). Физическая частота вращения и градуированная в процентах частота вращения связаны соотношениями

$$\omega_{\text{НВ}} = 0,211\bar{\omega} \text{ рад/с}; \omega_{\text{СТ}} = 16,51\bar{\omega} \text{ рад/с}; n = 20,45\bar{n} \text{ рад/с}.$$

Результаты расшифровки процесса запуска двигателей и их выхода на режимы малого газа, процесса раскручивания несущего винта до выхода его на стационарный режим приведены в таблице 3.1, при этом указаны длительности каждого из этапов и значения частоты вращения НВ, достигнутые в конце каждого соответствующего этапа.

Таблица 3.1 - Результаты расшифровки видео-фиксации запуска двигателей

№ этапа	Режимы работы силовой установки	Длительность этапа, с	Частота вращения НВ в конце этапа, %
1	Запуск 1-го двигателя, НВ неподвижен	$t_0 = 9$	0
2	НВ раскручивается, 1-ый двигатель выходит на режим малого газа (МГ)	$t_1 - t_0 = 26$	48
3	НВ продолжает раскручиваться до стационарного режима, 1-ый двигатель работает на режиме МГ	$t_2 - t_1 = 15$	55
4	НВ вращается на стационарном режиме, 1-ый двигатель работает на режиме МГ	$t_3 - t_2 = 11$	55
5	Запускается 2-ой двигатель, свободная турбина 2-го двигателя «догоняет» свободную турбину 1-го двигателя и через муфту свободного хода соединяется с НВ	$t_4 - t_3 = 5$	56

Продолжение таблицы 3.1

№ этапа	Режимы работы силовой установки	Длительность этапа, с	Частота вращения НВ в конце этапа, %
6	НВ продолжает раскручиваться двумя двигателями, 2-ой двигатель выходит на режим МГ	$t_5 - t_4 = 26$	63
7	Оба двигателя работают на режиме МГ, НВ выходит на стационарный режим МГ	$t_{\text{МГ}} - t_5 = 2$	65

Картина видео-фиксации нестационарных режимов силовой установки вертолѐта Ми-8МТВ с двигателями ТВ3-117ВМ, показана на рисунке 3.12, а именно, процесса запуска двигателей и процесса их перевода с режима малого газа на режим правой коррекции.

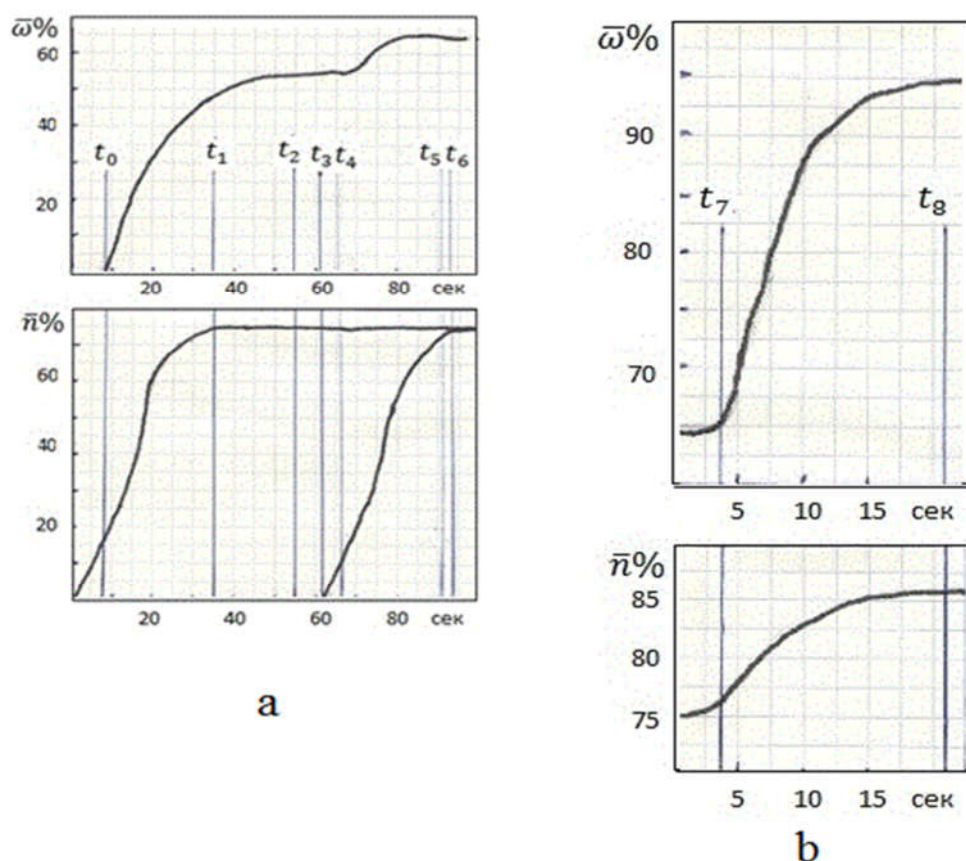


Рисунок 3.12 – Видео-фиксация нестационарных режимов:

процесс запуска - а;

процесс перевода с режима МГ на ПК – б

Для расчёта нестационарных режимов необходимо знание характеристик работы свободных турбин двигателей. В теории газовых турбин [141] универсальная характеристика работы свободной турбины представлена на рисунке 3.13.

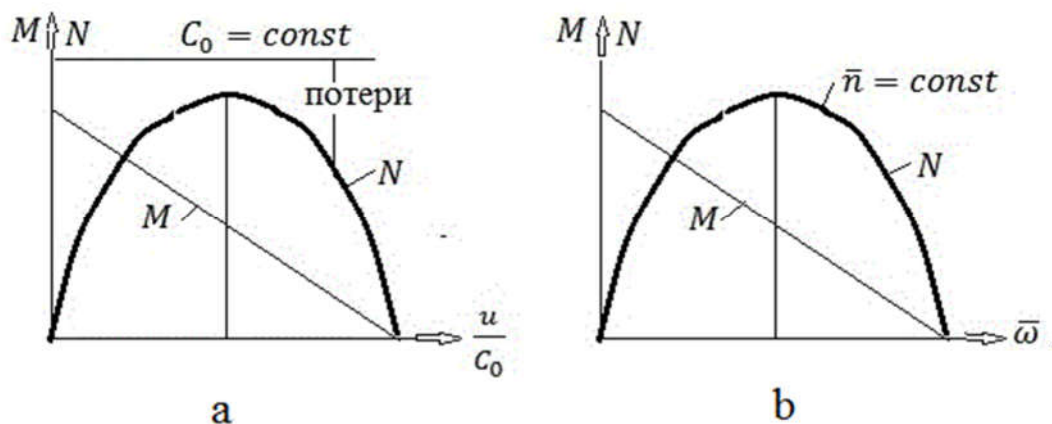


Рисунок 3.13 – Характеристика работы свободной турбины:

классическое представление – а;

в наблюдаемых параметрах – б

Характеристика работы свободной турбины представляет собой зависимость крутящего момента M и мощности турбины N от частоты вращения при постоянных параметрах на входе (расход газа, давление и температура) протекающего через турбину потока газов [87, 141, 179, 225].

Комплексным параметром, оценивающим мощность газового потока, является скорость истечения газа из соплового аппарата турбины c_0 . Параметром, характеризующим частоту вращения, является окружная скорость рабочего колеса на расчётном радиусе турбины u . Из характеристики следует, что существует оптимальное отношение u/c_0 , при котором мощность турбины и её КПД максимальны. Это означает, что на всех оптимальных режимах работы силовой установки треугольники скоростей рабочего колеса свободной турбины подобны. При соблюдении этого правила крутящий момент свободной турбины будет иметь линейную зависимость от частоты вращения. Другой особенностью характеристики является отношение крутящего момента неподвижной турбины к

крутящему моменту при максимальной мощности. Это отношение в зависимости от конструктивных особенностей турбины колеблется незначительно.

В данных условиях мощность газового потока, проходящего через свободную турбину, однозначно определяется одним параметром (все остальные параметры: расход газа, давление и температура газа на входе в свободную турбину – от него зависят). В качестве такого параметра удобно использовать измеряемый штатным прибором параметр частоты вращения турбокомпрессора $\bar{n}$ в %, а в качестве отношения u/c_0 - измеряемые обороты несущего винта $\bar{\omega}$ в %. В результате, характеристика свободной турбины будет иметь вид, представленный на рисунке 3.14.

Следует заметить, что с увеличением $\bar{n}$ кривая мощности будет перемещаться вверх и вправо (линия моментов, соответственно). При реализованных законах управления силовой установкой вертолёта оптимальный режим свободной турбины имеет место лишь при одном, каком-либо, нормированном режиме полёта.

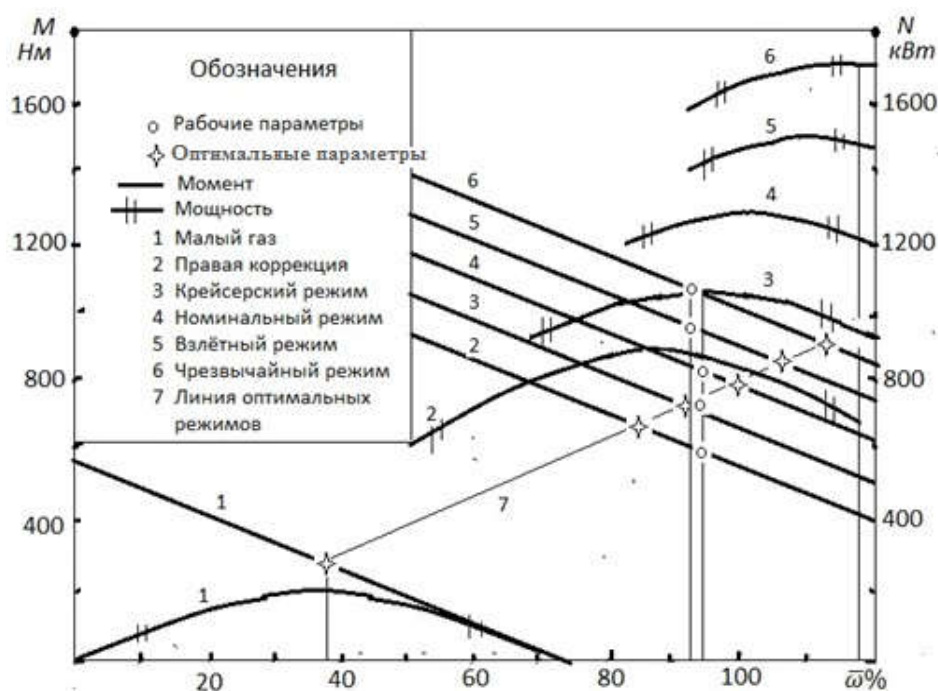


Рисунок. 3.14 – Характеристики работы свободной турбины двигателя ТВЗ-117ВМ

Естественно предположить, что таким режимом является крейсерский режим. Учитывая это предположение и рассмотренные выше особенности

характеристики работы свободной турбины, можно по данным нормированных режимов полёта построить характеристики свободной турбины двигателя ТВЗ-117ВМ. Основные параметры характеристик работы турбины приведены в таблице 3.2 и показаны на рисунке 3.15. Взаимное расположение рабочих и оптимальных режимов определяются соотношениями

$$\omega_* = 0,5 \left(\omega_o + \left(\frac{\omega_*}{M_*} \right)_{кр} * M_o \right); \quad M_* = \left(\frac{M_*}{\omega_*} \right)_{кр} * \omega_*,$$

где $\left(\frac{\omega_*}{M_*} \right)_{кр}$ и $\left(\frac{M_*}{\omega_*} \right)_{кр}$ соответствуют крейсерскому режиму, для которого рабочий режим свободной турбины совпадает с оптимальным режимом.

Таблица 3.2 – Параметры характеристик работы свободной турбины

Нормированные режимы	Рабочие параметры		Оптимальные параметры	
	Мощность, N л.с. (кВт)	Показания прибора $\bar{\omega} \% (\omega \text{ рад/с})$	Мощность, N кВт	Частота вращения $\bar{\omega} \% (\omega \text{ рад/с})$
Малый газ	200 (147,2)	65 (1073)	180	41,7 (689)
Правая коррекция (2-ой крейсерский)	1200 (883)	95 (1568)	886	85,4 (1410)
Крейсерский (1-ый крейсерский)	1500 (1104)	95 (1568)	1104	95 (1568)
Номинальный	1700 (1251)	95 (1568)	1262	101,6 (1676)
Взлётный	2000 (1472)	93 (1535)	1512	111,2 (1835)
Чрезвычайный	2200 (1619)	93 (1535)	1691	117,7 (1942)

Рассмотрим последовательно процессы, происходящие на каждом из временных периодов выхода вертолёта на режим малого газа.

Первый период от $t = 0$ до $t = t_0$, несущий винт неподвижен.

После нажатия кнопки «запуск» и открытия СТОП КРАНА происходит раскрутка ротора турбокомпрессора запускаемого двигателя воздушным стартером, и подача по определённой программе топлива и поджёг его. По мере раскрутки турбокомпрессора крутящий момент, действующий на неподвижную свободную турбину, увеличивается, и при некотором значении $\bar{n} = \bar{n}_{стр}$ достигает

величины $M_{стр}$, достаточной для преодоления сил трения во всех элементах несущей системы (всех подшипников, редукторов и др.), и происходит страгивание свободной турбины.

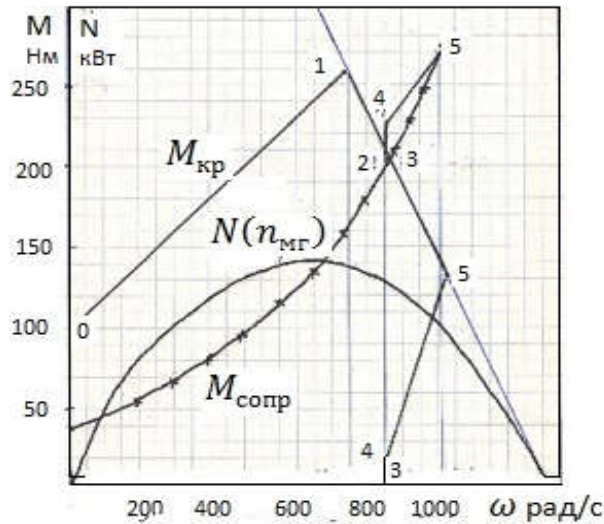


Рисунок 3.15 – Изменение параметров свободной турбины в процессе запуска 1-го двигателя

В РЛЭ Ми-8МТВ сказано, что страгивание НВ должно происходить при частоте вращения 1-го двигателя в диапазоне 20...25%. Для определения мощности свободной турбины при частоте вращения двигателя, равной 20%, воспользуемся пусковой характеристикой двигателя $N = f(\bar{n})$ в диапазоне $\bar{n}$ от 0 до $\bar{n}_{мг}$. В качестве аппроксимирующей функции используем полином 2-ой степени вида

$$N = a + b * \bar{n} + c * \bar{n}^2 \quad (3.1)$$

Коэффициенты полинома найдём из условий, которым функция должна удовлетворять:

- при $\bar{n}=0$, $N=0$;
- при $\bar{n}=\bar{n}_{мг}=75\%$, $N=N_{мг}$;
- при $\bar{n}=\bar{n}_{мг}=75\%$, $dN/d\bar{n} = 0$.

При решении уравнения получено: для $\bar{n} = 20\%$, $N_{опт} = 85$ кВт, а при построении характеристики СТ - $\bar{\omega}_{опт} = 7\%$ и $M_{стр} = 101$ Нм. Характеристики

свободной турбины для момента страгивания и момента выхода двигателя на режим малого газа показаны на рисунке 3.15.

В ряде работ по теории трения показано, что после страгивания механизмов типа редуктор момент по преодолению трения быстро (практически мгновенно) уменьшается и не существенно зависит от частоты вращения

$$M_{\text{тр}} = \beta * M_{\text{стр}},$$

где коэффициент $\beta < 1$;

$M_{\text{тр}}$ – момент преодоления трения несущей системы в подшипниках, в шестернях и других элементах.

Второй период от t_0 до $t = t_1$. Несущий винт раскручивается, 1-ый двигатель выходит на режим малого газа.

Изменение частоты вращения несущего винта (свободной турбины) находится из уравнения вращательного движения вида

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M_{\text{кр}} - M_{\text{сопр}}}{J_{\Sigma}}. \quad (3.2)$$

Момент сопротивления вращению несущей системы $M_{\text{сопр}}$ создаётся силами, имеющими различные зависимости изменения от частоты вращения: есть независимые, есть зависящие от скорости, есть зависящие от квадрата скорости.

Подобные зависимости удобно аппроксимировать логарифмической функции вида $\lg M = a + b\omega$. Для функции, описывающей момент сопротивления до выхода несущей системы на режим малого газа (общий шаг несущего винта постоянен и равен $\varphi = 1^\circ$), известны три точки, через которые она должна проходить:

1. Начало движения НВ, при котором

$$\omega = 0, \quad M_{\text{сопр}} = M_{\text{тр}} = \beta * M_{\text{стр}}; \quad (3.3)$$

2. Режим малого газа НВ, при котором

$$\omega = 1073 \text{ рад/с}, \quad M_{\text{сопр}} = 2 * 137 = 274 \text{ Нм}; \quad (3.4)$$

3. Режим правой коррекции, при котором

$$\omega = 1568 \text{ рад/с}, \quad M_{\text{сопр}} = 2 * 563 = 1126 \text{ Нм}. \quad (3.5)$$

Поскольку коэффициент β неизвестен, полученную зависимость

$lgM = f(\omega)$ целесообразно представить двумя отрезками:

- для $(0 - \omega_{\text{МГ}})$ $lgM = lg\beta + 2 + (0,438 - lg\beta) * \omega/1073;$ (3.6)

- для $(\omega_{\text{МГ}} - \omega_{\text{ПК}})$ $lgM = 2,438 + 1,24 * 10^{-3} * (\omega - 1073).$ (3.7)

Крутящий момент, действующий на свободную турбину, по мере увеличения частоты вращения турбокомпрессора 1-го двигателя определяется из условия перемещения рабочей точки в момент страгивания ($\bar{n}=20\%$, $\bar{\omega}=0$) на моментную характеристику свободной турбины в момент выхода двигателя на режим МГ ($\bar{n}=75\%$, $\bar{\omega}=\bar{\omega}_1$). Дальнейшее перемещение рабочей точки будет происходить по этой характеристике вплоть до выхода НВ на стационарный режим $\bar{\omega}=55\%$ (см. рисунке 3.15).

Суммарный момент инерции J_{Σ} есть сумма моментов инерции всех деталей несущей системы, приведённых к оси вращения свободной турбины

$$J_{\Sigma} = \sum_1^Z J_{\text{пр}}. \quad (3.8)$$

Воспользуемся вышесказанным и преобразуем уравнение вращательного движения, используя обозначения параметров, приведённых на рисунке 3.15, а именно

$$M_{\text{кр}} = M_{\text{стр}} + \bar{\omega} * \frac{M_1 - M_{\text{стр}}}{\bar{\omega}_1}, \quad (3.9)$$

где M_1 крутящий момент, развиваемый свободной турбиной 1-го двигателя в момент выхода на режим малого газа t_1 .

Выразим M_1 через известные параметры рабочей точки на характеристике режима малого газа $M_{\text{МГ.ОПТ}}$ и $\bar{\omega}_{\text{МГ.ОПТ}}$

$$M_1 = M_{\text{МГ.ОПТ}} * \left(2 - \frac{\omega_1}{\omega_{\text{МГ.ОПТ}}}\right). \quad (3.10)$$

На всех режимах до режима правой коррекции угол установки лопасти сохраняется минимальным (общий шаг НВ $\varphi=1$ град.), тогда

$$M_{\text{сопр}} = \text{antilg}(lg\beta + 2 + (0,438 - lg\beta) * \omega/1073);$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{M_{\text{кр}} - M_{\text{сопр}}}{J_{\Sigma}}, \quad (3.11)$$

$$\frac{d\omega}{dt} = \frac{1}{J_{\Sigma}} \left(M_{\text{стр}} + \frac{\omega}{\omega_1} \left(M_{\text{МГ.ОПТ}} \left(2 - \frac{\omega_1}{\omega_{\text{МГ.ОПТ}}} \right) - M_{\text{стр}} \right) - \text{antilg}(lg\beta + 2 + (0,438 - lg\beta) * \omega/1073) \right) \quad (3.12)$$

Выражение в скобках есть превышение крутящего момента над моментом сопротивления. Для удобства использования в дальнейшем представим его в виде

$$M_{\text{избыт}} = \left(M_{\text{стр}} + \frac{\omega}{\omega_1} \left(M_{\text{мг.опт}} \left(2 - \frac{\omega_1}{\omega_{\text{мг.опт}}} \right) - M_{\text{стр}} \right) - \right. \\ \left. - \text{antilg}(\lg\beta + 2 + (0,438 - \lg\beta) * \omega/1073) \right) \quad (3.13)$$

Выход НВ при работе одного двигателя на стационарную частоту вращения $\bar{\omega}_2 = 55\%$ означает, что момент сопротивления НС вращению стал равен крутящему моменту свободной турбины, т.е. $M_{\text{избыт}} = 0$. Воспользуемся этим условием и с помощью уравнения

$$\left(M_{\text{стр}} + \frac{\omega_2}{\omega_1} \left(M_{\text{мг.опт}} \left(2 - \frac{\omega_1}{\omega_{\text{мг.опт}}} \right) - M_{\text{стр}} \right) - \text{antilg}(\lg\beta + 2 + (0,438 - \lg\beta) * \right. \\ \left. \omega_2/1073) \right) = 0 \quad (3.14)$$

определим коэффициент β . Результат решения уравнения – $\beta = 0,4$.

Для введения временных показателей процесса запуска в уравнение проинтегрируем уравнение движения в интервале $\omega = 0 \dots \omega_2$, при этом справедливо уравнение

$$\int_{t_0}^{t_2} dt = J_{\Sigma} \int_0^{\omega_2} \frac{d\omega}{M_{\text{избыт}}}. \quad (3.15)$$

Из этого уравнения определим величину момента инерции несущей системы

$$J_{\Sigma} = \frac{t_2 - t_0}{\int_0^{\omega_2} \frac{d\omega}{M_{\text{избыт}}}}. \quad (3.16)$$

В результате решения данного уравнения получаем $J_{\Sigma} = 3,5 \text{ кгм}^2$.

Полученное значение J_{Σ} можно дополнительно проверить в результате аналогичного анализа данных, полученных при видео фиксации перевода несущей системы с режима малого газа на режим правой коррекции (рисунок 3.15).

Рабочая точка на диаграмме $M = f(\omega)$ в процессе перехода переместится из точки $(M_{\text{мг}}, \omega_{\text{мг}})$ в точку $(M_{\text{пк}}, \omega_{\text{пк}})$.

Значение J_{Σ} необходимо для интегрирования с использованием уравнения движения вида

$$\int_{t_7}^{t_8} dt = J_{\Sigma} \int_{\omega_{\text{МГ}}}^{\omega_{\text{ПК}}} \frac{d\omega}{M_{\text{избыт}}}, \quad (3.17)$$

где $M_{\text{избыт}} = M_{\text{кр}} - M_{\text{сопр}}$;

$$M_{\text{кр}} = M_{\text{МГ}} + \frac{M_{\text{ПК}} - M_{\text{МГ}}}{\omega_{\text{ПК}} - \omega_{\text{МГ}}}(\omega - \omega_{\text{МГ}}),$$

$$M_{\text{сопр}} = \text{antilg}(2,438 + 1,24 * 10^{-3} * (\omega - \omega_{\text{МГ}})).$$

В результате решения уравнения получаем $(t_8 - t_7) = 22 \text{ с}$, что с приемлемой точностью, соответствует реально полученному времени перехода.

Таким образом, проведено обоснование необходимости и целесообразности разработки метода имитационного моделирования процесса лётно-технической эксплуатации вертолёт Ми-8МТВ в усложнённых условиях полёта. Разработан математический аппарат и процедуры имитационного моделирования на базе лётного тренажёра для подготовки пилота вертолёт Ми-8МТВ.

Полученное при разработке математической модели значение момента инерции несущей системы является индивидуальным комплексным параметром несущей системы вертолёт и учитывает структурные и массогабаритные особенности данной системы. Использование этого параметра позволит получить путём математического моделирования информационные картины развития сложных и аварийных ситуаций.

В целом, представленные результаты могут быть использованы для разработки программы тренажёрной подготовки пилотов вертолёт Ми-8МТВ в части успешного парирования усложнённых условий полёта.

3.3.2. Информационная картина и математическая модель развития сложной ситуации для тренажёрной подготовки пилотов вертолёт Ми-8 МТВ

А. Общие положения

В процессе многолетней эксплуатации вертолёт Ми-8МТВ имели место несколько случаев обрыва гибкого валика двигателя ТВ3-117 с неблагоприятными

последствиями. Одной из причин таких последствий является недостаточная подготовленность экипажа к действиям в возникающей ситуации. В ряде авиакомпаний было принято решение о включении в программы тренажёрной подготовки лётных экипажей возможной сложной ситуации – «Обрыв гибкого валика». В этой связи возникла необходимость доработки и модернизации компьютерных и лётных тренажёров Ми-8МТВ путем включения в их программное обеспечение специальной математической модели, описывающей рассматриваемую сложную ситуацию. При составлении математической модели сложной ситуации были использованы реальные параметры, определяющие нестационарность работы несущей системы вертолёт, характеристики работоспособности свободных турбин двигателей с учетом законов изменения шага несущего винта. В данной статье использование математической модели сложной ситуации в процессе имитационного моделирования иллюстрируется на конкретном примере. Предварительно дается краткое описание информационной картины, затем излагаются особенности её построения расчётным путём на основе параметров, определяющих динамику работы двигателей и несущей системы вертолёт. Алгоритм расчёта является авторской разработкой.

В Руководстве по лётной эксплуатации (РЛЭ) вертолёт Ми-8МТВ перечнем возможных сложных ситуаций не предусматривалась ситуация – «Обрыв гибкого валика двигателя». Вероятно, была надежда на высокую надёжность гибкого валика и способность системы автоматического управления (САУ), в случае обрыва гибкого валика, без вмешательства пилота поддерживать подводимую к несущему винту (НВ) мощность. Пилоты, не знакомые заранее с этой информационной картиной, принимали неверные решения. Реальная информационная картина процесса поддержания мощности силовой установки (СУ) САУ весьма своеобразна и чрезвычайно сложна, что вызывает необходимость проведения специального инженерного анализа и последующего описания информационной картины сложной ситуации – «Обрыв гибкого валика двигателя ТВ3-117».

Б. Описание информационной картины развития сложной ситуации

Обрыв гибкого валика нарушает механическую связь свободной турбины с регулятором частоты вращения свободной турбины. Регулятор частоты вращения

свободной турбины воспринимает обрыв гибкого валика как резкое уменьшение частоты вращения свободной турбины и начинает увеличивать подачу топлива в двигатель. Частота вращения турбокомпрессора при этом будет нарастать вплоть до величины взлётного режима. При достижении турбокомпрессором (ТК) взлётного режима в работу вступает электронный регулятор двигателя (ЭРД), который поддерживает частоту вращения турбокомпрессора на уровне взлётного режима, который определяется ЭРД в зависимости от давления и температуры окружающей среды.

Одновременно, за двигателем с разрушенным гибким валиком, исправный (второй) двигатель также выйдет на режим взлётной мощности, так как в гидромеханической системе управления двигателями имеется синхронизатор мощности (СМ). Назначение синхронизатора мощности – обеспечивать одинаковость режимов турбокомпрессоров обоих двигателей при работе на один несущий винт. Синхронизатор мощности, в случае появления разности давлений за компрессорами двигателей, увеличивает подачу топлива в тот двигатель, у которого давление за компрессором меньше. Таким образом, неисправный (отстающий) двигатель подстраивается под исправный (ведущий) двигатель. Оба двигателя выйдут на взлётные режимы, и их работа будет поддерживаться на взлётных режимах электронными регуляторами двигателей. В результате, после обрыва гибкого валика угловая скорость НВ может быть значительно увеличена. Чтобы не допустить раскрутку НВ сверх допустимой, в системе управления двигателями предусмотрены два рубежа защиты от раскрутки НВ.

Первый рубеж – принудительное отключение синхронизатора мощности при достижении частоты вращения НВ, равной $(107 \pm 2) \%$. **Второй рубеж** – аварийное выключение двигателя при достижении частоты вращения НВ, равной $(118 \pm 2) \%$. При отключении синхронизатора мощности исправный двигатель переходит на режим поддержания частоты вращения НВ $(95 \pm 2) \%$. Поскольку свободная турбина исправного двигателя вращается принудительно с большей частотой, регулятор частоты вращения свободной турбины уменьшает подачу топлива в двигатель, и переводит двигатель на режим пониженной мощности, а именно, до режима

холостого хода (практически, с нулевой полезной мощностью). Мощность, подводимая к НВ, уменьшается в два раза. И хотя двигатель с разрушенном гибким валиком продолжает работать на взлётном режиме, угловая скорость НВ начинает уменьшаться. При уменьшении частоты вращения НВ ниже $(95 \pm 2) \%$ регулятор частоты вращения свободной турбины исправного двигателя начнёт увеличивать его мощность для поддержания частоты вращения НВ в диапазоне $(95 \pm 2) \%$. Увеличение режима работы исправного двигателя будет продолжаться до тех пор, пока сумма мощностей, развиваемых исправным двигателем и двигателем с разрушенным гибким валиком, работающим на взлётном режиме, не станет равной мощности, подводимой к НВ до обрыва гибкого валика. Несущий винт будет развивать ту же тягу, что и до обрыва гибкого валика. Таким образом, САУ двигателем, без вмешательства пилота, восстановит режим работы НВ и даст возможность пилоту осмыслить происшедшее и выполнить правильные действия.

Описанная выше картина изменения параметров двигателей характерна только для тех режимов, для которых возможна раскрутка НВ до частоты вращения, равной или большей частоты вращения принудительного отключения синхронизатора мощности. Но возможна и другая картина. Оба двигателя, как было описано выше, выходят на взлётный режим работы. Это признак обрыва гибкого валика на одном из двигателей. Далее, работая на взлётных режимах, двигатели не смогут раскрутить НВ до отключения синхронизатора мощности. Поэтому, двигатели будут продолжать работать на взлётных режимах, вращая винт с частотой менее 107%. Определить двигатель, на котором произошёл обрыв гибкого валика, без вмешательства пилота невозможно. Пилоту необходимо рычагом ШАГ-ГАЗ уменьшить режим работы двигателей и облегчить НВ. После облегчения НВ произойдёт дальнейшая раскрутка НВ вплоть до отключения синхронизатора мощности. Дальнейшее изменение параметров двигателей и НВ описано выше. В результате НВ будет вращаться с частотой $(95 \pm 2) \%$, двигатель с разрушенным валиком будет работать на взлётном режиме, а исправный двигатель перейдёт на пониженный режим работы.

При обрыве гибкого валика, когда двигатели выведены на взлётный режим, факт обрыва ни на что не повлияет, так как управление двигателями на взлётном режиме осуществляется электронным регулятором. Пилот даже не заметит факт обрыва. Возникший отказ проявится при уменьшении пилотом режима работы двигателей.

Для создания реальной информационной картины процессов, вызванных обрывом гибкого валика, важны не только величины изменяющихся параметров (наблюдаемых и не наблюдаемых), но и скорости их изменения. Время изменения наблюдаемых пилотом по приборам параметров (частота вращения двигателей и частота вращения несущего винта) есть время, в течение которого пилот должен определить возникшую ситуацию и принять решение о дальнейших действиях. Это важно ещё и потому, что время и скорость изменения ненаблюдаемых параметров (тяга несущего винта и др.) необходимы построения для математической модели (ММ) движения вертолётa, используемой в комплексном лётном тренажёре.

В. Построение информационной картины как основы математической модели

Для создания информационной картины расчётным путём необходимо знание параметров, определяющих динамику двигателей и несущей системы вертолётa (моменты инерции и др.). Метод получения необходимых параметров и определение их значений является авторской разработкой. Характеристики свободной турбины двигателя для нормированных режимов полёта (рисунок 3.17), а именно, величина момента инерции несущей системы вертолётa $J_{\Sigma} = 3,5 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

При этом рассмотрено поведение НС вертолётa в процессе запуска и выхода на режим «Правая коррекция».

В дальнейшем в интервале режимов «Правая коррекция» номинальный режим управления двигателями производится в следующем порядке. Перемещение рычага «ШАГ-ГАЗ» на увеличение мощности силовой установки приводит к увеличению угла установки лопастей НВ (φ общего шага НВ) и повышению мощности двигателей до значений, обеспечивающих поддержание постоянной частоты вращения НВ, равной $(95 \pm 2) \%$ или 1568 рад/с.

В работах [16, 25, 60, 182] приведены данные, позволяющие получить выражение момента сопротивления несущей системы вертолѐта для этих режимов работы силовой установки. В частности указывается, что на взлѐтном режиме (максимальный угол установки лопасти, что соответствует общему шагу НВ $\varphi = 15^\circ$) частота вращения НВ уменьшается до 93% ($\omega = 1535$ рад/с).

Чтобы использовать это условие, рассмотрим структуру момента сопротивления вращения несущей системы

$$M_{\text{сопр}} = M_{\text{const}} + M_{\text{аэр}}, \quad (3.19)$$

где M_{const} – постоянные моменты в рассматриваемых пределах ω : моменты трения в трансмиссии и редукторе; моменты отбора мощности на гидронасосы, генераторы и другие агрегаты;

$M_{\text{аэр}}$ – моменты аэродинамического сопротивления лопастей НВ

$$M_{\text{аэр}} = c_x \frac{\rho V^2}{2} SL. \quad (3.20)$$

Объединив геометрические и аэродинамические характеристики лопасти НВ единым коэффициентом G и заменив линейную скорость лопасти частотой вращения НВ, получим

$$M_{\text{сопр}} = M_{\text{const}} + G * \omega^2. \quad (3.21)$$

Для режима «Правая коррекция» уравнение принимает вид

$$M_{\text{сопр}}^{\varphi=1} = M_{\text{сопр}}^{\text{пк}} = M_{\text{const}} + G * \omega_{\text{пк}}^2. \quad (3.22)$$

Изменение момента сопротивления НВ с $\varphi = 1^\circ$ при дальнейшей раскрутке удобно определять через $M_{\text{сопр}}^{\text{пк}}$

$$M_{\text{сопр}}^\varphi = M_{\text{сопр}}^{\text{пк}} - G * \omega_{\text{пк}}^2 + G * \omega^2 = M_{\text{сопр}}^{\text{пк}} + G * (\omega^2 - \omega_{\text{пк}}^2). \quad (3.23)$$

Коэффициент G определяется из условия выключение из работы синхронизатора мощности при достижении частоты вращения НВ, равной $(107 \pm 2) \%$.

Надёжность выключения достигается условием – «На частоте вращения НВ, равной $(107 \pm 2) \%$ крутящий момент двух двигателей на взлѐтном режиме больше момента сопротивления несущей системы». Это условие будет выполнено, если

равенство крутящего момента и момента сопротивления будет достигнуто при частоте вращения НВ $\omega_{\text{откл}} = (107+2) \%$.

Крутящий момент на взлётном режиме

$$M^{\text{взл}} = M_{\text{опт}} - \frac{M_{\text{опт}}}{\omega_{\text{опт}}} (\omega - \omega_{\text{опт}}). \quad (3.24)$$

Значения оптимальных параметров взлётного режима представлены в таблице 3.2.

Подставляя указанные значения в формулу (3.24), определяем крутящий момент двух двигателей, работающих на взлётном режиме, при частоте вращения НВ $\omega_{\text{откл}} = 110 \%$

$$M^{\text{взл}} = 1673 \text{ Нм.}$$

Совместное решение уравнений (3.23) и (3.24) позволяет определить коэффициент G .

Таким образом, момент сопротивления вращению несущей системы, при положении рычага «ШАГ-ГАЗ» на упоре и при значениях «Правая коррекция» в диапазоне частот вращения от 95 до 110% или от 1568 до 1673 рад/с, описывается следующим выражением

$$M_{\text{сопр}}^{\varphi} = M_{\text{сопр}}^{\text{пк}} + 1600 * \left[\left(\frac{\omega}{1568} \right)^2 - 1 \right]. \quad (3.25)$$

Для получения зависимости момента сопротивления НС от общего шага НВ φ (угла установки лопасти) используем выражение для c_x лопасти НВ

$$c_x = c_{x0} + \frac{c_y^2}{\pi \lambda} (1 + \delta). \quad (3.26)$$

Для докритических режимов (c_y пропорционален углу атаки) индуктивное сопротивление может быть представлено через общий шаг НВ, при объединении в единый коэффициент E геометрических и аэродинамических характеристик лопастей НВ

$$c_x = c_{x0} + E\varphi^2. \quad (3.27)$$

Тогда

$$M_{\text{сопр}}^{\varphi} = M_{\text{const}} + G^* * (c_{x0} + E\varphi^2) * \omega^2. \quad (3.28)$$

Коэффициент G^* это модифицированный коэффициент G . Далее, выразим $M_{\text{сопр}}^\varphi$ формулами вида:

$$M_{\text{сопр}}^{\varphi=1} = M_{\text{const}} + G^* * (c_{x0} + E^*) * \omega^2; \quad (3.29)$$

$$M_{\text{сопр}}^\varphi = M_{\text{сопр}}^{\varphi=1} + E * (\varphi^2 - 1) * \omega^2. \quad (3.30)$$

Значение коэффициента E находится из условия – «При переводе двигателей на взлётный режим частота вращения НВ уменьшается до 93 %. Это означает, что на частоте вращения НВ 93 % момент сопротивления несущей системы при максимальном общем шаге НВ $\varphi = 15^\circ$ равен крутящему моменту свободных турбин при работе двигателя на взлётном режиме с $\bar{n} = 96,3\%$

$$M_{\text{кр}}^{\text{взл}} = M_{\text{сопр}}^{\varphi=15}. \quad (3.31)$$

Тогда

$$M_{\text{опт}} - \frac{M_{\text{опт}}}{\omega_{\text{опт}}} (\omega - \omega_{\text{опт}}) = \text{antilg}(2,438 + 1,24 * 10^{-3} * (\omega - \omega_{\text{мг}})) + E * (\varphi^2 - 1) * \omega^2. \quad (3.32)$$

В этом уравнении известны все величины, кроме коэффициента E , а именно,

$$\omega = 1535 \text{ рад/с } (\bar{\omega} = 93\%) \text{ и } \varphi = 15^\circ$$

и тогда

$$E = 1,682 * 10^{-6}.$$

Таким образом, момент сопротивления вращению несущей системы вертолѐта в диапазоне $\bar{\omega} = 93 \dots 110 \%$ и $\varphi = 1 \dots 15^\circ$ определяется по формуле

$$M_{\text{сопр}}^\varphi = M_{\text{сопр}}^{\text{пк}} + 1600 * \left[\left(\frac{\omega}{1568} \right)^2 - 1 \right] + [1,682 * 10^{-6} * (\varphi^2 - 1) * \omega^2]. \quad (3.33)$$

Полученные динамические характеристики несущей системы вертолѐта: момент инерции; момент сопротивления вращению; характеристики свободных турбин двигателей позволяют получать информационную картину поведения силовой установки после обрыва гибкого валика одного из двигателей.

Г. Пример использования математической модели сложной ситуации

Динамические характеристики несущей системы вертолѐта рассмотрим в условиях полѐта на крейсерском режиме. Для получения информационной картины (показания приборов $\bar{\omega} = f(t)$ и $\bar{n}_1(\bar{n}_2) = f(t)$) проведем анализ поведения

силовой установки в координатах: действующие моменты и частота вращения свободной турбины (рисунок 3.16).

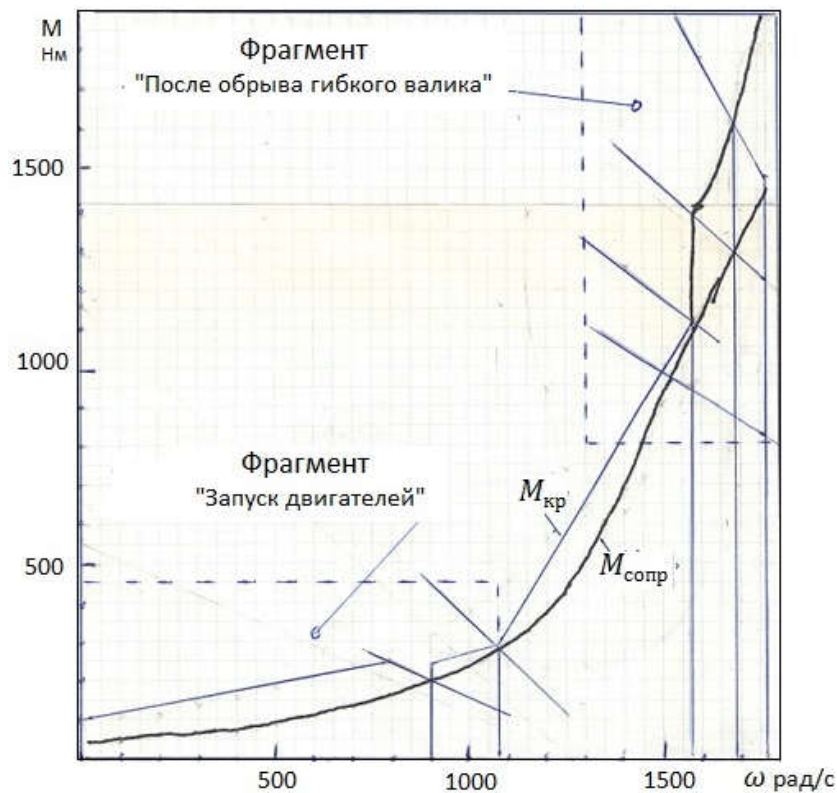


Рисунок 3.16 – Этапы крейсерского полёта с отказом «Обрыв гибкого валика»

Для количественного анализа процессов, протекающих после обрыва гибкого валика, фрагмент «После обрыва валика» вынесен на рисунке 3.17.

Точкой 1 на рисунке 3.17 обозначено окончание стационарного крейсерского режима, на котором двигатели работали до обрыва валика (момент сопротивления равен крутящему моменту). Обрыв гибкого валика второго двигателя регулятор частоты вращения турбокомпрессора воспримет как уменьшение поддерживаемой частоты вращения и начнёт увеличивать подачу топлива во второй двигатель до достижения ограничивающего предела. Предел – это взлётный режим или чрезвычайный, если он включён. Исправный (первый) двигатель с работающим синхронизатором мощности будет следовать за отказавшим.

В результате крутящий момент, действующий на несущую систему вертолёт, быстро нарастает (точка 2 на рисунке 3.17).

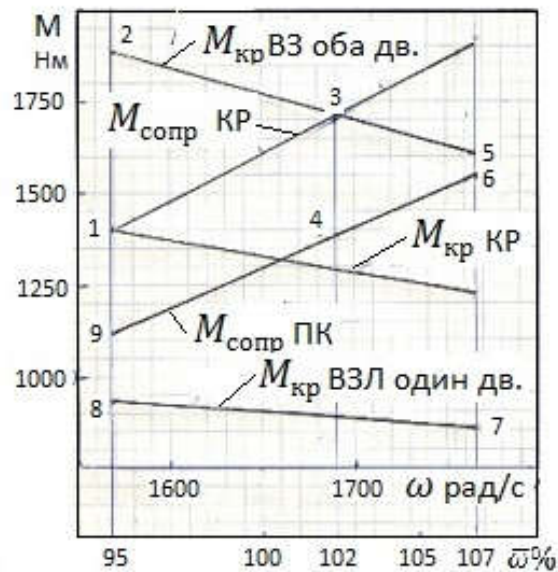


Рисунок 3.17 – Моментные характеристики в условиях изменения частоты вращения

Несущий винт начинает раскрутку до частоты вращения, при которой суммарный крутящий момент свободных турбин сравняется с моментом сопротивления несущей системы (точка 3).

Для определения этой частоты вращения воспользуемся равенством

$$M_{кр}^{ВЗ} = M_{сопр}^{КР}. \quad (3.34)$$

Выражения для определения моментов $M_{кр}^{ВЗ}$ и $M_{сопр}^{КР}$ получены ранее. Выражения (3.2) и (3.3) конкретизируются с учетом равенства (3.4):

$$\text{для } M_{сопр}^{КР} \quad \varphi = 8,3^\circ, \quad M_{сопр}^{ПК} = 1126 \text{ Нм};$$

$$\text{для } M_{кр}^{ВЗ} \quad M_{опт}^{ВЗ} = 1648 \text{ Нм}, \quad \omega_{опт}^{ВЗ} = 1835 \text{ рад/с}.$$

В результате решения равенства получаем состояние, при котором НВ раскручивается до скорости вращения $\bar{\omega} = 102 \%$.

Время, затраченное на раскрутку НВ от 95 до 102 %, определится в результате интегрирования уравнения вращения несущей системы вертолёта

$$\Delta t = \int_{t_1}^{t_3} dt = J_{\Sigma} \int_{\omega_{95}}^{\omega_{102}} \frac{d\omega}{M_{избыт}}, \quad (3.35)$$

$$\text{где} \quad M_{избыт} = M_{кр}^{ВЗ} - M_{сопр}^{КР}. \quad (3.36)$$

Достигнув частоты вращения 102 %, несущая система выходит на стационарный режим при работе обоих двигателей на взлётном режиме, при этом пилот не может определить – на каком двигателе произошёл обрыв гибкого валика. Чтобы определить двигатель с обрывом, необходимо уменьшить сопротивление вращению, поставив «ШАГ-ГАЗ» на нижний упор (общий шаг НВ с 8,3° уменьшится до 1°. Появится избыточный момент (точка 4 на рисунке 3.17), при этом

$$M_{\text{избыт}} = M_{\text{кр}}^{\text{ВЗ}} - M_{\text{сопр}}^{\varphi=1}. \quad (3.37)$$

Несущий винт будет продолжать раскручиваться до $\bar{\omega} = 107 \%$ (точки 5 и 6 на рисунке 3.17).

При достижении этой частоты вращения синхронизатор мощности исправного двигателя выключается из работы. Двигатель переходит на режим поддержания частоты вращения НВ $\bar{\omega} = 95\%$.

Время, затраченное на раскрутку НВ от 102 до 107 %, определится в результате интегрирования уравнения вращения несущей системы вертолѐта

$$\Delta t = \int_{t_3}^{t_5} dt = J_{\Sigma} \int_{\omega_{102}}^{\omega_{107}} \frac{d\omega}{M_{\text{избыт}}}, \quad (3.38)$$

где
$$M_{\text{избыт}} = M_{\text{кр}}^{\text{ВЗ}} - M_{\text{сопр}}^{\varphi=1}. \quad (3.39)$$

Поскольку значение $\bar{\omega}$ выросло с 95 до 107 %, подача топлива снизилась, двигатель переходит на режим малого газа, практически отключаясь от несущей системы. К несущей системе подключѐн только второй двигатель, работающий на взлётном режиме (точка 7 на рисунке 3.17). Момент сопротивления оказывается больше крутящего момента. Вращение несущего винта замедляется и достигает значения $\bar{\omega} = 95 \%$ (точка 8). Время достижения этой частоты вращения определится в результате интегрирования уравнения вращения несущего винта

$$\Delta t = \int_{t_6}^{t_9} dt = J_{\Sigma} \int_{\omega_{107}}^{\omega_{95}} \frac{d\omega}{M_{\text{избыт}}}, \quad (3.40)$$

где
$$M_{\text{избыт}} = 0,5 * M_{\text{кр}}^{\text{ВЗ}} - M_{\text{сопр}}^{\varphi=1}. \quad (3.41)$$

При достижении $\bar{\omega} = 95 \%$ в работу включится исправный двигатель, увеличивая мощность для поддержания этой частоты вращения. Необходимая для этого мощность исправного двигателя определяется по уравнению вида

$$M_{кр}^{KP} = 0,5 * M_{кр}^{B3} + M_{кр}^{\varphi}. \quad (3.42)$$

По полученным данным были построены зависимости изменения показаний приборов по контролю частоты вращения НВ $\bar{\omega}$ и контроля частоты вращения турбокомпрессоров двигателей $\bar{n}_1$ и $\bar{n}_2$ во времени (рисунок 3.18).

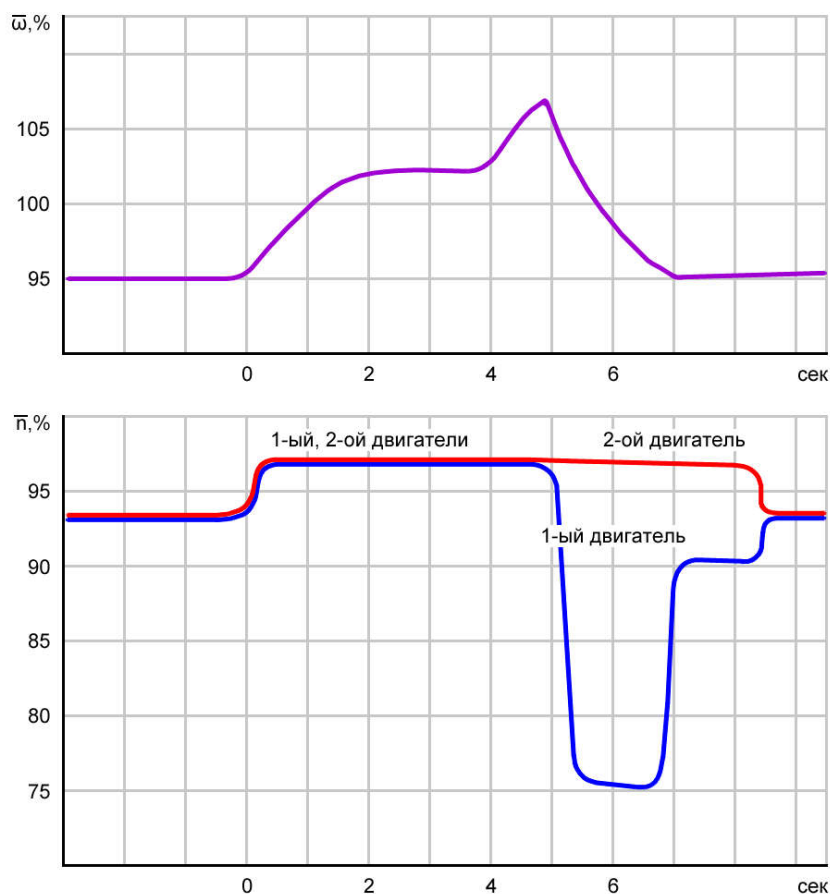


Рисунок 3.18 – Графики информационной картины процессов обрыва гибкого валика второго двигателя

После того как исправный двигатель выйдет на стационарный режим, пилот рычагом раздельного управления неисправного двигателя может снизить режим его работы. САУ исправного двигателя увеличит его частоту вращения, поддерживая частоту вращения НВ $\bar{\omega} = 95 \%$.

Аналогично формируется информационная картина и для других условий отказа «Обрыв гибкого валика», отличных от рассмотренных.

Разработана математическая модель для включения её в алгоритм комплекса программного обеспечения лётных тренажёров для обучения пилотов вертолёт Ми-8МТВ.

Таким образом, **адекватность** построенной математической модели подтверждена примером её использования применительно к сложной ситуации.

3.4. Организация вычислительного процесса

Принцип работы циклического алгоритма показан на экране компьютера изменения отдельных графических элементов (стрелок приборов, показаний цифровых индикаторов, органов управления и др.) с заданной скоростью приведён на рисунке 3.19.

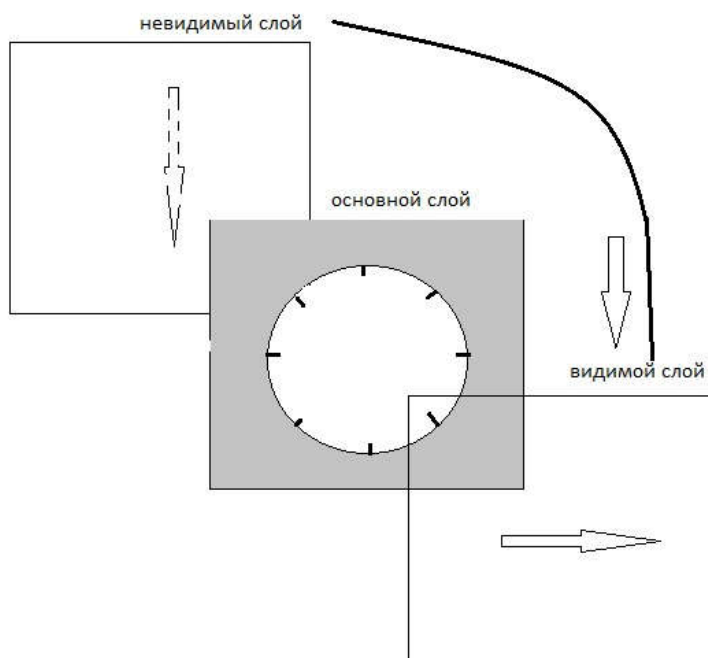


Рисунок 3.19 – Принцип работы циклического алгоритма

Условно выделим три слоя, которые принимают участие в формировании изображения на экране. Основной слой, видимый слой и невидимый слой. Основной

слой содержит все неподвижные фрагменты изображения. Видимый слой содержит движущиеся фрагменты, зафиксированные на заданный момент времени t . На невидимом слое формируются движущиеся фрагменты на следующий заданный момент времени, отличающийся от предыдущего на величину Δt . Движущиеся фрагменты «накладываются» на изображение основного слоя и образовавшаяся картина (кадр) сохраняется на экране в течении Δt . За это время в невидимом слое движущиеся фрагменты формируются для времени $(t+\Delta t)$ и происходит смена слоёв.

Известно, что видимая плавность движения достигается при смене 24 кадров за секунду. Это означает, что формирование движущихся фрагментов и другие операции в невидимом слое должны выполняться за время не более $1/24$ секунды. Типовой алгоритм показа на экране компьютера нестационарных процессов изображён на рисунке 3.20.

Блок подготовки данных для выполнения цикла

Назначение этого блока подготовить начальное состояние экрана и преобразовать функции определения местоположения и вида изменяющихся в цикле фрагментов, а также функции контроля взаимодействия слушателя с тренажёром. Цель преобразования – уменьшить до минимума количество операций, многократно выполняемых в цикле.

Блок определения местоположения и вида изменяющихся фрагментов

В этом блоке с помощью преобразованных в предыдущем блоке функций $f_1(t)$, $f_2(t)$, $f_3(t)$ $f_n(t)$, отражающих протекание рассматриваемого процесса, определяются положения движущихся элементов приборов и органов управления для заданного момента времени t рассматриваемого процесса.

Для круглых (стрелочных) измерителей это угол расположения стрелки в координатах, расположенных в центре прибора. Для линейного измерителя это длина столбика. Для цифрового индикатора – цифра в определённом месте.

Для органов управления это РРУД, рычаг ШАГ-ГАЗ, галетные потенциометры, выключатели и переключатели.



Рисунок 3.20 – Блок-схема алгоритма нестационарного процесса

Помимо фрагментов с непрерывным перемещением в рассматриваемом процессе участвуют фрагменты с дискретным изменением. Это рычаги, рычажки и кнопки с фиксированными положениями (например, ВКЛ или ВЫКЛ), табло и световые сигнализаторы, которые загораются и гаснут либо в заданное время, либо по достижении каким-либо параметром заданного значения.

Блок контроля взаимодействия слушателя с экраном компьютера

В процессе наблюдения за рассматриваемым нестационарным процессом у слушателя есть два варианта взаимодействия с экраном компьютера:

1. Полагая, что процесс протекает нормально, не «трогать» ни какие органы управления.
2. Полагая, что процесс отклонился от нормы, воздействовать на нужные, по его мнению, органы управления.

Если процесс действительно протекает нормально, и нет воздействия на органы управления, процесс будет продолжаться до конца. Воздействие слушателем на органы управления, в этом случае, будет считаться ошибкой, и цикл будет остановлен. В работу включится блок оценки ошибки. Если ошибка будет незначительной, то после сообщения об этом слушателю и зачисления соответствующих этой ошибке штрафных баллов, цикл продолжится.

Если процесс отклонится от нормы и слушатель этого не заметит, то цикл будет прерван и в работу включится блок оценки ошибки. Если ошибка незначительная, то штрафные баллы и продолжение цикла. Если ошибка значительна, то слушателю НЕ ЗАЧЁТ и прекращение цикла. Аналогичная ситуация будет, если слушатель заметит отклонение процесса от нормы, но будет воздействовать не на те органы управления. При воздействии на те органы управления вычислениями будет передано в блок перемещения органов управления с последующим возвращением в цикл.

Блок коррекции длительности кадра

Этот блок обеспечивает заданные темпы изменения параметров в рассматриваемом процессе. С помощью программы-таймера определяется время начала $\tau_{\text{нач}}$ и окончания $\tau_{\text{кон}}$ вычислений в цепочке цикла и определяется длительность вычислений $(\tau_{\text{кон}} - \tau_{\text{нач}})$. Полученная разность Δt сравнивается с длительностью кадра $1/24$ секунды. Если разность больше $1/24$ с, на экран выводится текст ЗАМЕДЛЕНИЕ. Если разность меньше $1/24$ с, то следует пауза длительностью равной разности $1/24$ с и реальной длительности вычислений Δt . Таким образом, обеспечиваются реальные временные характеристики рассматриваемых процессов при любом быстродействии компьютера.

Блок смены кадра

В этом блоке в порядке установленной очерёдности «стирается» фрагмент в положении, соответствующем времени t , и «рисуются» этот фрагмент в положении, соответствующем времени $t + \Delta t$. Данные, необходимые для «рисования», получены в *Блоке определения местоположения и вида изменяющихся фрагментов*. При большом количестве сложных для графики движущихся фрагментов появляется проблема обеспечения условия $(\tau_{\text{кон}} - \tau_{\text{нач}}) \leq 1/24$ с. Например, в компьютерном тренажёре «Запуск основного двигателя» задействованы: 12 стрелочных индикаторов, стоп-кран, кнопки, переключатели, несколько табло. Возникающая проблема решалась по следующим направлениям:

- представление реальных функций $f_1(t), f_2(t), f_3(t) \dots f_n(t)$ в виде линейно-кусочных с выбором интервалов линейности, обеспечивающих минимальное время счёта при определении местоположения фрагментов в момент времени $t + \Delta t$ в *Блоке определения местоположения и вида изменяющихся фрагментов*;

- оптимизация программного кода в блоках «Блок определения местоположения и вида изменяющихся фрагментов» и «Блок контроля взаимодействия слушателя с экраном компьютера»;

- выбор путём отладочного прогона циклов вариантов, обеспечивающих получение неравенства $(\tau_{\text{кон}} - \tau_{\text{нач}}) \leq 1/24$ с.

3.5. Программный продукт «Дисплейные функциональные тренажёры»

Данный программный продукт объединяет функциональные тренажёры по проверке функциональных систем вертолёт [211] и ситуационные тренажёры по действиям в сложных и аварийных ситуациях [212]. Перечень и содержание проверок функциональных систем вертолёт, перечень сложных и аварийных ситуаций и действий членов экипажа по их ликвидации определены в РЛЭ.

Главное меню продукта «Функциональный тренажёр» представлено на рисунке 3.21.

Предполётные проверки изложены в РЛЭ без привязки к конкретному члену экипажа, так как при проверке действует правило – один член экипажа проверяет (обычно бортмеханик), другие члены экипажа контролируют. В связи с этим, тренажёры по предполётной проверке функциональных систем вертолётта также не ориентированы на конкретного члена экипажа.



Рисунок 3.21 – Главное меню продукта «Функциональный тренажёр»

На данных тренажёрах каждый член экипажа работает индивидуально. Исключение составляют тренажёры по проверке средств внутренней внешней связи. В РЛЭ чётко определено – какой член экипажа, какие действия выполняет. По этой причине тренажёры по проверке средств связи выполнены индивидуальными для каждого члена экипажа.

По каждой проверке разработаны два компьютерных продукта: ДЕМОНСТРАЦИЯ и ТРЕНАЖ.

ДЕМОНСТРАЦИЯ – это пассивный рассказ (текстовой и аудио) о последовательности действий по проверке системы с показом на фрагментах приборных досок органов управления и средств контроля работоспособной системы, показом средств контроля при неисправностях системы, показом действий по предотвращению выхода из строя системы, если обнаружена неисправность.

ТРЕНАЖ – это интерактивный компьютерный тренажёр. Слушатель, взаимодействуя с активными зонами на экране дисплея ПЭВМ, изменяет положение органов управления функциональной системы в последовательности, предписанной РЛЭ, следит за показаниями средств контроля работы системы и делает вывод о её работоспособности. Действия слушателя оцениваются. По результатам работы слушателя формируется протокол.

Главное меню раздела «Предполётные проверки: двигатели и ВСУ» представлено на рисунке 3.22.

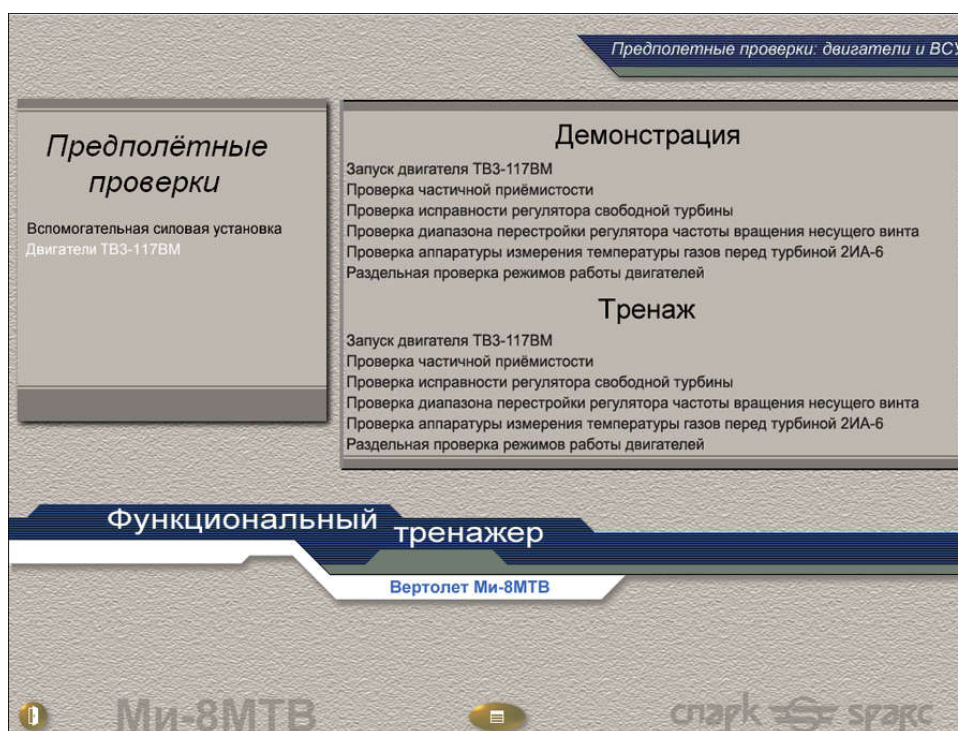


Рисунок 3.22 – Меню раздела «Предполётные проверки: двигатели и ВСУ»

При возникновении сложных и аварийных ситуаций экипаж действует слаженно в строгом соответствии с указаниями РЛЭ. В РЛЭ описаны действия

каждого члена экипажа отдельно и его взаимодействие с другими членами экипажа. Поэтому тренажёры по ликвидации сложных и аварийных ситуаций разработаны отдельно для пилотов и отдельно для бортмехаников. Действия других членов экипажа (для КВС – 2-го пилота и бортмеханика, для бортмеханика – КВС и 2-го пилота) «выполняет» ПЭВМ, рисунках 3.23 и 3.24.

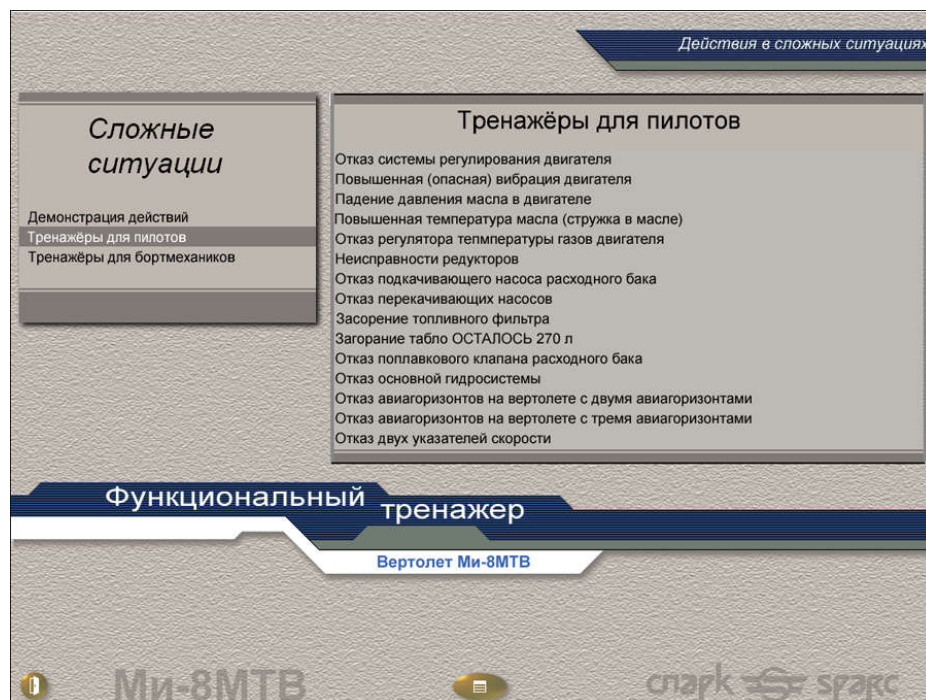


Рисунок 3.23 – Меню тренажёра «Действия в сложных ситуациях»

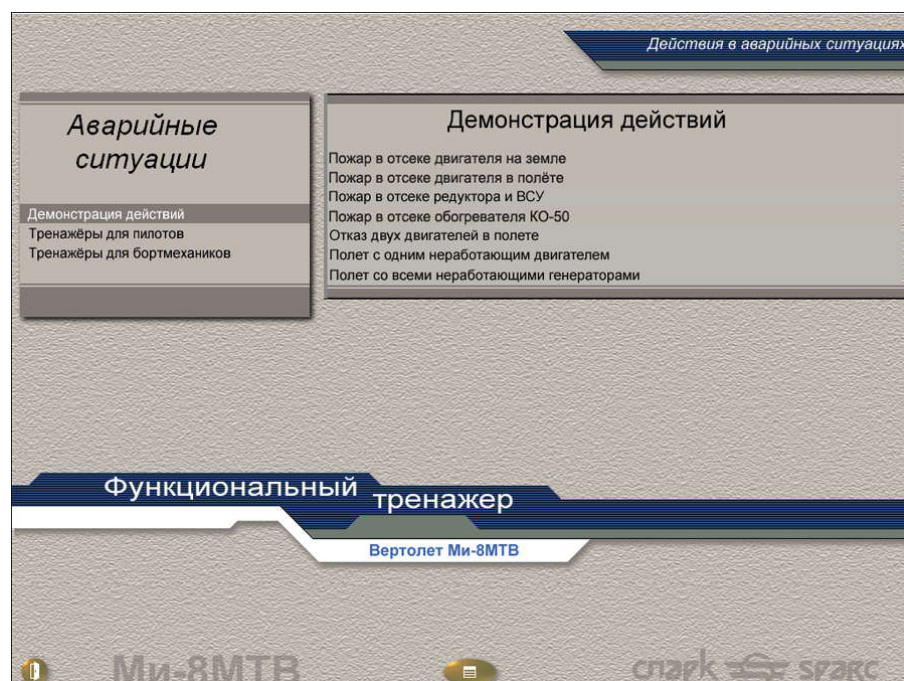


Рисунок 3.24 – Меню тренажёра «Действия в аварийных ситуациях»

В перечни рассмотренных сложных и аварийных ситуаций включены все ситуации, поименованные в РЛЭ, за исключение тех, рассмотрение которых на экранных тренажёрах невозможно (например – действия в условиях снежного вихря).

Помимо представленных выше видов тренажёров, разработаны и внедрены по разделу «Предполётные проверки»:

- 1) 15 функциональных тренажёров по проверке электро-гидро-механических систем вертолётa;
- 2) 13 функциональных тренажёров по проверке авиационного и радиоэлектронного оборудования вертолётa.

По результатам работы слушателя на каждом тренажёре формируются протоколы. В качестве примеров, на рисунках 3.25 и 3.26 представлены протоколы по разделам меню тренажёров «Предполетные проверки» и «Аварийные ситуации».

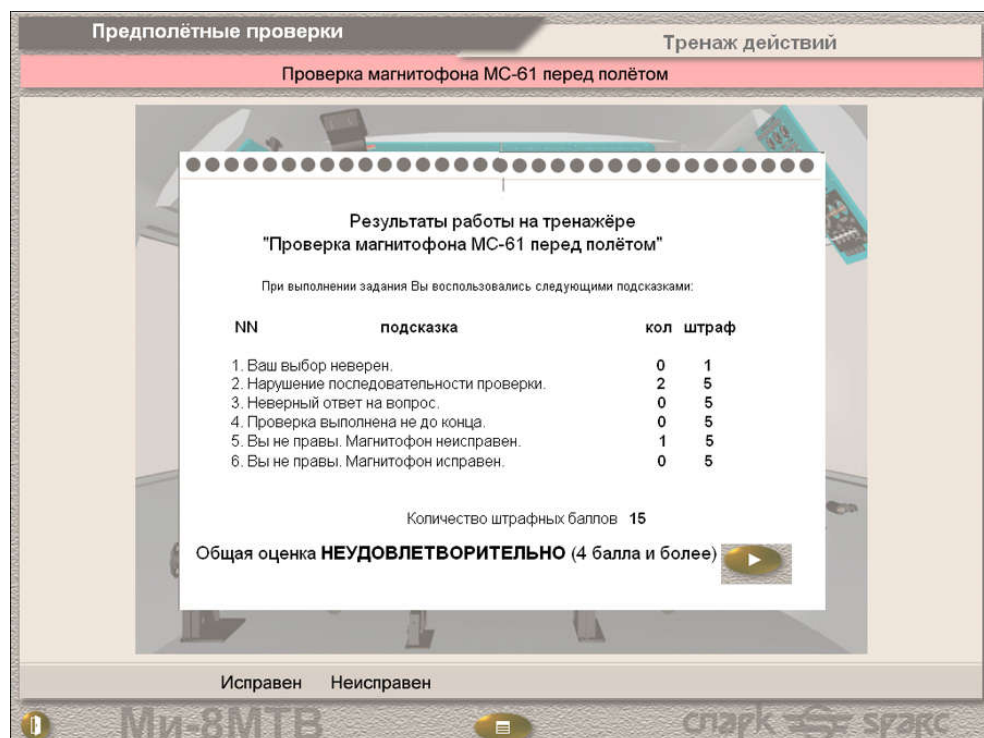


Рисунок 3.25 – Протокол по результатам работы на тренажёре «Проверка магнитофона МС-61 перед полётом»

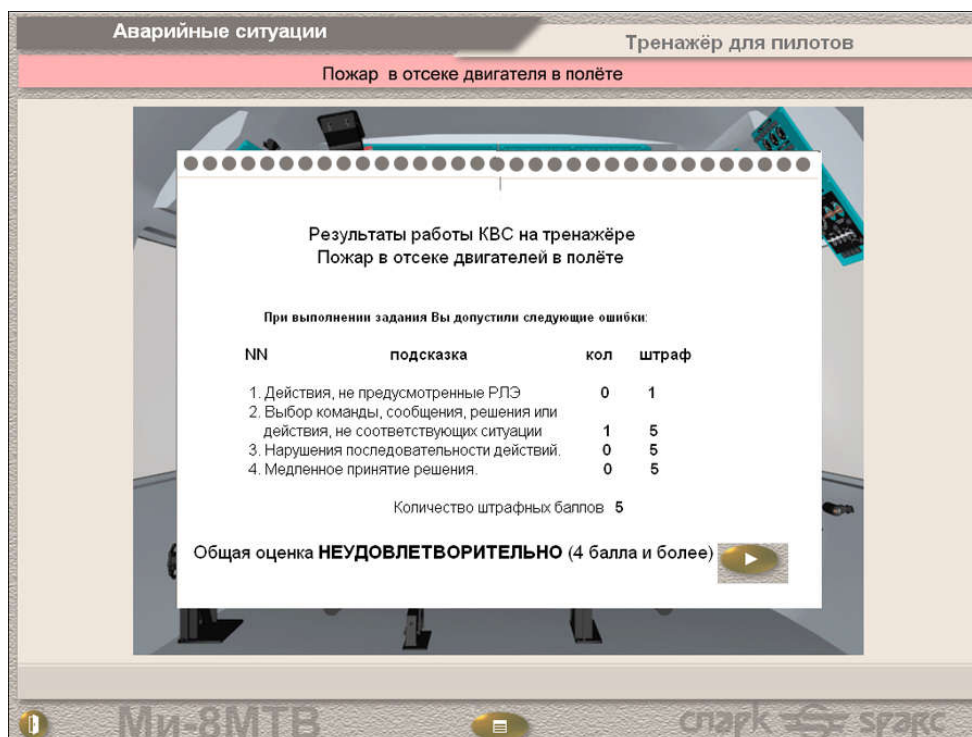


Рисунок 3.26 – Протокол работы КВС на тренажёре «Пожар в отсеке двигателей в полёте»

Шкала оценок составлена таким образом, чтобы любая серьёзная ошибка приводила к неудовлетворительной оценке.

3.6. Обучающий навигационный тренажёр. Разработка и применение в учебном процессе

Рассмотренные выше функциональные и ситуационные дисплейные тренажёры решали задачи, для которых достаточно имитации внутрикабинного пространства без визуализации внешнего пространства.

Однако, есть достаточно большой класс обучающих действий, для выполнения которых необходимы имитация приборных досок и визуализация

внешнего пространства с использованием кабинных и наземных средств навигации. Система визуализации для решения задач навигации должна обеспечить выполнение ряда требований: показ пространства вдоль тех маршрутов, которые заложены в учебные упражнения; правдоподобная динамика полёта (скорости горизонтального полёта, скорости разворота, вертикальные скорости); реальное расположение наземных радиотехнических средств навигации. Имитируемое приборное оборудование должно соответствовать реальному авиационному и радиоэлектронному оборудованию вертолёта. Для изменения режимов полёта используются имитаторы органов управления вертолётom.

Естественно, что отработка задач навигации на тренажёре с ограниченной сферой использования (навигационным тренажёре) будет, как правило, значительно дешевле, чем отработка этих задач на комплексном лётном тренажёре.

В настоящее время разработано большое количество компьютерных тренажёров с ограниченной областью применения в различных сферах деятельности, в том числе и в сфере авиации. В частности, есть тренажёры для имитации полёта непрофессионалами на конкретных воздушных судах отечественного и иностранного производства [85]. На большинстве тренажёров «закрытого типа» – не допускается какого-либо вмешательства в программное обеспечение тренажёра. Но есть и «открытые системы», например, разработка фирмы Microsoft «Microsoft Flight Simulator 2004: A Century of Flight Software Development Kit». Это игровой тренажёр, позволяющий «летать» на некоторых лёгких самолётах иностранного производства, осуществляя управление с помощью джойстика. Но не это главное, главное – возможность добавлять другие ВС. Разработчики не только предоставили возможность модернизировать тип ВС, сцену визуализации, но снабдили свою разработку рекомендациями, как это сделать. Математическая модель тренажёра закрыта, комплект уравнений движения ВС, построения сцены и перемещения предметов визуализации не поддаётся изменению.

Влияние на внешний вид ВС, на количественные значения его аэродинамических характеристик, на состав приборного оборудования осуществляется через множество коэффициентов, входящих в уравнения

математической модели ВС и его функциональных систем. Разработчики разместили в Интернете папку Aircraft Container System с файлами ввода множества коэффициентов, формирующих внешний вид и характеристики конкретного ВС.

Для создания своей конкретной сцены разработчики разместили в Интернете несколько папок Creating Terrain and Land Classification, Creating Custom Terrain Textures, Using Materials in gmax, MakeMDL, Terrain and Scenery Configuration Files, Using Textured Ground Polygons and Land/Water Mask Polygons, Terrain Texture Naming Convention, в которых приведены банки различных элементов сцены, различных форм подстилающей поверхности, учёта времени суток и года, а также погодных условий и множества других параметров, необходимых для формирования конкретной сцены.

Разработчики тренажёра предусмотрели возможность «перенастраивать» тренажёр на любой летательный аппарат из предлагаемого ими списка (Cessna 182 и модификации, Bell 206, Robinson R22). Для каждого ВС из списка приведены численные значения параметров, которые необходимо подставить в качестве исходных данных в файлы перечисленных выше папок.

К сожалению, в рекомендованном списке нет вертолёт Ми-8 и его модификаций. Нет и численных значений необходимых исходных параметров. В результате подбора значений многочисленных параметров (их более сотни) удалось создать внешний вид вертолёт, похожий на вертолёт семейства Ми-8. Удалось также получить правдоподобные скоростные и динамические характеристики вертолёт. Фрагменты приборных досок с приборами АиРЭО, необходимыми для вертолётного вождения, полностью соответствуют аналогичным фрагментам приборных досок вертолёт Ми-8 и его модификаций.

Для формирования сцены был выбран реальный полигон, на котором предполагалось выполнение навигационных упражнений. По предполагаемым трассам были расставлены реальные ориентиры и действующие наземные радионавигационные средства навигации.

В результате удалось получить навигационный тренажёр вертолётных семейств Ми-8, на котором возможно выполнение следующих учебных упражнений:

- предполётная подготовка пилотажно-навигационного оборудования;
- выполнение маневров при движении вертолѐта на аэродромах;
- взлѐт, полѐт на всех участках маршрута и посадка с имитацией различных погодных условий, днѐм и ночью в различных климатических зонах;
- комплексное использование бортового и наземного радиотехнического оборудования на всех этапах полѐта;
- полѐты в районах со сложным рельефом;
- пилотирование с использованием визуальных ориентиров, подбор площадок с воздуха и посадка на них;
- заходы на посадку с использованием действующих систем посадки в простых и сложных метеоусловиях.

Разработанная методика подбора коэффициентов для математической модели тренажѐра «Microsoft Flight Simulator 2004» позволила осуществлять быструю модификацию навигационного тренажѐра вертолѐта МИ-8 по следующим направлениям:

- создание других вариантов комплектаций пилотажно-навигационного оборудования вертолѐтов;
- изменение состава наземного оборудования районов полѐтов и аэродромов;
- создание по заказу пользователей аэродромов с высокой степенью детализации, посадочных площадок, визуальных ориентиров;
- воспроизведение реальной местности и аэродромов по заказу пользователей.

В качестве примера, на рисунке 3.27 приведена схема полигона, на котором слушатель выполняет упражнения по навигации.

В настоящее время эксплуатируются вертолѐты семейства Ми-8 с различным набором пилотажно-навигационного оборудования. Более того, известны планы завода изготовителя установить на последние модификации вертолѐта разработанные перспективные виды пилотажно-навигационного оборудования.

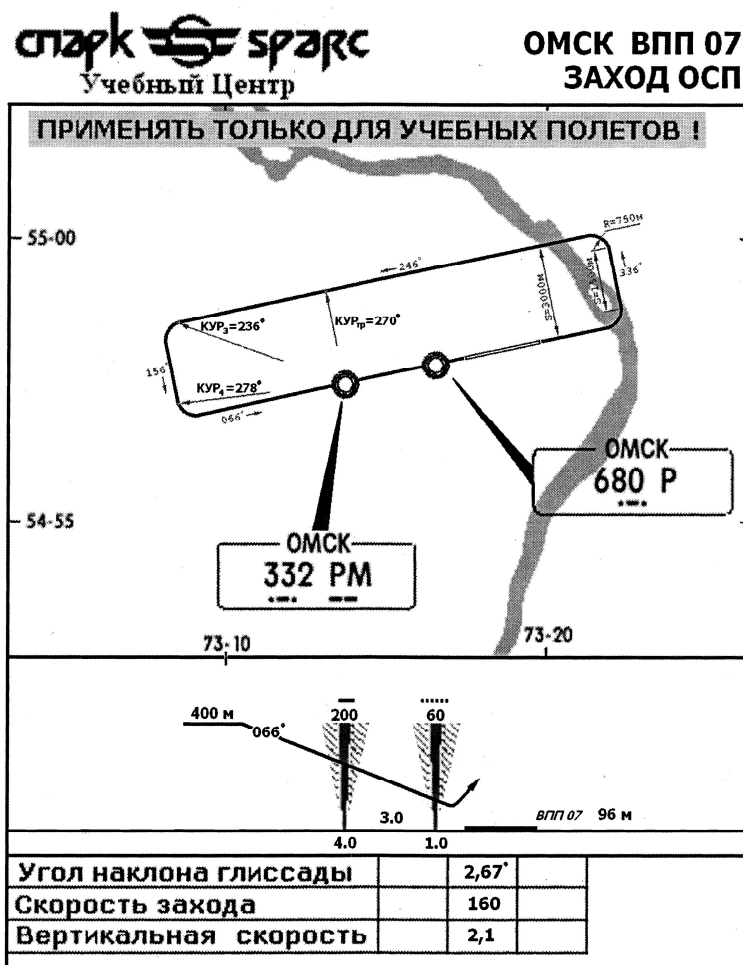


Рисунок 3.27 – Схематичный фрагмент полётной карты

Разработанный навигационный тренажёр предусматривает возможность выполнять упражнения с разными вариантами пилотажно-навигационного оборудования. В таблице 3.3 приведён состав пилотажно-навигационного оборудования 9-ти реализованных вариантов.

Система визуального отображения позволяет пилоту-слушателю наблюдать за выполнением полёта из кабины в любом из восьми направлений. При направлении наблюдения вперёд в нижней части экрана отображается приборная панель. Часть оборудования, размещённого на дополнительных приборных досках, можно вызвать по желанию слушателя. Для увеличения обзора дополнительные панели оборудования можно свернуть. Имеется возможность проконтролировать выполнение полёта с любой точки, находящейся вне кабины, в том числе и в режиме повтора.

Таблица 3.3 – Варианты комплектации пилотажно-навигационного оборудования навигационного тренажёра

Тип вертолёта	Ми-8			Ми-17			Ми-171		
Комплектация	"11"	"12"	"13"	"21"	"22"	"23"	"31"	"32"	"33"
Авиагоризонт	АГБ-3	АГБ-3	АГБ-3	АГБ-3	АГБ-3	АГБ-3	АГБ-96	АГБ-96	АГБ-96
Указатель скорости	УС-450	УС-450	УС-450	УС-450	УС-450	УС-450	УС-450	УС-450	УС-450
Высотомер	ВД-10	ВД-10	ВД-10	ВД-10	ВД-10	ВД-10	ВД-10	ВД-10	ВД-10
Радиовысотомер	А-037	А-037	А-037	А-037	А-037	А-037	А-037	А-037	А-037
Вариометр	ВР-10	ВР-10	ВР-10	ВАР-30	ВАР-30	ВАР-30	ВАР-30	ВАР-30	ВАР-30
Указатель поворота	ЭУП-53	ЭУП-53	ЭУП-53	ЭУП-53	ЭУП-53	ЭУП-53	ЭУП-53	ЭУП-53	ЭУП-53
Часы	АЧС-1	АЧС-1	АЧС-1	АЧС-1	АЧС-1	АЧС-1	АЧС-1	АЧС-1	АЧС-1
Компас	КИ-13	КИ-13	КИ-13	КИ-13	КИ-13	КИ-13	КИ-13	КИ-13	КИ-13
АРК	АРК-9	АРК-9	АРК-9	АРК-9	АРК-9	АРК-15	АРК-15	АРК-15	АРК-15
ДИСС				ДИСС-15			ДИСС-32		
GPS		KLN-89	KLN-89		KLN-89	KLN-89		KLN-89	KLN-89
Курсовая система	ГМК-1А	ГМК-1А	KAS-81	ГМК-1А	ГМК-1А	KAS-81	ГМК-1А	ГМК-1А	KAS-81

На рисунке 3.28 показаны экраны с некоторыми видами из кабины и вне кабины.

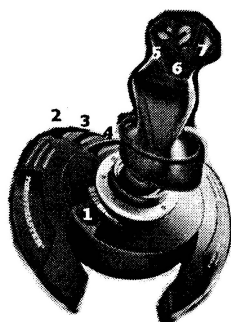
Навигационный тренажёр имеет 4 варианта исполнения: два варианта – по комплекту имитаторов органов управления вертолётном; два варианта – по системе визуализации.



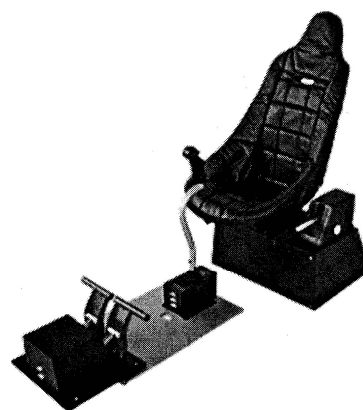
Рисунок 3.28 – Вид из кабины в направлении вперёд (слева)

Наиболее простой вариант имитаторов органов управления вертолётom связан с использованием джойстика (рисунок 3.29): 4 оси; 8-ми позиционная кнопка (направление вида из кабины); 4...8 кнопок для запрограммированных команд. Подключение к ПЭВМ осуществляется с помощью USB-порта.

Для приближения к реальным условиям выполнения полётов на навигационном тренажёре использован полный комплект имитаторов органов управления вертолётom – ручка управления, рычаг шаг-газ и педали, рисунке 3.29. Для удобства имитаторы монтируются на единую платформу. Подсоединение имитаторов органов управления производится с помощью USB-порта.



а)



б)

Рисунок 3.29 – Имитаторы органов управления вертолётom типа:

джойстик - а; ручка управления, рычаг шаг-газ и педали - б

Более простой вариант визуализации – представление визуального изображения на дисплее ПЭВМ. Более реалистичный вариант визуализации – использование видеопроектора и вывод визуальной информации на настенный экран, рисунке 3.30.



Рисунок 3.30 – Вид навигационного тренажёра с использованием настенного экрана и полного комплекта имитаторов органов управления вертолётном – ручки управления, рычага шаг-газ и педалей

Экран дисплея ПЭВМ в этом случае может быть освобождён для отображения приборного оборудования (рисунок 3.31).



Рисунок 3.31 – Локальная сеть для работы с одним рабочим местом

В принципе возможна установка навигационного тренажёра на нескольких ПЭВМ (рисунок 3.32). В этом случае появляется возможность слушателю визуально наблюдать за остальными участниками полёта. В результате расширяется круг возможных учебных упражнений. В частности, возможна отработка полётов строем или визуальная ориентировка при полётах на одном аэродроме нескольких вертолётчиков.

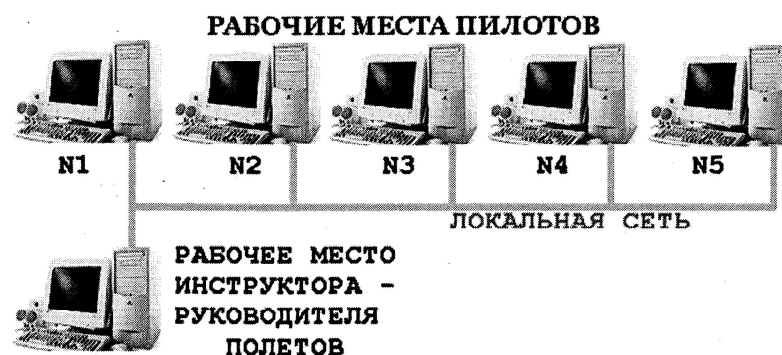


Рисунок 3.32 – Локальная сеть для работы с нескольких рабочих мест

Навигационный тренажёр вертолётчиков семейства Ми-8 выполнен с учётом требований к приборному оборудованию и системе визуализации, установленных для устройств PCATD согласно Консультативному Циркуляру 61-126 FAA, со следующими требованиями к компьютерному оборудованию:

1) к компьютеру – не ниже П-3 750, 256 Мб оперативной памяти; видеокарта от 32 Мб с ускорителем; звуковая карта с колонками; 5 Гб на винчестере; CD-rom; наличие портов USB; Windows 98; 2000; XP.

2) к монитору – экран не менее 15” с разрешением, не хуже 1024 на 768. Рекомендуется использование видеопроектора с аналогичными параметрами.

Выводы по главе 3

1. Принято целесообразным для отработки последовательности действий по управлению вертолётчиком и его функциональными системами, при выполнении

которых достаточно внутрикабинной информации, применять интерактивные компьютерные продукты – компьютерные функциональные тренажёры (КФТ).

Областью их применения является отработка действий экипажа вертолёт по проверкам работоспособности функциональных систем и отработка действий каждым членом экипажа по парированию сложных и аварийных ситуаций.

2. Работоспособность компьютерного тренажёра представлена математическими моделями дискретного и непрерывного типа, отражающими процедуры конкретной проверки или действия пилота в конкретной сложной (аварийной) ситуации.

Неправильные действия слушателя в процессе обучения корректируются и «штрафуются». По количеству набранных «штрафов» оценивается работа слушателя на КФТ.

3. Компьютерные функциональные тренажёры разработаны для всех видов проверочных работ по функциональным системам и для всех сложных и аварийных ситуаций, внесенных в Руководство по лётной эксплуатации вертолёт.

В полёте пилоту вертолёт приходится решать разнообразный и сложный класс навигационных задач, для которых помимо внутрикабинной информации необходим определённый объём внешней визуальной информации. Для решения задач такого класса разработан вариант компьютерного тренажёра с упрощённой системой визуализации либо на дисплее компьютера, либо на выносном плоском экране. Для всех вариантов разработанных компьютерных тренажёров предусмотрено методическое обеспечение.

4. Для обучения действиям по управлению функциональными системами вертолёт в штатных, особых и аварийных ситуациях разработан ряд компьютерных дисплейных тренажёров (КДТ), включающих комплект дисплейных функциональных тренажёров, комплект дисплейных ситуационных тренажёров и комплект модифицированных навигационных тренажёров.

В целях методического обеспечения при применении компьютерных дисплейных тренажёров разработаны следующие методики научно-практического характера:

- методика построения алгоритма взаимодействия пилота-слушателя с персональным компьютером при работе с компьютерным дисплейным тренажёром;
- методика построения математических моделей функциональных систем вертолѐта, обеспечивающих их изучение на тренажёре, с учетом трёх режимов: информирования; ожидания; оценивания;
- методика использования игрового авиационного тренажёра «Microsoft Flight Simulator 2004» фирмы «Microsoft» для разработки навигационного тренажёра нового воздушного судна (в частности модификаций вертолѐта Ми-8) в сочетании с несколькими комплектами навигационного оборудования.

ГЛАВА 4. РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСНЫХ ЛЁТНЫХ ТРЕНАЖЁРНЫХ СИСТЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПИЛОТОВ ВЕРТОЛЁТОВ

Разработка комплексного лётного тренажёра вертолётов базировалась как на исследованиях в период раннего тренажёростроения (период рождения «системы визуализации») [9, 27, 45, 49, 108, 109, 110, 122], так и на основе накопленного, многолетнего научно-практического опыта и современных достижений в развитии авиационной науки и техники в данной сфере [72, 102, 152, 155, 229].

4.1 Структура и содержание тренажёрных задач обучения пилота вертолёт Ми-8МТВ

Комплексный лётный тренажёр вертолёт Ми-8МТВ состоит из реальной кабины, экрана, проекторов, рабочего места инструктора и вычислительного комплекса (рисунок 4.1). Оборудование кабины, включающее приборные доски, приборы, органы управления вертолёт, силовой установкой, функциональными системами (ФС), авиационным и радиоэлектронным оборудованием, является штатным, как правило, дополнительно доработанным для связи с вычислительным комплексом (ВК) тренажёрной системы (см. п. 4.6. данной главы).

Органы управления вертолёт и двигателями со штатными загрузочными механизмами [59] снабжены угловыми датчиками, которые вырабатывают информационные сигналы, пропорциональные положению органа управления (ручки циклического шага, рычага общего шага, рычагов раздельного управления двигателями и др.).

Органы управления функциональными системами (ФС) и АиРЭО вертолѣта также доработаны, при этом каждому положению тумблера, галетного переключателя и т.п. соответствует информационный сигнал, который передаѣтся в вычислительный комплекс (ВК).



Рисунок 4.1 – Функциональная схема комплексного лѣтного тренажѣра с неподвижной кабиной

Доработка стрелочных индикаторов (вольтметров, амперметров, манометров, топливомеров и т.п.) заключается в установке в индикатор электрического двигателя (например, шагового), который по сигналу ВК устанавливает стрелку индикатора в определенное положение. Сигнальные табло и различные световые сигнализаторы через преобразователи подключены к ВК и, по его сигналу, происходит их загорание и погасание. Для имитации акустической обстановки (шумы винтов и другого работающего оборудования) в кабине установлены акустические колонки, управляемые ВК.

В полѣте вращающиеся агрегаты, прежде всего несущий и хвостовой винты, вызывают вибрацию кабины и негативно воздействуют на экипаж. Связь частоты

и амплитуды вибрации с частотой вращения и нагрузкой несущего винта делает вибрацию информативным сигналом, по которому экипаж может судить о режиме работы несущего винта. Для имитации вибрационной обстановки кабина устанавливается на платформу, которая под действием неуравновешенных вращающихся масс вибрирует. Частота и амплитуда вибрации задаются ВК.

По командам ВК в гарнитуру членов экипажа в соответствии с выполняемым заданием подаются сообщения речевого информатора и сигналы наземных средств навигации.

Для представления экипажу визуальной информации о внешней обстановке и формирования визуального восприятия пространственного положения вертолета предназначен имитатор визуальной обстановки. Изображение местности так, как её реально видит экипаж вертолѐта, в виде сменяющихся кадров с частотой, не менее 24 Гц, проектируется на экран. Для проецирования используются несколько проекторов, управляемых ВК. Картина, какую видит экипаж, и её изображение на экране зависят от пространственного положения вертолѐта, которое определяется 6-ю координатами. Три координаты линейные – географические координаты над пролетающей местностью (широта, долгота) и высота полѐта. Три координаты угловые – курс, тангаж и крен. Эти координаты определяются с использованием соответствующих математических моделей в ВК. По ним генерируется очередной кадр и проецируется на экран.

Математическая модель климатических, временных и метеорологических условий обеспечивает имитацию зимы и лета, любого времени суток, дождь, снег и другие метеоусловия. Модель полигона полѐтов, так называемая сцена, выполнена в 3D графике. Сцена содержит все визуальные компоненты для выполнения тренировочных полѐтов следующих видов:

- аэродромных полѐтов: руление, взлѐт и выход из района аэродрома, заход на посадку с использованием визуальных ориентиров и посадка;
- полѐтов с подбором с воздуха площадок для посадки и посадки на них;
- полѐтов в горной местности и над морем;
- визуальные полѐты;

- полёты на высотах более 500 м в зонах низкой детализации;
- полёты в различное время суток.

Основными визуальными компонентами сцены являются:

- небо с облаками и атмосферными явлениями, задаваемых математической моделью климатических, временных и указанных выше метеорологических условий, при этом используются: эффекты удаления в бесконечность; положение Солнца (днём) и Луны со звёздами (ночью) соответствует времени, дате и географическому положению наблюдателя;
- море с истинными трёхмерными волнами и текстурой;
- суша с истинным ландшафтом, при этом истинность ландшафта достигается благодаря большой базе данных о рельефе географического района сцены. Трёхмерное представление гор, холмов, поверхности земли объединяется с фотографическими текстурами отдаленных объектов;
- аэродромы с основной инфраструктурой – ВПП, рулёжными дорожками с разметкой, зданиями аэропортов, перронами. Ангарами и др.;
- аэродромные огни с реальными: цветом, разбиением по секторам, мигающими характеристиками и пр. Обеспечивается изменение яркости и размеров огней при движении вертолётa в зависимости от расстояния до вертолётa и условий видимости;
- приблизительно 100 видимых неподвижных объектов, как типичных (здания, мосты, промышленные постройки и др.), так и специфических для данной сцены (радиомачты, нефтяные платформы, нефте и газопроводы и др.). Имитируется порядка 200 огней культурных объектов;
- движущиеся воздушные, наземные и морские объекты: вертолётa, самолётa, речные и морские суда и пр.

Управление тренировочными полётами осуществляет инструктор тренажёра со своего рабочего места. Рабочее место расположено в отдельном от кабины помещении. В состав рабочего места входят: управляющие компьютеры, сенсорные мониторы, клавиатура с «мышью», акустическая система и специальное программное обеспечение. С рабочего места инструктор может запускать,

останавливать и возобновлять тренировочный процесс, отслеживать положение воздушного судна на карте и в «пространстве», видеть виртуальную сцену полетов, следить за состоянием приборов в кабине, вводить отказы различных систем воздушного судна, задавать погоду в сцене, а также вести наблюдение за действиями экипажа

В зависимости от комплектации тренажера в состав рабочего места может входить разное количество мониторов, как правило, от трех до шести. На них отображается информация о текущем состоянии различных систем тренажера (рисунок 4.2).

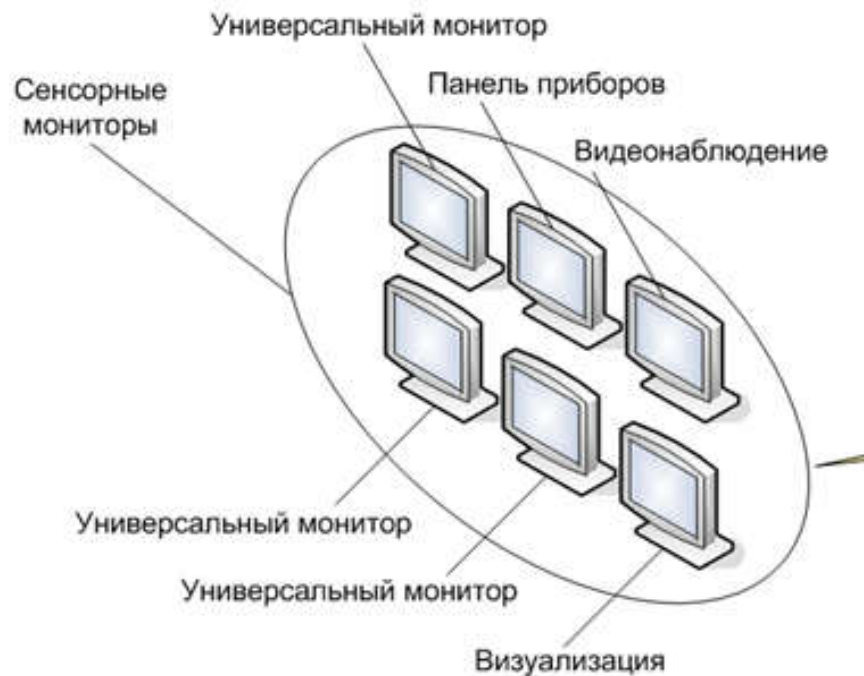


Рисунок 4.2 – Функции дисплеев рабочего места инструктора

4.2. Моделирование процессов тренажёрного обучения

Математическая модель (ММ) тренажёра представляет собой, в своём аналитическом выражении, совокупность соотношений, обеспечивающих

адекватную имитацию реального полёта вертолёт и изменениям, как внешней обстановки, так и информационного поля кабины, вызванных действиями экипажа на органы управления вертолёт и его системами [118, 130].

На языке математики ММ – это система уравнений с известными начальными условиями и изменяющимися во времени (по воле экипажа и инструктора) независимыми переменными, соответствующими положениям органов управления вертолёт и системами. Выходными (зависимыми) переменными являются параметры, определяющие положение вертолёт в пространстве над местностью сцены, и параметры, определяющие в кабине информационное состояние приборов, табло и световых индикаторов, а также аудио и вибрационную обстановку.

ММ тренажёра имитирует работу множества разнородных по назначению функциональных систем (ФС), узлов и агрегатов с учетом их взаимодействия. Для каждого из них разрабатывается своя ММ. Естественно, что для каждого объекта ММ неоднородны, например, ММ движения вертолёт в пространстве содержит дифференциальные уравнения 2-го порядка [224], ММ узла объединённого управления двигателями объединяет алгебраические уравнения, равенства, аппроксимирующие соотношения и т.п. В то же время формальный облик всех ММ одинаков: две группы входных параметров и три выходных.

Входными параметрами являются независимые (изменяемые экипажем) положения соответствующих органов управления и параметры, являющиеся выходными для ММ других ФС, узлов и агрегатов. Выходные параметры распределяются между другими ММ, генератором кадров визуализации и генератором информационного поля кабины, при этом не всегда присутствуют все указанные выше три ветви.

На рисунке 4.3 показано функциональное взаимодействие отдельных частей математической модели комплексного лётного тренажёра в процессе его работе.



Рисунок 4.3 – Функциональные связи между частями математической модели комплексного лётного тренажёра вертолётa

ММ тренажёра, представленные на рисунке 4.4 и рисунке 4.5 условно разделены на две зоны. На рисунке 4.4 показаны ММ узлов и агрегатов, обеспечивающие имитацию внешней обстановки, т.е. работающие на систему визуализации. ММ ФС и АиРЭО вертолётa (рисунок 4.5), отнесённые к второй зоне, обеспечивают, в основном, имитацию информационного поля кабины, т.е. установку показаний индикаторов, зажигание и погасание сигнальных табло, а, кроме того, аудио и вибрационную обстановку.

Естественно, что деление на две зоны условно, так как в имитации внекабинной и внутрикабинной обстановки участвуют все ММ, но в разное время (на разных этапах полётa) и в различной степени.

Математическое моделирование работы различных объектов и устройств применяется давно и широко, особенно после появления электронных вычислительных быстродействующих машин с большим объёмом памяти. Моделирование стало нормой и сопровождает весь жизненный цикл объекта (устройства, агрегата, узла и др.): при проектировании; при доводке; при эксплуатации. На каждом их этапов жизненного цикла в ММ, обычно, рассматриваются те режимы работы и отражает только те свойства объекта, которые важны именно для этого этапа. Хотя объект один и тот же, но ММ для этапов разные. В качестве примера, можно указать на ММ несущего винта при вертикальном подъёме и в горизонтальном полёте [148].

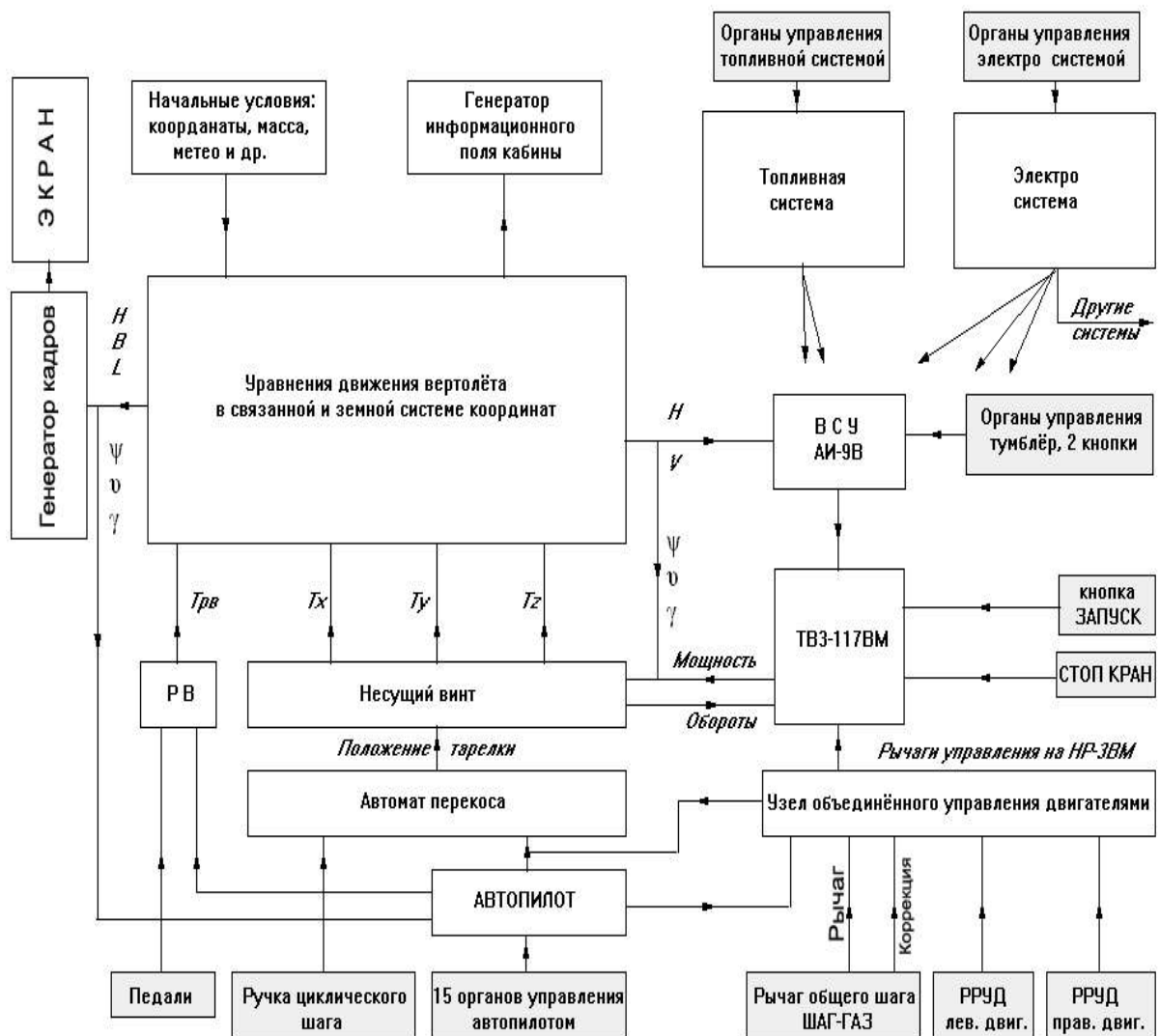


Рисунок 4.4 – Схема математической модели тренажёра (фрагмент: движение вертолѐта)

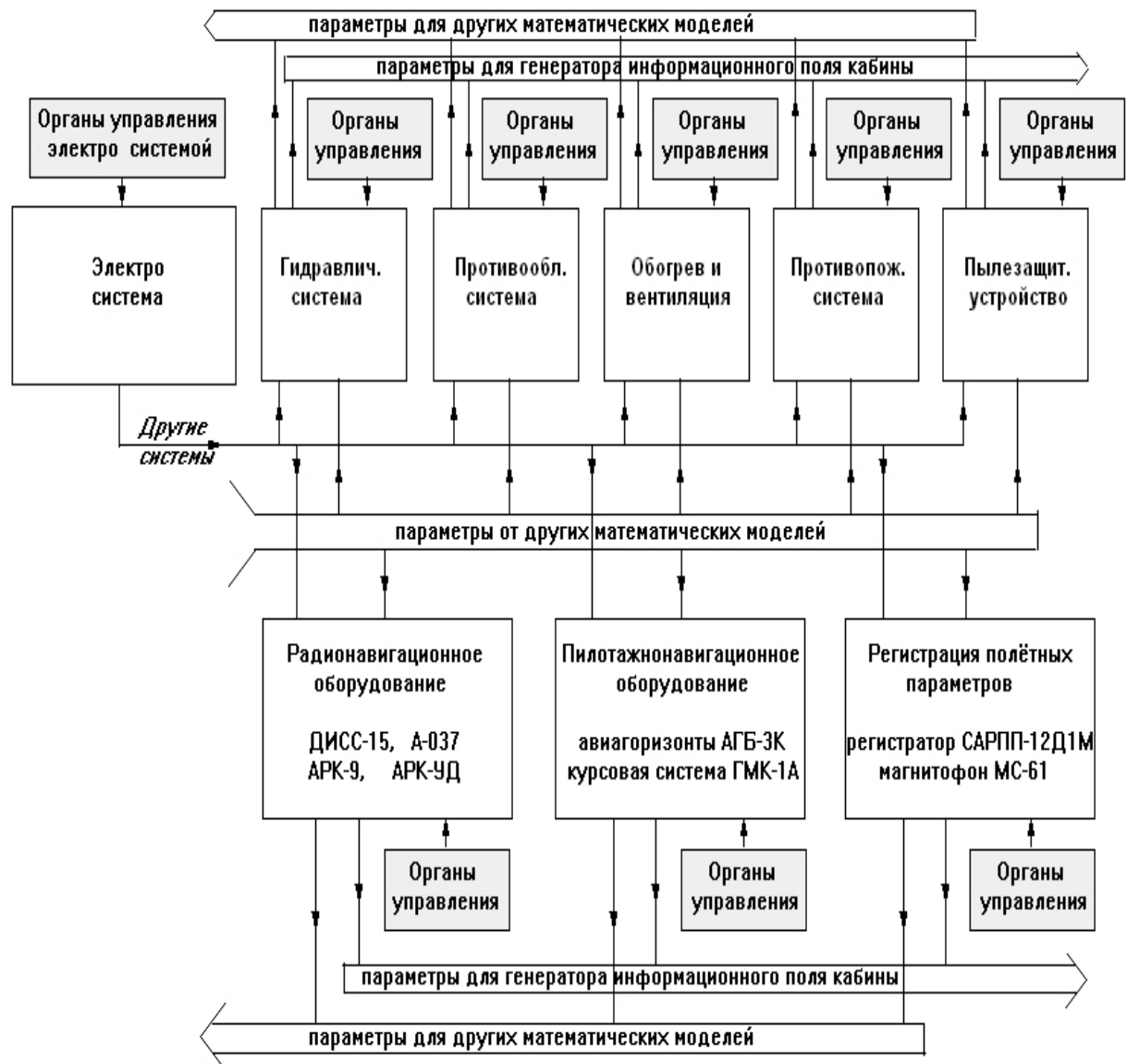


Рисунок 4.5 – Схема математической модели тренажёра (фрагмент – ФС и АиРЭО)

ММ ФС, в том числе АиРЭО, агрегатов и узлов как составляющие ММ тренажёра имеют следующие особенности:

1. ММ должны обеспечивать адекватность имитируемой функции моделируемого объекта на всех режимах его работы в реальных условиях эксплуатации. Эти режимы обозначены в РЛЭ вертолёт. В частности, в соответствии с РЛЭ ФС и АиРЭО должны пройти предполётную проверку от разных источников энергоснабжения: бортовых и наземных. Проверки нацелены на обнаружение повреждений проверяемого оборудования (или отсутствие таковых). Возможные

повреждения и технологии их обнаружения приведены в РЛЭ. ММ должна описывать процесс проверки как исправного оборудования, так и при наличии повреждений, приведённых в РЛЭ. На разных этапах и режимах полёта работа ФС, АиРЭО, агрегатов и узлов протекает не одинаково. Эти особенности также должны отражаться в ММ. В этой связи, ММ ФС, АиРЭО, агрегатов и узлов имеют вариантную структуру, при этом каждый вариант должен быть ориентирован на определённые этапы и условия полёта и режимы работы имитируемого оборудования.

2. В реальном полёте работа многочисленных ФС, АиРЭО, агрегатов и узлов протекает в условиях строгого и сложного взаимодействия. Условия взаимодействия меняются в зависимости от этапов и режимов полёта. Эти взаимозависимости должны закладываться и в ММ, например, работа ММ движения вертолётa при его движении вблизи земли должна быть увязана с моделью доплеровского измерителя ДИСС-15. При полёте вертолётa вдали от земли ММ ДИСС-15 с ММ его движения не взаимодействует. В то же время, имеются ММ, которые взаимодействуют с моделями всех ФС, АиРЭО, агрегатов и узлов, например, ММ системы энергоснабжения.

3. Для решения систем уравнений, входящих в ММ, используются различные численные методы. Как правило, уравнения ММ временные зависимости между независимыми и зависимыми переменными. При численном решении непрерывная функция заменяется набором точечных значений для конкретных моментов времени (t), отстоящих друг от друга на малую величину Δt . Чем меньше Δt , тем точнее решение, но тем больше потребуется времени для получения решения в заданном интервале времени. Для большинства исследовательских задач время, затраченное на моделирование процессов, не играет существенного значения. Моделирование процесса может в несколько раз превышать реальную длительность процесса. При моделировании полёта на тренажёре подобное невозможно. Моделирование должно осуществляться в масштабе реального времени. Более того, особенности человеческого зрения накладывают ограничения на дискретность расчётов. Смена кадров внешней обстановки, выводимых на экран, должна происходить не реже 24 кадров в секунду. Отсюда, интервал времени Δt , в течение

которого должны быть выполнены все расчёты и произведена смена кадра, не должен превышать 1/24 секунды. Необходимое быстродействие ММ тренажёра в целом достигается применением быстродействующих ЭВМ, рациональной архитектурой вычислительного комплекса, использованием последовательно параллельных схем вычислений, выбором ММ ФС, АиРЭО, агрегатов и узлов, оптимальных по соотношению «быстродействие счёта – адекватность моделирования».

4.3. Моделирование движения вертолѐта в полѐте

Моделирование движения вертолѐта в пространстве – это расчёт траектории его движения, т.е. определение его линейных координат над пролетаемой поверхностью земли или воды (широта X_g , долгота Z_g , высота $H(Y_g)$) и его угловых координат относительно горизонтальной плоскости, проходящей через ц.т. вертолѐта (курс Ψ , тангаж ϑ , крен γ) в заданные моменты времени с учётом особенностей взаимодействия с наземными объектами [22, 29, 30, 38, 41, 46, 50, 95, 151, 153, 154, 166, 200, 211].

Известно, что выбор дискретности расчётных точек траектории зависит от свойств человеческого глаза и не может быть больше 1/24 секунды.

Изменение положения вертолѐта в пространстве зависит от действующих на него аэродинамических сил и моментов. Для расчёта аэродинамических сил и моментов используются различные системы координат (рисунок 4.6).

Перемещение вертолѐта в пространстве ведѐтся из начального положения вертолѐта (Стартовая система координат $O_c X_c Y_c Z_c$), задаваемого инструктором тренажёра.

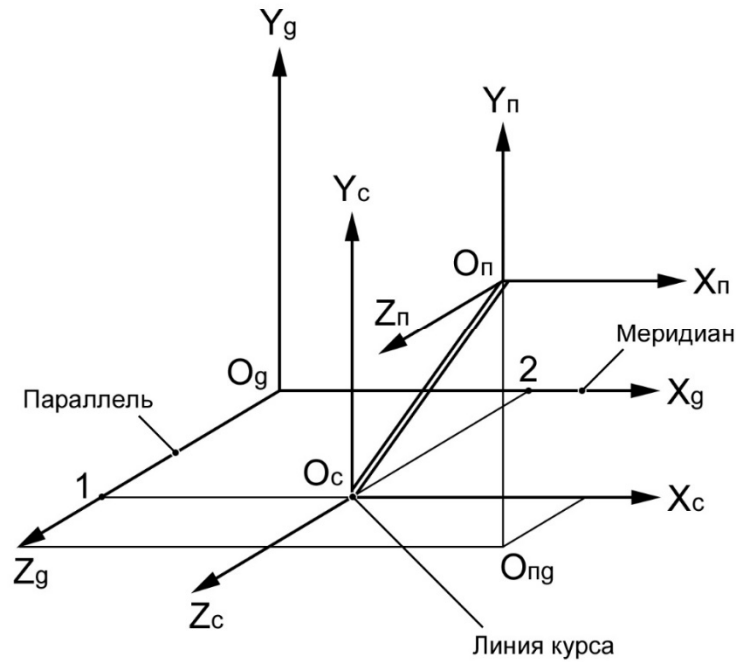


Рисунок 4.6 – Координатные оси положения вертолѐта в пространстве

Это площадка с известными координатами в Нормальной земной системе координат. Расположение вертолѐта на этой площадке также задаѐтся. Под действием сил и моментов, зависящих от положения органов управления вертолѐтом и двигателями (действия экипажа), вертолѐт за время Δt переместится из точки O_c в точку O_p . При численном интегрировании уравнений движения полагается, что за время Δt действующие силы и моменты остаются постоянными. В результате решения уравнений движения определяются изменения линейных координат вертолѐта в Стартовой системе координат.

Далее, в точке O_p разместим Подвижную нормальную систему координат ($O_p X_p Y_p Z_p$). Переход от Подвижной нормальной системы к Связанной системе координат осуществляется путем поворота вокруг трёх осей координат.

Рекомендуется следующая последовательность поворотов:

1. Поворот в плоскости $O_p X_p Y_p$ относительно оси $O_p Z_p$ (рисунок 4.7).

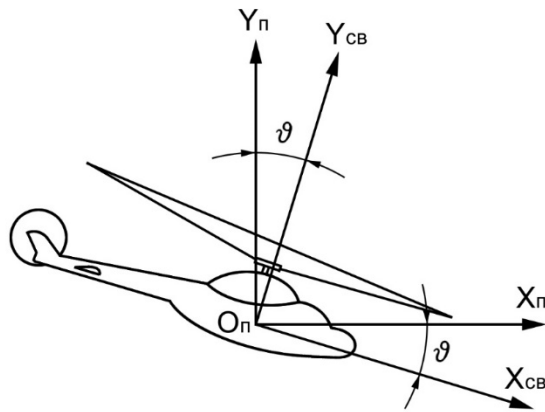


Рисунок 4.7 – Связанная и подвижная системы координат на виде вертолѐта сбоку (по $O_{\Pi}Z_{\Pi}$)

Для рассматриваемого примера принято, что в стартовом положении строительная ось вертолѐта лежит в горизонтальной плоскости $O_c X_c Z_{\Pi}$ Стартовой системы координат. Под действием моментов сил, действующих на вертолѐт, относительно оси $O_{\Pi}Z_{\Pi}$ в плоскости $O_{\Pi} X_{\Pi} Y_{\Pi}$, вертолѐт за время Δt повернѐтся на угол ϑ . Величина угла определится в результате решения уравнения вращательного движения вертолѐта относительно оси $O_{\Pi}Z_{\Pi}$. На такой же угол будут повѐрнуты оси связанной системы координат ($O_{\Pi}X_{св}$ и $O_{\Pi}Y_{св}$) по отношению соответствующих осей подвижной системы координат ($O_{\Pi}X_{\Pi}$ и $O_{\Pi}Y_{\Pi}$).

2. Поворот в плоскости $O_{\Pi}Y_{\Pi}Z_{\Pi}$ относительно оси $O_{\Pi}X_{\Pi}$ (рисунок 4.8).

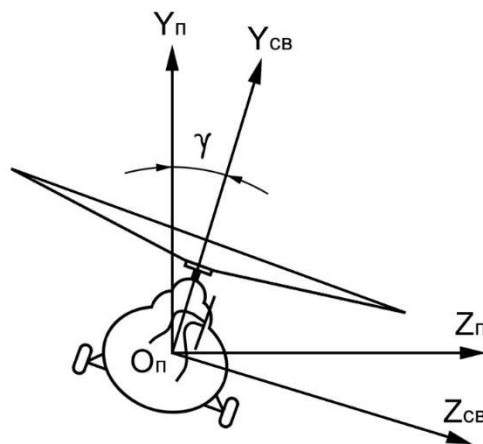


Рисунок 4.8 – Связанная и подвижная системы координат на виде вертолѐта сзади (по $O_{\Pi}X_{\Pi}$)

Для рассматриваемого примера принято, что в стартовом положении плоскость, перпендикулярная строительной плоскости вертолѐта, лежит в вертикальной плоскости $O_c Z_c Y_c$ Стартовой системы координат. Под действием моментов сил, действующих на вертолѐт, относительно оси $O_{\Pi} X_{\Pi}$ в плоскости $O_{\Pi} Z_{\Pi} Y_{\Pi}$, вертолѐт за время Δt повернѐтся на угол γ .

Величина угла определится в результате решения уравнения вращательного движения вертолѐта относительно оси $O_{\Pi} X_{\Pi}$. На такой же угол будут повёрнуты оси связанной системы координат ($O_{\Pi} Z_{св}$ и $O_{\Pi} Y_{св}$) по отношению соответствующих осей подвижной системы координат ($O_{\Pi} Z_{\Pi}$ и $O_{\Pi} Y_{\Pi}$).

3. Поворот в плоскости $O_{\Pi} X_{\Pi} Z_{\Pi}$ относительно оси $O_{\Pi} Y_{\Pi}$ (рисунок 4.9).



Рисунок 4.9 – Связанная и подвижная системы координат на виде вертолѐта сзади (по $O_{\Pi} Y_{\Pi}$)

Для рассматриваемого примера принято, что в стартовом положении плоскость, перпендикулярная строительной плоскости вертолѐта, лежит в вертикальной плоскости $O_c Z_c Y_c$ Стартовой системы координат. Под действием моментов сил, действующих на вертолѐт, относительно оси $O_{\Pi} Y_{\Pi}$ в плоскости $O_{\Pi} Z_{\Pi} X_{\Pi}$, вертолѐт за время Δt повернѐтся на угол $(\frac{\pi}{2} - \psi)$. На угол ψ будут

повёрнуты оси связанной системы координат ($O_{\Pi} Z_{\text{св}}$ и $O_{\Pi} X_{\text{св}}$) по отношению соответствующих осей подвижной системы координат ($O_{\Pi} Z_{\Pi}$ и $O_{\Pi} X_{\Pi}$).

После выполнения всех расчётов по перемещению вертолёт из точки O_c в точку O_{Π} получаем комплект данных, необходимый для формирования изображения на экране тренажёра при «полёте» в пределах установленной на тренажёре сцены, предусматривающих:

- географические координаты точки $O_{\Pi g}$, над которой находится вертолёт, - $Z_g X_g$;
- высота пролёта этой точки — $H = O_{\Pi} - O_{\Pi g}$;
- направление строительной оси вертолёт - углы рыскания Ψ , тангажа ϑ и крена γ .

4.4. Моделирование режимов работы силовой установки вертолёт

ММ работы силовой установки целесообразно представить в виде трёх блоков моделей: блока моделей режимов работы вспомогательной силовой установки (ВСУ) АИ-9 и блоков моделей режимов работы левого и правого двигателей ТВЗ-117ВМ, рисунок 4.10.

А. Моделирование работы ВСУ

ВСУ предназначена для запуска основных двигателей и для питания бортовой электросистемы при наземных проверках оборудования и при отказе в полёте основных электрогенераторов [59].

Запуск основного двигателя производится путём отбора воздуха из-за компрессора газотурбинного двигателя АИ-9 ВСУ и подачи его на воздушный стартер основного двигателя. Этот режим называют режимом отбора воздуха.

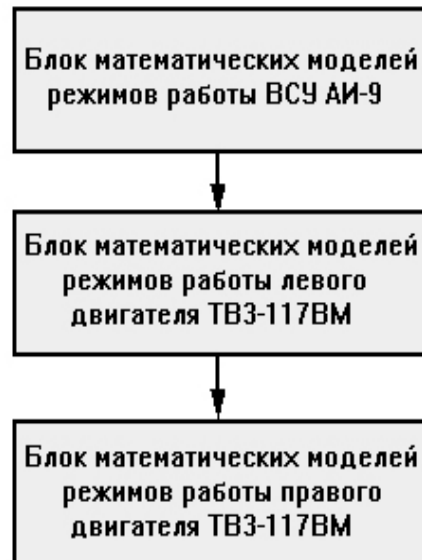


Рисунок 4.10 – Структура ММ силовой установки

Питание бортовой электросистемы производится от вспомогательного электрогенератора, приводимого во вращение газотурбинным двигателем АИ-9. Этот режим называют режимом отбора мощности или генераторным режимом.

РЛЭ запрещает в процессе запуска основного двигателя производить отбор мощности [181].

Таким образом, цикл работы ВСУ включает в себя пять режимов работы: режим запуска двигателя ВСУ АИ-9; режим холостого хода; режим отбора воздуха; режим отбора мощности и режим останова (выбег ВСУ). Взаимодействие этих режимов показано на рисунке 4.11. Порядок подключения к работе ММ того или иного режима работы ВСУ определяется положением органов управления силовой установки в кабине тренажёра, сигналов от ММ других ФС и внутренней логики самих ММ режимов работы ВСУ. В каждом цикле работы ММ тренажёра в расчётах участвует только одна из пяти ММ режима работы ВСУ.

Результаты расчётов передаются в математические модели других функциональных систем и через генератор кабиной информации «устанавливают» стрелки приборов в нужное положение, а также зажигают и гасят соответствующие табло в кабине.

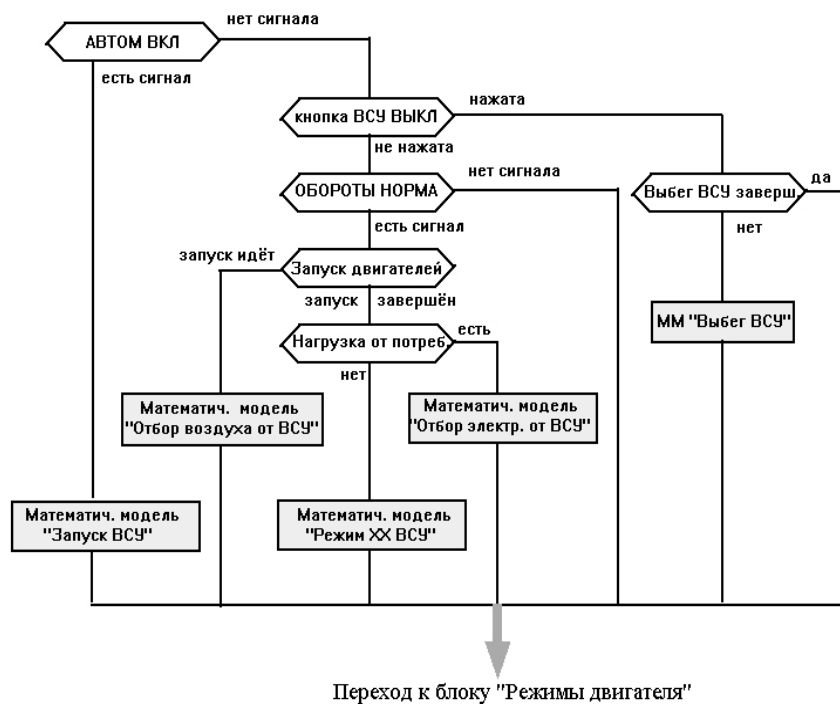


Рисунок 4.11 – Структурная схема блока «Математические модели ВСУ АИ-9»

Подробное содержание ММ режимов работы ВСУ изложено в Приложении П.9.

Б. Моделирование режимов работы двигателей

Блок «ММ режимов работы (левого, правого) двигателя ТВ№-117ВМ» предусматривает решение двух задач: имитация работы системы автоматического управления двигателем; расчёт параметров двигателя [25, 87]. Автоматическая система управления двигателем устанавливает разрешённый режим работы двигателя для конкретного положения рычагов управления двигателем («ШАГ-ГАЗ», РРУД, кнопка ЧР) и конкретных параметров давления и температуры окружающей среды.

При создании тренажёра сохранён основной агрегат управления двигателем – дифференциальный узел, в котором кинематически объединяется управление рычагом общего шага и рычагами раздельного управления двигателями. Обе ветви управления через систему тяг и качалок поворачивают закреплённый на двигателе рычаг управления. На тренажёре сохранены тяги, выходящие из дифференциального узла, линейное перемещение которых пропорционально углу поворота рычага управления соответствующим двигателем. Именно перемещение

вращения ТК и НВ; температура газов перед турбиной; давление масла в двигателе, в главном редукторе и в гидросистемах (основной и дублирующей); напряжение в сети.

Предусмотрено введение инструктором отдельных видов повреждений, поименованных в РЛЭ. После запуска обоих двигателей режим «Запуск левого (правого) двигателя» приостанавливается и в работу вступают «Полётные режимы левого (правого) двигателя».

При разработке отдельных вариантов ММ рекомендуется использовать отдельные теоретические положения, в частности: учёт зон законов регулирования режимов работы двигателя ($n_{ТК} = const$ и $n_{НВ} = const$); результаты расчёта экспериментальных характеристик компрессора двигателя; результаты расчета дроссельной характеристики двигателя ТВЗ-117ВМ. Зоны законов регулирования режимов работы двигателя представлены на рисунках 4.13 и 4.14 [26, 60].



Рисунок 4.13 – Настроечные и равновесные значения частоты вращения ТК

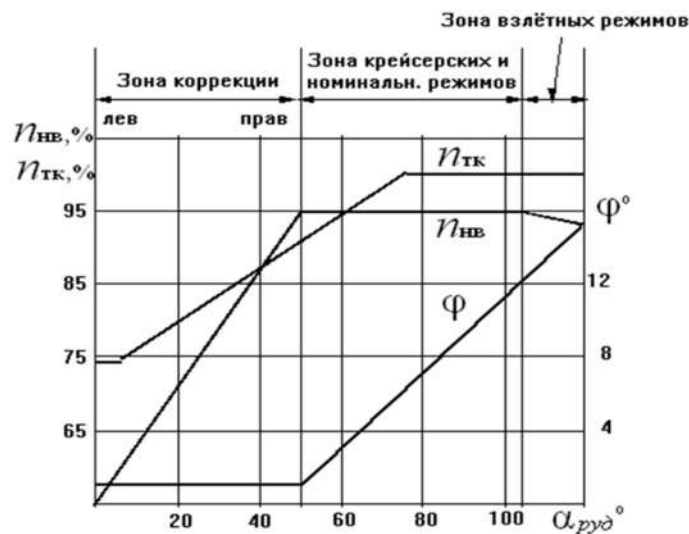


Рисунок 4.14 – Зоны регулирования и соответствующие им ветви (зависимости)

Результаты расчёта и построения экспериментальной характеристики компрессора и дроссельной характеристики двигателя ТВЗ-117ВМ представлены на рисунках 4.15 [26, 60] и 4.16 (получено путём преобразования в относительные параметры дроссельной характеристики двигателя).

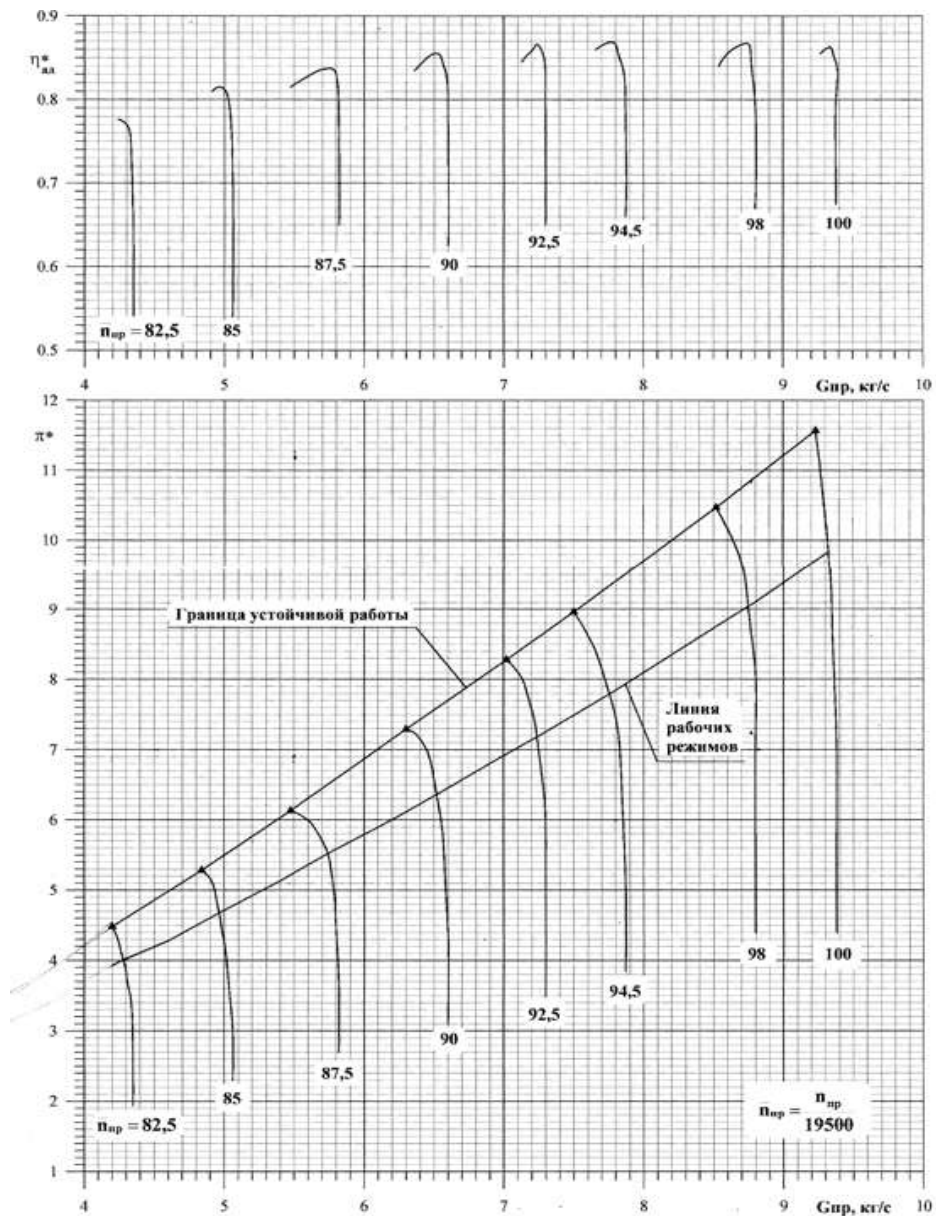


Рисунок 4.15 – Экспериментальная характеристика компрессора двигателя ТВЗ-117ВМ

Примечание к рисунку 4.15: при расчёте параметров двигателя используется реальная характеристика компрессора с линией рабочих режимов.

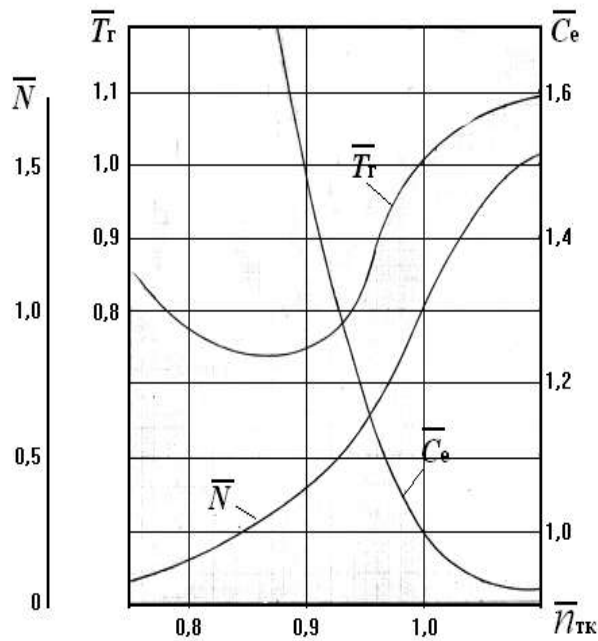


Рисунок 4.16 – Дроссельная характеристика двигателя ТВ3-117ВМ

Примечание к рисунку 4.16: По точкам пересечения линии рабочих режимов с линиями $n_{np} = const$ с использованием обычных для теории ГТД формул строится дроссельная характеристика двигателя в относительных приведённых параметрах.

4.5. Моделирование процессов функционирования систем вертолѐта как тренажѐрных объектов

Далее рассматриваются описания только тех ММ ФС, узлов и агрегатов, которые в значительной степени влияют на качество моделирования реальной полѐтной обстановки. Подробное описание этих моделей вынесено в Приложение П.9.

А. Моделирование работы автомата перекоса системы управления вертолѐтом

Назначение ММ автомата перекоса – расчѐт на очередном временном шаге изменений общего шага НВ и наклона тарелки в продольном и поперечном

направлениях [59, 64]. Исходными данными для расчёта являются значения необходимых параметров, полученные на предыдущем временном шаге, и изменения положений ручки циклического шага и рукоятки общего шага НВ за рассчитываемый временной отрезок.

Полученные значения являются исходными данными для аэродинамического расчёта несущего винта. Исходными для построения ММ систем управления и автомата перекося явились схемы реальных систем управления, рисунок 4.17.

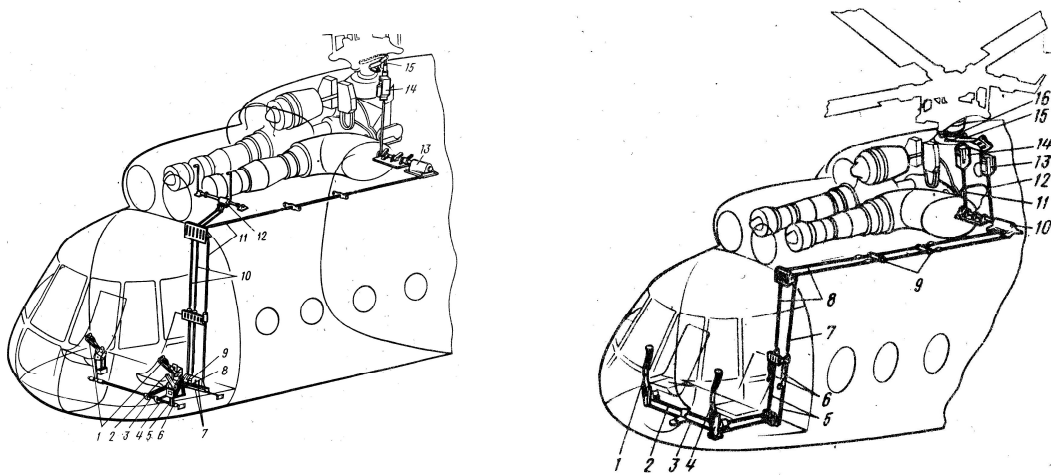


Рисунок 4.17 – Схема продольно-поперечного и объединённого управления

Моделируется как Режим ручного управления, так и Режим стабилизации (курса, высоты, крена, тангажа).

Б. Моделирование режимов работы несущего винта

Назначением ММ несущего винта (НВ) является определение на каждом временном расчётном шаге основных параметров НВ и их производных, в первую очередь, это тяга НВ и её проекции на координатные оси. Исходные данные при расчёте задаются пилотом (например, положение рычага общего шага и положение рычага циклического шага) и поступают от ММ других функциональных узлов и систем (например, величина мощности двигателя от ММ силовой установки и направление набегающего потока от ММ движения вертолётa).

Вычислительные процедуры ММ базируются на лопастной теории несущего винта [11, 57, 128, 132, 149, 235]. В этой теории подробно с учётом реальных

свойств обтекающего потока рассматривается элементарный участок лопасти и определяются аэродинамические силы, действующие на этот участок. Интегрирование по длине лопасти и по азимутальному углу расположения лопасти позволяет получить интегральные характеристики НВ.

Рассчитанные значения сил, действующих на вертолёт, передаются в ММ «Движение вертолёта» для определения изменения линейного и углового положений вертолёта за период временного шага. Изменение частоты вращения двигателя передаётся в ММ «Двигатели», «Рулевой винт» и в «Генератор информационного поля кабины» для соответствующего перемещения стрелки указателей частоты вращения НВ.

В. Моделирование работы рулевого винта системы управления вертолёта

Рулевой винт предназначен для уравнивания реактивного момента несущего винта, обеспечения путевой управляемости и устойчивости вертолёта.

Назначение ММ системы управления рулевым винтом – обеспечить соответствие угла установки лопастей рулевого винта (шага рулевого винта) положению органа путевого управления – педалей управления – во всех ситуациях, перечисленных в РЛЭ.

Теоретической базой разработанных вычислительных процедур являлись как основополагающие учебники, так и отдельные научные разработки по конкретным темам, например, [47, 82, 199].

В зависимости от сложившейся ситуации предусмотрено 4 режима путевого управления: режим «Ручного управления»; режим «Комбинированного управления»; режим «Перегонки»; режим «Жёсткой тяги».

Режим «Комбинированного управления» это режим «Стабилизации курса» автопилотом с возможностью пилота взять управление на себя в режиме «Ручного управления». На тренажёре устанавливается штатный загрузочный механизм, поэтому имитировать силы, действующие на педали, и процесс снятия с педалей нагрузки не требуется.

Исходными данными на очередном временном шаге являются: перемещение пилотом педалей, а также значения необходимых для расчёта параметров,

полученных на предыдущем временном шаге при расчёте ММ агрегатов, узлов и систем (скорость, высота, частота вращения несущего винта и др.). Корректируется угол установки лопасти рулевого винта и производится аэродинамический расчёт рулевого винта. В результате расчёта определяются новые значения тяги и крутящего момента рулевого винта.

Определённая на очередном временном шаге тяга рулевого винта передаётся в ММ «Движение вертолёт» для определения изменения линейного и углового положений вертолёт за период временного шага и нового пространственного положения вертолёт.

Г. Моделирование процессов функционирования ФС вертолёт

Результаты проводимых расчётов используются при разработке ММ других ФС, например, в модель несущего винта или в генератор кабиной информации.

К разряду функциональных систем вертолёт отнесены: система электроснабжения; топливная система; гидросистема; противопожарная система; система обогрева и вентиляции; пневматическая система; пылезащитное устройство [59]. ММ перечисленных систем индивидуальны и различны по содержанию, по объёму и взаимодействию в рамках единой ММ тренажёра. Методологические подходы к разработке ММ ФС проиллюстрированы на примере гидросистемы.

На вертолёте имеются две гидравлические системы [59]: основная и дублирующая, которая включается в работу автоматически при отказе основной системы (когда давление в основной системе уменьшается до 30 кг/см^2). После запуска двигателей, перед полётом, проверяется работоспособность обеих гидросистем. На время проверки одной системы другая отключается. В процессе запуска первого (левого или правого) двигателя в работу включается та гидросистема, давление в которой раньше достигнет заданного значения. Рост давления в другой гидросистеме прекратится. Давление в работающей системе изменяется циклически от 45 кг/см^2 до 75 кг/см^2 . Скорость падения давления составляет от 75 кг/см^2 до 45 кг/см^2 и зависит от интенсивности действий органами управления вертолёт — ручки циклического шага и рычага ШАГ-ГАЗ. Инструктор тренажёра имеет возможность ввести три вида типовых повреждений:

разрыв диафрагмы одного гидроаккумулятора; разрыв диафрагмы двух гидроаккумуляторов; падение давления до 30 кг/см².

4.6. Организация вычислительных процессов при моделировании и обучении на базе лётного тренажёра

К математическим моделям систем и оборудования, используемым в комплексном лётном тренажёре с системой визуализации, предъявляются жёсткие требования по скорости счёта. Вычислительный комплекс (ВК) тренажёра должен работать в циклическом режиме с частотой не менее 24 Гц. Эта минимальная частота определяется свойствами человеческого глаза – плавностью изображения на экране, обеспечиваемой при смене 24-х кадров в секунду. Чем больше частота смены кадров, тем качественнее изображение.

ВК состоит из сервера и нескольких ЭВМ с процессорами «Intel Pentium 4», объединённых в единую локальную сеть. ВК построен на основе IBM-совместимых технологий. Динамическая межкомпьютерная связь реализуется на основе стандартных сетевых средств Windows XP, что обеспечивает необходимую для режима реального времени скорость передачи информации. Для связи аналогового (кабина) и цифрового (сервер) оборудования применяются 12-разрядные цифро-аналоговые и аналого-цифровые преобразователи.

В ВК реализованы математические модели и генераторы имитационных воздействий, в том числе модели: динамики полёта вертолёта, двигателей и вспомогательной силовой установки; систем и оборудования вертолёта; полигона полётов; климатических, временных и метеорологических условий полёта. Для управления различными устройствами имитации условий полёта в ВК реализованы генераторы имитационных воздействий, которые работают в соответствии с математическими моделями, а именно генераторы: внешней среды, формирующие

кадры для проекторов; вибрационных воздействий; акустической среды в кабине, имитирующие постоянно действующие шумы от различных источников (двигателей, винтов, оборудования) и звуки, возникающие в моменты разовых событий (касание шасси вертолѐта поверхности земли при посадке и др.), аудио-сигналов и сообщений; информационного поля кабины, вырабатывающие сигналы для установки стрелок стрелочных индикаторов на приборных досках и табло в нужное для данного момента положение.

Добиться необходимой скорости счѐта при современных ПК возможно при организации оптимальной схемы вычислительного процесса путем разветвления. На основе анализа особенностей работы экипажа, систем и оборудования на различных этапах лѐтной эксплуатации и взаимодействия между системами и оборудованием можно выделить три уровня разветвления вычислительного процесса [125].

Первый уровень – это разделение полѐта (в широком смысле) на этапы и организация вычислительного процесса для каждого этапа отдельно.

Первый этап – предполѐтные проверки. Проверки проводятся на стоянке вертолѐта. При проведении проверок на экран выводится изображение обстановки – «стоянка». Ресурсы вычислительного комплекса на работу системы визуализации не тратятся. В ММ систем и оборудования задействованы только те фрагменты, которые относятся к проверкам работоспособности систем и оборудования. Именно эти фрагменты, как правило, являются объѐмными и, потому, медленными. Требования к частоте циклов на этом этапе менее жѐсткие, что позволяет использовать в ММ проверок систем и оборудования более сложные и, следовательно, более адекватные алгоритмы. Структурная схема ММ тренажѐра для этого этапа показана на рисунке 4.18.

Данный этап заканчивается началом движения вертолѐта со стоянки. В этот момент вступает в работу ММ *второго этапа* – «руление, взлѐт, маршрут, посадка, руление на стоянку».

На этом этапе частота вычислительного цикла определяется работой системы визуализации. Ситуация облегчается тем, что фрагменты ММ систем и оборудования, которые относятся к их работе в штатном режиме, менее объѐмны.



Рисунок 4.18 – Структурная схема тренажёра в режиме «Предполётные проверки»

ММ части оборудования – суть передача данных от ММ других систем и оборудования «Генератору информационного поля кабины». Структурная схема ММ тренажёра для данного этапа представлена на рисунке 4.19.

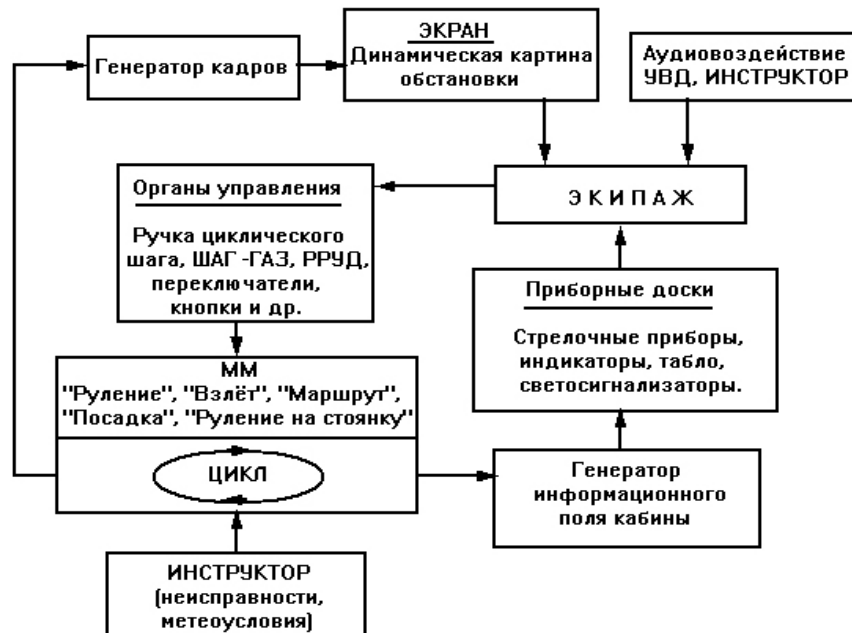


Рисунок 4.19 – Структурная схема тренажёра в режиме «Руление, взлёт, полёт, заруливание»

После заруливания на стоянку на экран выводится изображение обстановки «стоянка» и при выполнении послеполётных мероприятий не меняется. Система визуализации выключается из работы. В ММ систем и оборудования задействованы только те фрагменты, которые относятся к выключению двигателей, систем и оборудования. Структурная схема ММ тренажёра для этого этапа аналогична схеме, приведённой на рисунке 4.18.

Второй уровень – взаимное расположение ММ систем и оборудования в последовательно-параллельной схеме вычислительного процесса. Имеются системы и оборудование, выходные рабочие параметры которых определяют работу некоторых других систем и другого оборудования. ММ в этом случае должны располагаться в вычислительном процессе последовательно. Но есть и другие объекты, работа которых требует параллельное расположение ММ. В результате вычислительный процесс ММ тренажёра будет представлен последовательно-параллельной цепочкой ММ систем и оборудования.

Третий уровень – формирование последовательно-параллельных вычислительных цепочек внутри ММ. Практически, во всех ММ можно выделить фрагменты вычислительного процесса, результаты вычисления которых не влияют друг на друга. Такие фрагменты могут рассчитываться одновременно в параллельных ветвях. В качестве примера можно привести ММ несущего винта, рисунок 4.20.



Рисунок 4.20 – Организация вычислительного процесса фрагмента «ММ несущего винта»

Порядок расчёта сил и моментов, действующих на отдельную лопасть, приведен ранее при описании «ММ несущего винта».

Окончательная структура вычислительного комплекса тренажёра формируется в результате компромисса между требованиями достоверности имитации внешней обстановки, процессов ФС и оборудования и экономическими требованиями в рамках возможностей существующей вычислительной техники.

Выводы по главе 4

1. Проведен анализ основных конструктивно-эксплуатационных особенностей комплексного лётного тренажёра (КЛТ). КЛТ представляет собой реальную кабину вертолёт, дополнительно оборудованную специально доработанными приборами; современную систему визуализации с экраном и проекторами; вычислительный комплекс.

Реализованная в КЛТ современная система визуализации обеспечивает практическую возможность реальной видимости пилотом вертолёт окружающей обстановки на всех этапах полёта. Видимая обстановка дополняется восприятием акустических эффектов (шума винтов и двигателей) и, частично, тактильными воздействиями на пилота (вибрации от работы двигателей, винтов и трансмиссии).

В вычислительном комплексе КЛТ реализованы генераторы визуальной обстановки, внутрикабинной обстановки, шумов и вибраций, с учетом структуры и принципиальных особенностей разработанных математических моделей движения вертолёт и принципов работы всех его функциональных систем.

2. Указанные математические модели, объединённые в обобщенную математическую модель тренажёра, имитируют работу конструктивно-разнородных узлов, агрегатов и систем вертолёт с учетом особенностей их взаимодействия. В частности, математическая модель движения вертолёт в пространстве содержит дифференциальные уравнения 2-го порядка, математическая модель узла объединённого управления двигателями объединяет алгебраические уравнения, равенства, аппроксимирующие соотношения.

Отличительной особенностью математической модели тренажёра является также организация вычислительных процессов, позволяющая проводить вычислительные операции в реальном времени.

Структура математической модели тренажёра позволяет расширить лётные возможности тренажёра путём введения в математическую модель блоков, обеспечивающих имитацию полётов при выполнении общих видов авиационных работ.

3. Получены следующие научно значимые результаты:

1) сформирован перечень задач и упражнений, которые пилоты выполняют и отрабатывают на тренажёре;

2) подготовлено математическое обеспечение КЛТ в виде математических моделей узлов, агрегатов и функциональных систем вертолёт;

3) разработана методика юстировки математических моделей узлов, агрегатов и функциональных систем как единого целого с целью достижения идентичности показаний приборов тренажёра и показаний аналогичных приборов вертолёт. Процедуры юстировки выполнены программистами фирмы-изготовителя КЛТ;

4) разработана программа тестовых полётов с участием в них автора в качестве бортмеханика инструктора;

5) считать целесообразным вынести на защиту положение следующего содержания: «Обеспечено методическое сопровождение работ по созданию первого комплексного лётного тренажёра вертолёт Ми-8МТВ с современной системой визуализации, позволяющего экипажам вертолёт отрабатывать в полётах на тренажере более сложные, по сравнению с ранее существующими тренажёрами вертолёт Ми-8Т, полётные задания и сократить программу учебных полётов на реальном вертолёте на 6 часов (около 50 %).

РАЗДЕЛ 2. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ ПИЛОТОВ ВЕРТОЛЁТОВ НА ОСНОВЕ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ ОБУЧАЮЩИХ ПРОГРАММ

Глава 5. МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОРГАНИЗАЦИИ УЧЕБНОГО ПРОЦЕССА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ КОМПЬЮТЕРНЫХ СРЕДСТВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ ПИЛОТОВ ВЕРТОЛЁТОВ

5.1. Этапы создания, сертификации, внедрения и развития комплексного лётного тренажёра вертолёта Ми-8МТВ (Ми-17-1В) на базе авиационных учебных центров

Вертолёты семейства Ми-8 начали эксплуатироваться в народном хозяйстве СССР с 1968 года. Для подготовки пилотов были разработаны и внедрены в практику тренажёры вертолёта Ми-8Т. Однако, эти тренажёры по своим возможностям не могли решать всех задач тренировочного процесса. Успехи в развитии вычислительной техники создали условия для создания тренажёра вертолётов семейства Ми-8, отвечающего всем требованиям современного комплексного лётного тренажёра.

К моменту образования в 1999 г Авиационного учебного центра (АУЦ) ОАО «СПАРК» в авиапредприятиях России эксплуатировались более 600 вертолётов Ми-8Т и более 300 вертолётов новой модификации Ми-8МТВ, для которых каких-либо тренажёрных систем не существовало. В зарубежных авиакомпаниях эксплуатировалось более 300 экспортированных вертолётов семейства Ми-8. В сложившихся в этот период условиях, одной из главных задач, поставленных перед АУЦ ОАО «СПАРК», была разработка новой системы профессиональной

подготовки и повышения квалификации пилотов вертолётных семейств Ми-8, основанной на применении современных компьютерных средств подготовки лётного состава, в частности, по созданию комплексного лётного тренажёра вертолётной модификации Ми-8МТВ с наиболее совершенной системой визуализации. Именно, на основе разработанной методологии такого типа тренажёра и принципов его математического обеспечения были сформированы основные требования к лётному тренажёру.

В качестве исполнителя была выбрана петербургская фирма «Транзас», имеющая положительный опыт по разработке современных компьютерных тренажёров для морского флота. По согласованию рабочих групп АУЦ ОАО «СПАРК» и фирмы «Транзас» были подготовлены техническое задание на создание тренажёра вертолётной модификации Ми-8МТВ и договор.

На ответственного Исполнителя – АУЦ ОАО «СПАРК») было возложено:

- общее методическое руководство и контроль;
- изготовление кабины тренажёра с реальными органами управления и необходимым приборным оборудованием;
- разработка математических моделей ФС вертолётной модификации, радионавигационного, пилотажно-навигационного, связного и других видов бортового оборудования (Приложение П.9);
- участие в доводке изготовленного тренажёра до уровня требований нормативных документов РФ и ИКАО;
- подготовка и проведение процедур сертификации разработанного тренажёра.

В соответствии с разработанной процедурой сертификации разрабатываемого тренажёра, производилась объективная (инструментальная) оценка и субъективная оценка квалифицированными пилотами, имеющими большой налёт на вертолётной модификации Ми-8МТВ. Для получения необходимой для объективной оценки тренажёра информации была составлена программа тестового полёта вертолётной модификации Ми-8МТВ, принадлежащего ОАО «СПАРК», на основании которой вертолёт выполнил необходимый объём полётов и эволюций. Параметры эволюций (время, изменение скорости, высоты и

т.п.) фиксировались средствами полётного контроля и специалистами, находящимися на борту (в том числе с авторским участием).

Аналогичные эволюции были выполнены и непосредственно на тренажёре. В случае несовпадения (в допустимых пределах) параметров одинаковых эволюций на тренажёре и на вертолёте проводилась юстировка математических моделей соответствующих систем и оборудования вертолёта. Юстировка заключалась в выборе тех коэффициентов, параметров и алгоритмов математических моделей соответствующих систем и оборудования, которые могли повлиять на значения несовпадающих параметров. Далее путём изменения отобранных коэффициентов, параметров и алгоритмов математических моделей подбиралось такое их сочетание, при котором обеспечивалось совпадение (в допустимых пределах) параметров проводимых эволюций.

По результатам сертификационных испытаний было достигнуто юридическое подтверждение соответствия разработанного лётного тренажёра требованиям «Норм лётной годности тренажёров». Государственным регулирующим органом был выдан в 2001 году Авиационному Учебному Центру ОАО «СПАРК» Сертификат на тренажёр вертолёта Ми-8МТВ (Ми-8АМТ) № 0001 (Приложение П.2), дающий право проводить на нём следующие тренировочные виды обучения:

- первоначальная подготовка;
- ежеквартальная тренажерная подготовка;
- подготовка летного состава по задачам Наставления по производству полётов.

Практика использования за рубежом подобных современных лётных тренажёров свидетельствует о переносе многих задач лётной подготовки пилотов на тренажёр со значительным сокращением лётного времени непосредственно в учебных полётах. Принимая во внимание этот опыт, с самого начала эксплуатации лётного тренажёра в АУЦ ОАО «СПАРК» были проведены работы, связанные с оптимальным разделением объёма лётных задач, решаемых тренажёром и в процессе учебных полётов. Помимо преподавательского и лётно-инструкторского состава АУЦ, в методических разработках по данному направлению активное

участие принимал командно-лётный и инструкторский состав тех авиапредприятий, в которых вводились в строй пилоты, прошедшие подготовку в АУЦ ОАО «СПАРК», в том числе, на новом тренажёре.

Была подготовлена специальная программа лётной подготовки, включающая первоначальную подготовку с последующими ежеквартальными тренировками пилотов вертолёт Ми-8МТВ только на сертифицированных лётных тренажёрах с современной системой визуализации.

Начиная с 2001 г, т.е. с момента состоявшейся сертификации, комплексный лётный тренажёр успешно используется в учебном процессе АУЦ ОАО «СПАРК».

В АУЦ «СПАРК» прошли переучивание с других воздушных судов на вертолёт Ми-8МТВ 1500 пилотов и 420 бортмехаников из РФ и стран СНГ, а также 245 пилотов и 60 бортмехаников из разных стран Европы, Азии и Латинской Америки. Кроме этого действующие экипажи вертолёт Ми-8МТВ проходили на тренажёре АУЦ «СПАРК» периодические (ежеквартальные/полугодовые) тренировки. За период работы АУЦ периодические тренировки прошли более 9000 экипажей российских и зарубежных авиакомпаний.

Полученный опыт был использован при модернизации лётного тренажёра:

- цилиндрический экран тренажера был заменён на сферический;
- установлен имитатор GPS-навигатора;
- установлен имитатор ответчика, дальномёра, пилотажно-навигационной системы VOR-ILS;
- установлен имитатор системы раннего предупреждения близости земли (СРПБЗ).

С учётом площадных, экономических и вычислительных возможностей, тренажёр имел цилиндрический экран и обзор по горизонтали 180° и 30° по вертикали. В создании изображения участвовало 4 проектора. При таких параметрах у пилотов создавались проблемы с обзорностью посадочных площадок ограниченных размеров в нижней полусфере.

В 2005 году с учётом появившихся дополнительных возможностей комплексный лётный тренажёр был модернизирован, при этом цилиндрический экран был заменён сферическим с обзором 210° по горизонтали и 60° по вертикали, что позволило применить в системе визуализации 8 проекторов. Новые вычислительные возможности позволили также внести некоторые изменения в систему аэродинамических характеристик лётного тренажёра, что способствовало повышению коэффициента его подобия реальному вертолёту.

До 2004 года лётный тренажёр АУЦ ОАО «СПАРК» был единственным лётным тренажёром с современной системой визуализации вертолёта Ми-8МТВ. На этом тренажёре в рамках переучивания и периодических (ежеквартальных или полугодовых) тренировок тренировались экипажи российских авиапредприятий и стран ближнего и дальнего зарубежья, в том числе пилоты ВМФ Мексики.

В 2004 году командование ВМФ Мексики предложило ФГУП «РОСОБОРОНЭКСПОРТ» (исполнитель ОАО «СПАРК») заключить договор на создание в вертолётном подразделении ВМФ Авиационного Учебного Центра и обеспечение его современными методическими и техническими средствами. Разработку и монтаж данного комплексного лётного тренажёра по договору с ОАО «СПАРК» выполняла фирма «Динамика», а до этого времени ОАО «СПАРК» сотрудничало с компанией «Транзас». Учебный Центр в вертолётном подразделении ВМФ Мексики (г. Веракруз) был открыт в октябре 2006 года, после чего успешно обеспечивает подготовку лётных экипажей для вертолётов Ми-17-1.

Некоторые вертолётные подразделения РФ и зарубежных стран, опираясь на удачный опыт эксплуатации тренажёра Ми-8МТВ в АУЦ ОАО «СПАРК», заказали у фирм производителей «Транзас» (в настоящее время «АИРТ») и ЦНТУ «Динамика» тренажёры данного типа и установили их в своих подразделениях.

В первое десятилетие после получения Сертификата на использование в АУЦ ОАО «СПАРК» на территории РФ и зарубежных стран функционировало 8 тренажёров вертолётов семейства Ми-8 с современной системой визуализации. Дальнейшая динамика введения в строй лётных тренажёров представлена в таблице 5.1.

Таблица 5.1 - Динамика введения в строй лётных тренажёров

№ п/п	Год введения в действие	Принадлежность тренажёра
1	2001	Санкт-Петербург, АУЦ ОАО СПАРК
2 и 3	2004	Тюмень, АК «ЮТэйр»
4	2006	Сыктывкар, Учебно-тренировочный центр
5	2008	Ростов-на-Дону, Учебно-тренировочный центр
6	2009	Хабаровск, Учебно-тренировочный центр
7	2010	Якутск, Учебно-тренировочный центр
8	2010	Омск, Омское летно-технический колледж ГА

В настоящее время функционируют более 15 тренажёров вертолетов Ми-8МТВ (Ми-8АМТ), из них в РФ тренажёры установлены в городах: С.-Пб, Тюмень, Сыктывкар, Ростов-на-Дону, Якутск, Хабаровск, Омск (3 шт.), Красноярск, Казань, Улан-Удэ; за рубежом: в Мексике, Колумбии, Хорватии, Венесуэле, ОАЭ, Литве (2 тренажера), Чехии. Тренажеры изготовлены компаниями «Транзас» (в настоящее время «АИРТ») и ЦНТУ «Динамика».

5.2. Научно-методическое и организационное сопровождение процессов профессиональной подготовки, повышения квалификации и аттестации лётного состава в авиационных учебных центрах

5.2.1. Общие вопросы организации образовательной деятельности в авиационных учебных центрах

К настоящему времени накоплен значительный опыт организации образовательного процесса с использованием компьютерных технологий. Имеются публикации, излагающие теоретические основы организации процесса [10, 14, 15, 24, 53, 119, 161, 168, 173, 213, 219], его непосредственную подготовку [19, 51, 104, 131, 134, 138, 160, 162, 218, 225] и результаты его проведения [100, 101, 116, 163].

Однако опыт, изложенный в поименованных выше источниках, относится к иным сферам деятельности и не является достаточным для организации учебного процесса обучения пилотов с применением современных технических средств обучения.

Началу учебного процесса в АУЦ ОАО «СПАРК» предшествовал этап организационных мероприятий и методической подготовки учебного процесса. Более того, методическая работа продолжалась и в процессе учебного процесса. Автор диссертации, будучи директором АУЦ ОАО «СПАРК», составлял планы всех этапов работ, разрабатывал документы методического обеспечения учебного процесса (лично и в соавторстве с преподавателями и инструкторами АУЦ), участвовал в учебном процессе и методически обеспечивал оценку качества учебного процесса.

Для проведения учебного процесса в ОАО «СПАРК» было специально спроектировано и построено здание АУЦ. Для проведения занятий в АУЦ были оборудованы компьютерные классы для самостоятельной работы с АОК и компьютерными тренажёрами. В аудиториях для групповых занятий была предусмотрена возможность через локальную сеть выводить на настенный экран любые фрагменты АОК и компьютерных тренажёров. Один из компьютерных классов предназначался для предварительной тренажёрной подготовки экипажей. Был оборудован класс для «разборов» выполненных на тренажёре полётов. В этом классе была предусмотрена возможность вывода на экран информации, записанной средствами лётного тренажёра во время полёта. Все разработанные программные продукты находились на сервере локальной сети АУЦ, рисунок 5.1.



Рисунок 5.1 – Локальная сеть АУЦ

После получения Сертификата на комплексный лётный тренажёр вертолёт Ми-8МТВ и разработки программных продуктов – комплекса автоматизированных обучающих курсов и полного ряда дисплейных и экранных компьютерных тренажёров, коллектив АУЦ ОАО «СПАРК» приступил к внедрению в практику подготовки пилотов метод индивидуального обучения пилотов с использованием разработанных в АУЦ компьютерных продуктов. Был сформирован перечень видов подготовки, ориентированных на метод индивидуального обучения, включающий:

1. Переучивание пилотов самолётов, имеющих свидетельство пилота коммерческой авиации, на одну или несколько модификаций вертолёт семейства Ми-8 (Ми-8Т, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ, Ми-171, Ми-172 и др.).

2. Переучивание пилотов других вертолёт на одну или несколько модификаций вертолёт семейства Ми-8.

3. Повышение в классе пилота вертолёт семейства Ми-8.

4. Расширение перечня допусков пилота вертолёт семейства Ми-8 (полёты в горах, полёты по ППП днём и ночью, понижение минимумов, полёты с внешней подвеской, монтажные работы, лесоавиационные работы, поисково-съёмочные полёты, полёты на морские буровые установки, полёты с борта судна, аварийно-спасательные работы, полёты по отстрелу диких животных, радиационная разведка местности, авиационно-химические работы, полёты в Арктике и Антарктике). Часть этого перечня предполагается выполнять после модернизации лётного тренажёра, позволяющей осуществлять не только трассовые полёты, но и полёты по выполнению авиационных работ.

5. Переучивание пилотов вертолёт, имеющих свидетельство пилота-любителя, на одну из модификаций вертолёт семейства Ми-8.

6. Периодические курсы повышения квалификации пилотов вертолёт всех модификаций вертолёт семейства Ми-8.

В качестве контингента обучаемых рассматривались пилоты вертолёт семейства Ми-8 авиакомпаний РФ, стран СНГ и стран дальнего зарубежья. При разработке учебных планов каждого вида обучения и при составлении программ,

входящих в учебный план дисциплин, учитывались, с одной стороны, требования Руководящих документов [175] и особенности индивидуального изучения дисциплины с помощью разработанных компьютерных продуктов, с другой стороны.

Первый этап проведения учебного процесса с применением современных технических средств обучения начался после создания всего комплекса технических средств и сертификации комплексного лётного тренажёра с современной системой визуализации. Прежде всего, отрабатывались новые организационные формы проведения учебного процесса с применением комплекса технических средств. В аудиториях для групповых занятий были установлены рабочее место преподавателя, экран и проектор для демонстрации иллюстрационного материала, находящегося на сервере компьютерной сети АУЦ. Качество иллюстрационного материала по сравнению с традиционными плакатами заметно возросло. Появилась возможность демонстрировать динамические процессы, происходящие в изучаемых системах.

Большой объём работы был выполнен по организации индивидуального обучения слушателей с использованием технических средств обучения. По мере распространения сведений о появлении АУЦ СПАРК количество желающих пройти индивидуальную подготовку возрастало.

По каждому виду обучения был разработан комплект документов, позволяющий слушателю самостоятельно в указанном порядке, используя технические средства обучения (АОС, компьютерные тренажёры), самостоятельно освоить теоретическую часть обучения и подготовиться к выполнению упражнений на комплексном лётном тренажёре. Пример такого комплекта приведён на рисунке 5.2. Перечень документов приведён в Приложении П.1. В комплект документов входит Типовой план-график занятий конкретного вида подготовки с распределением по дням обучения компьютерных технических средств. После привязки Типового план-графика к конкретному календарному периоду он становится индивидуальным план-графиком обучаемого.

Подробные указания по самостоятельному проведению занятий изложены в документах:

- распределение учебного материала по учебным дням;

- содержание «интерактивных» уроков;
- содержание упражнения №... на навигационном тренажёре (комплект для всех упражнений) (Приложение П.3).

При разработке компьютерных средств обучения, естественно, была ориентировка на использование этих средств в системе дистанционного обучения. Но, без детальной проверки разработок в условиях АУЦ, рекомендовать их в качестве средств дистанционного обучения было нельзя. Такая проверка и доводка АОК и компьютерных тренажёров были выполнены в течение первых лет работы АУЦ ОАО «СПАРК». За этот период пилоты, прошедшие обучение в АУЦ ОАО «СПАРК», и руководство авиакомпаний ознакомились с возможностями разработанных обучающих средств и были морально готовы к внедрению в своих авиапредприятиях технологий дистанционного обучения. Первым авиапредприятием, заявившем о желании внедрить дистанционное обучение своих пилотов, была авиакомпания «АВИАШЕЛЬФ». Между «АВИАШЕЛЬФ» и АУЦ ОАО «СПАРК» был заключён соответствующий договор о внедрении дистанционного обучения, поддержания и повышения квалификации пилотов вертолётов семейства Ми-8 в авиапредприятии «АВИАШЕЛЬФ». Суть договора – перенести изучение теоретических дисциплин с использованием АОК и компьютерных тренажёров в учебные классы авиапредприятия. Контроль изучения теоретических дисциплин и ежеквартальные (полугодовые) тренировки на лётном тренажёре проводились на территории АУЦ ОАО «СПАРК», рисунок 5.3.

Учебный план курсов повышения квалификации был разбит на части. Каждая часть должна осваиваться за период между ежеквартальными (полугодовыми) тренировками. Вместе с тренировкой на лётном тренажёре пилот отчитывается за соответствующую часть учебного плана курсов повышения квалификации. За два года учебный план курсов повышения осваивается полностью. Организационная форма учебного процесса «АУЦ ОАО «СПАРК» + авиапредприятие» успешно функционирует с 2005 года.

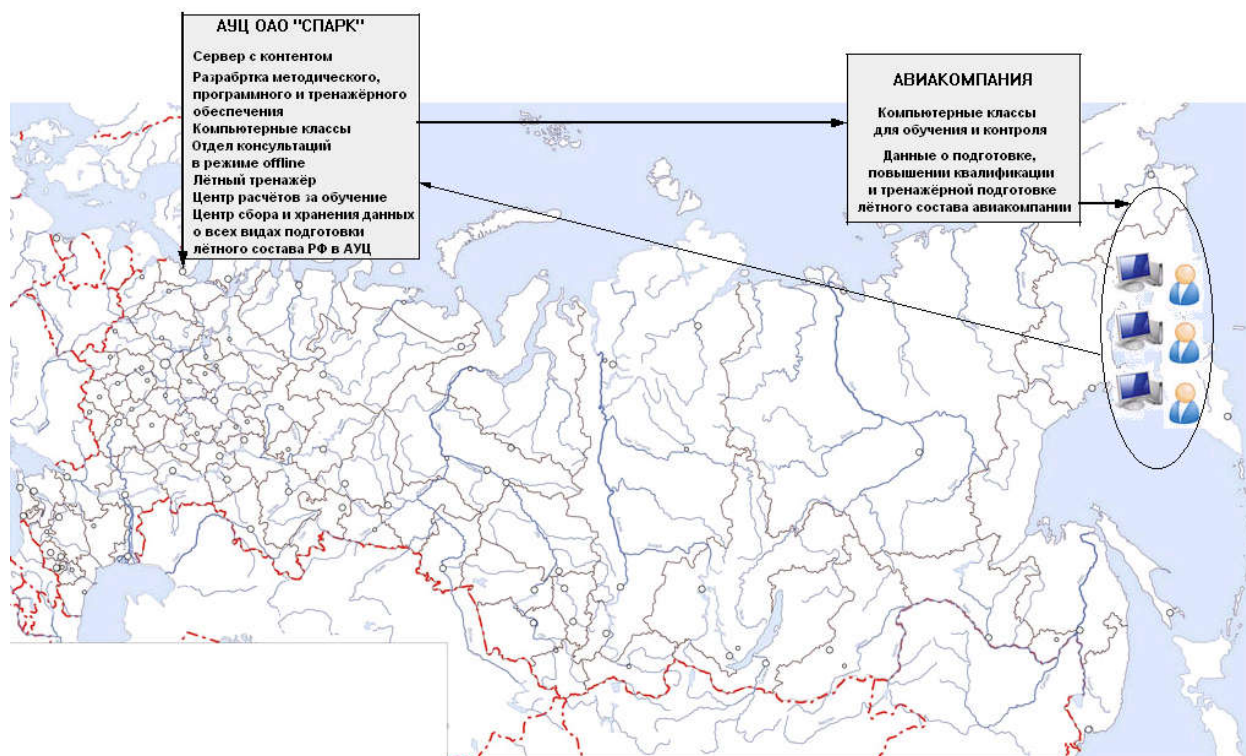


Рисунок 5.3 – Взаимодействие авиакомпании с АУЦ ОАО «СПАРК»

Настоящее время характеризуется бурным внедрением в образовательный процесс дистанционных образовательных технологий (ДОТ) и, в первую очередь, с использованием Интернета. Это обусловлено положительными качествами, которыми обладают новые образовательные технологии по сравнению с традиционными. Отставание сокращается, и создаются условия, достаточные для внедрения дистанционных образовательных технологий в разные сферы среднего, высшего и профессионального образования. В настоящее время на территории РФ функционируют несколько систем дистанционного обучения. В сфере высшего образования дистанционное обучение ведётся в центрах следующих университетов (институтов): Московском государственном индустриальном университете, Московском техническом университете связи и информатики, Южно-Уральском государственном университете, Таганрогском государственном радиотехническом университете, Московском государственном университете печати и др. Корпоративные (фирменные) образовательные системы подготовки и переподготовки

персонала Газпрома, Центробанка РФ, Дорожного фонда РФ, Санэпидемслужбы РФ и др. проводят подготовку и переподготовку только своих целевых групп персонала.

Преимущества дистанционного обучения с использованием Интернета особенно привлекательны для профессионального обучения пилотов вертолётчиков и поддержания уровня их профессиональной квалификации. В силу особенностей профессиональной деятельности пилоты вертолётчиков рассредоточены по территории РФ. Поездка в АУЦ для поддержания и повышения квалификации связана с материальными потерями и потерями рабочих дней. Более того, «ударное» освоение материала за несколько дней в АУЦ менее эффективно, чем освоение в условиях авиакомпании в спокойной манере за более длительный период в удобное для пилота время.

Начиная разработку системы подготовки пилотов вертолётчиков семейства Ми-8, разработчики ориентировались в дальнейшем на выход с ней через Интернет на рынок авиационных образовательных услуг РФ, стран СНГ и дальнего зарубежья. Однако, разработке интернет-варианта системы должно было предшествовать освоение и доводка системы сначала в рамках АУЦ и затем в рамках дистанционного обучения пилотов нескольких авиакомпаний в компьютерных классах учебных подразделений этих авиакомпаний. За период обучения в рамках только АУЦ и в рамках АУЦ + авиакомпания большое количество пилотов освоили процесс самостоятельного обучения с использованием компьютерных АУЦ и тренажёров, оценили положительные качества такой подготовки и стали источником информации о разработках АУЦ ОАО «СПАРК». Выгоды дистанционного обучения оценили и руководители авиакомпаний.

Таким образом, была подготовлена почва для появления сайта АУЦ ОАО «СПАРК» в интернете, обеспечивающего освоение теоретического материала различных видов профессиональной подготовки и повышения квалификации пилотов вертолётчиков семейства Ми-8.

Освоение рынка авиационных образовательных услуг через Интернет предполагается осуществить в 3 этапа:

– *Первый этап* рассчитан на пилотов авиакомпаний РФ. Все обучаемые проходят тренажёрную подготовку на лётном тренажёре АУЦ ОАО «СПАРК» и

прикреплены АУЦ ОАО «СПАРК» в качестве индивидуальных обучаемых или в качестве группы авиакомпаний.

– *Второй этап* также рассчитан на пилотов авиакомпаний РФ. Обучаемые могут проходить тренажёрную подготовку либо на лётном тренажёре АУЦ ОАО «СПАРК», либо на сертифицированном лётном тренажёре какого-либо регионального АУЦ. Прикрепление индивидуальных обучаемых или групп также возможно либо к АУЦ ОАО «СПАРК», либо к какому-либо региональному АУЦ.

– *Третий этап* рассчитан на пилотов зарубежных авиакомпаний. Для этого этапа в Интернете создаётся сайт на английском и испанском языках. Обучаемые могут проходить тренажёрную подготовку либо на лётном тренажёре АУЦ ОАО «СПАРК», либо на сертифицированном лётном тренажёре какого-либо зарубежного регионального АУЦ. Прикрепление индивидуальных обучаемых или групп также возможно либо к АУЦ ОАО «СПАРК», либо к какому-либо зарубежному региональному АУЦ.

Первый этап

Взаимодействие организаций, задействованных на первом этапе, показано на рисунке 5.4.

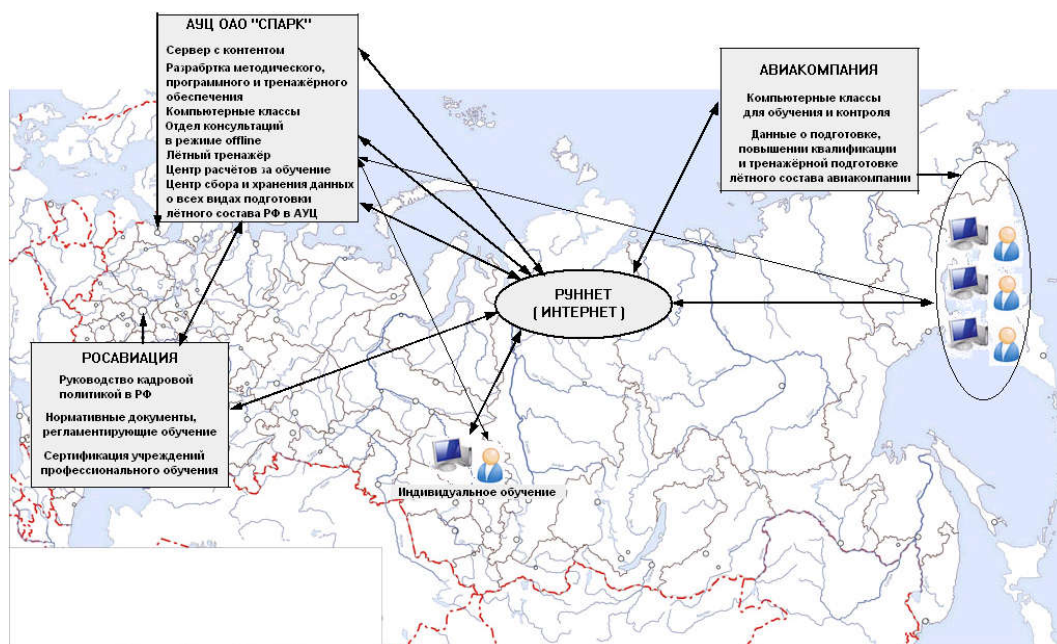


Рисунок 5.4 – Схема взаимодействия в рамках РУННЕТ (Интернет) – этап 1

Основным звеном этой схемы является АУЦ ОАО «СПАРК». Им разработано всё необходимое методическое и программное обеспечение, а также тренажёры. Все программные продукты размещены и обслуживаются на сервере АУЦ. Через сервер осуществляется оффлайновая связь с обучаемыми пилотами и их консультирование. На сервере хранятся также данные о всех прошедших обучение и подробные результаты контроля. Изучение и контроль теоретических дисциплин пилоты, пользуясь методическими указаниями, осуществляют через Интернет на своём рабочем месте. Этап тренажёрной подготовки пилоты проходят на лётном тренажёре АУЦ ОАО «СПАРК». Перед тренажёрной подготовкой пилоты проходят выборочный контроль по теоретическим дисциплинам и по результатам контроля допускаются к тренировке на тренажёре. После успешного освоения программы тренировки на лётном тренажёре пилот получает удостоверение, дающее право на освоение программы учебных полётов. Учебные полёты могут выполняться либо на вертолётах ОАО «СПАРК», либо на вертолётах авиакомпаний с инструкторами АУЦ ОАО «СПАРК» или с пилотами-инструкторами авиакомпаний, прошедшими соответствующий курс в АУЦ ОАО «СПАРК».

Федеральное агентство РОСАВИАЦИЯ определяет перечень видов профессиональной подготовки в АУЦ ОАО «СПАРК», их периодичность и содержание. Сообщает о всех изменениях, которые необходимо вносить в соответствующие разделы АУЦ и компьютерных тренажёров. Банк данных о пилотах, прошедших любые виды профессиональной подготовки в АУЦ ОАО «СПАРК», доступен для сотрудников РОСАВИГАЦИИ и в сжатом виде может быть продублирован в компьютерной сети РОСАВИАЦИИ.

Данные о пилота определённой авиакомпании, прошедших любые виды профессиональной подготовки в АУЦ ОАО «СПАРК», могут быть продублированы в компьютерной сети авиакомпании.

Второй этап

Взаимодействие организаций, задействованных на втором этапе, показано на рисунке 5.5.

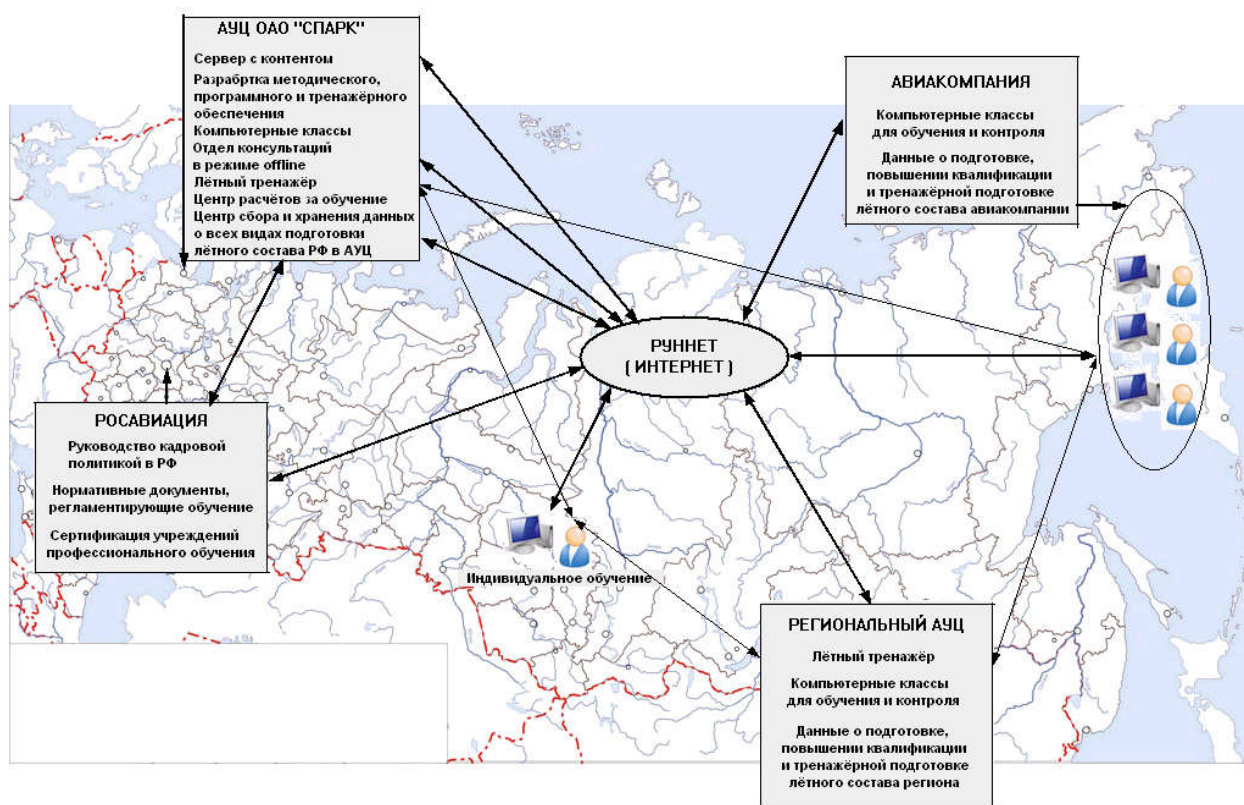


Рисунок 5.5 – Схема взаимодействия в рамках РУСНЕТ (Интернет) – этап 2

Второй этап формирования сети в Интернете – суть расширение созданной и опробованной на первом этапе. К сети подключаются региональные авиационные учебные центры, имеющие в своём составе сертифицированные лётные тренажёры с современной системой визуализации. Пилот, изучающий теоретические дисциплины через Интернет, получает возможность пройти тренажёрную подготовку не только в АУЦ ОАО «СПАРК», но и в ближайшем региональном АУЦ, имеющем лётный тренажёр. Сведения о пилотах, прошедших такую подготовку, собираются и хранятся в центральном банке данных на сервере АУЦ ОАО «СПАРК».

По желанию эти данные могут быть продублированы в банках данных регионального АУЦ и авиакомпании.

Третий этап

На третьем этапе создаётся сайт в сети Интернета на английском и испанском языках, через который зарубежные пилоты вертолётов семейства Ми-8 смогут зарегистрироваться, получить доступ к учебным материалам – компьютерным АУЦ и тренажёрам, освоить их и получить допуск к тренажёрной подготовке на лётном

тренажёре. Обучение через Интернет возможно, как в индивидуальном режиме, так и в корпоративном (группа пилотов авиакомпании). Перечень организаций, включённых в сеть, и их взаимодействие аналогичны 2 этапу, рисунок 5.5.

Предполагаемая потребность в системе профессиональной подготовки пилотов вертолётов семейства Ми-8 зарубежных авиакомпаний через Интернет обоснована двумя факторами:

- Наличием большого количества вертолётов семейства Ми-8 в зарубежных авиакомпаниях, рисунок 5.6;
- Приобретение рядом зарубежных авиакомпаний лётных тренажёров вертолётов Ми-8МТВ (Ми-171) для тренажёрной подготовки своих пилотов (Мексика, Чехия и др.).

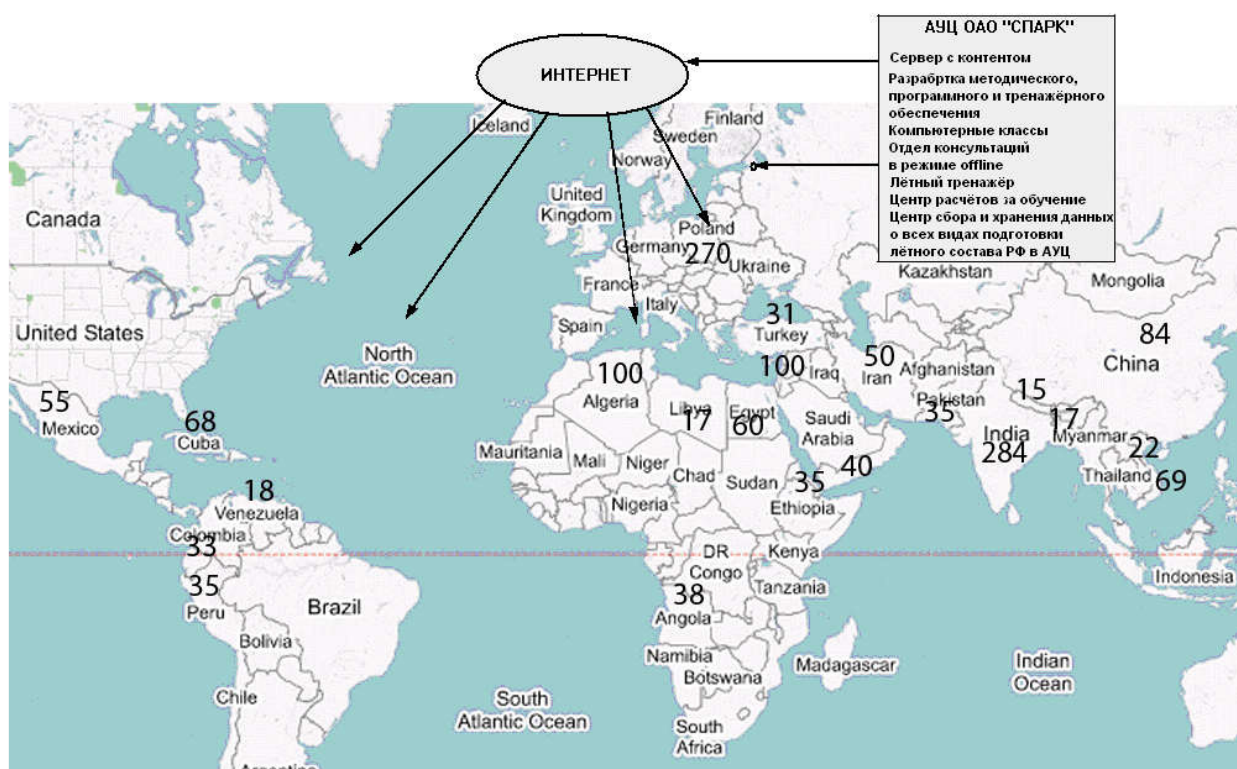


Рисунок 5.6 – Схема взаимодействия в рамках ИНТЕРНЕТ – этап 3

Кроме этого, АУЦ ОАО «СПАРК» продолжает вести подготовку на территории АУЦ пилотов зарубежных стран. Продолжение этой работы вполне может проводиться дистанционно через Интернет.

Начальный этап проходил на территории АУЦ ОАО «СПАРК», так как помимо непосредственного обучения слушателей решались задачи проверки на практике и совершенствования принятых ранее решений, а именно:

- проверялась реакция слушателей на основные параметры разработанных технических средств обучения – структуру компьютерных продуктов, интерфейсы взаимодействия слушателя с экраном интерактивных тренажёров, временные интервалы демонстрации информационных объектов, цветовую гамму интерфейсов и др.;
- определялось время, необходимое для изучения тем АОК и освоения функциональных и ситуационных тренажёров;
- проверялась эффективность тренажёрной подготовки на комплексном лётном тренажёре с неподвижной кабиной;
- разрабатывалась и опробовалась технология разделения объёма материала курсов повышения квалификации на части и изучение этих частей по одной во время ежеквартальной (в дальнейшем полугодовой) тренировки на лётном тренажёре;
- перевод разработанных компьютерных средств обучения на английский и испанский языки для проведения переучивания и полугодовых тренировок на лётном тренажёре АУЦ ОАО «СПАРК» пилотов стран дальнего зарубежья.

Первые обучаемые в АУЦ ОАО «СПАРК» пилоты-слушатели явились, по сути, испытателями новой системы обучения, ориентированной на индивидуальное освоение теоретического материала. В процессе работы с компьютерными обучающими средствами слушатели оценивали эти средства по разным параметрам. Свои оценки слушатели вносили в специально разработанные и розданные слушателям опросные листы.

В частности, оценивались временные интервалы предъявления информации. Правильное определение временных интервалов крайне важно. Слишком маленькие временные интервалы не позволяют слушателю до конца понять текстовое сообщение или оценить показания выводимых на экран приборов. В результате эффективность обучения снижается. Эффективность обучения

снижается и при слишком больших интервалах. В этом случае слушатель, поняв смысл предъявленной информации, вынужден ждать, когда предъявленная информация будет убрана с экрана, и только после этого сможет продолжить работу. Вынужденные паузы раздражают и снижают внимание.

В автоматизированных обучающих курсах изучаемых дисциплин и компьютерных тренажёрах содержится множество выводимых на экран текстовых сообщений. Определить опытным путём необходимую длительность показа на экране для всех сообщений нереально – их слишком много. Поэтому был применён следующий приём. Было выбрано порядка 20 текстовых сообщений различной длины в разных АОК. Программно было обеспечено включение таймера при появлении информации на экране (текстового сообщения, показания приборов) и выключение его, когда слушатель сообщал своё решение или начинал взаимодействие с экраном («клик» на кнопке). Время, показанное таймером, назовем для краткости «временем осмысления». Действительно, это время, которое слушатель затрачивает на осмысление предъявленной информации и принятие решения о дальнейших действиях.

В первоначально группе в определении «времени осмысления» приняли участие 50 слушателей.

По результатам оценки выяснилось: первое – оценки одной и той же информации разными слушателями отличаются, второе – заметна зависимость «скорости осмысления» от объёма воспринимаемой информации.

Для получения зависимостей, позволяющих распространить результаты замеров на все текстовые сообщения АОК и тренажёров, была проведена следующая обработка результатов. Результаты оценок каждого слушателя по всем выделенным текстам наносились на график типа, показанного на рисунке 5.7, где M – размер (длина) сообщения, μ – время осмысления.

В силу разных физиолого-психологических особенностей слушателей результаты их измерений различны. Для выявления составляющей зависимости от объёма информации результаты преобразовывались в относительные величины.

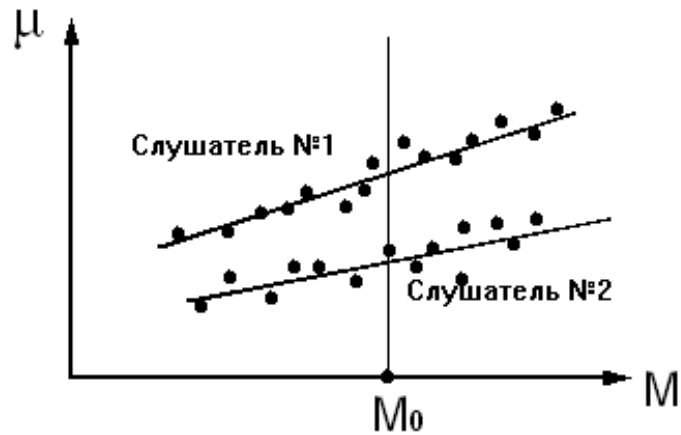


Рисунок 5.7 – Зависимость «времени осмысления» от объёма информации

Объём наиболее встречающейся информации принимался за единицу (M_0). За единицу также принималась «время осмысления», соответствующая объёму информации, принятому за единицу (μ_0). Зависимости, полученные для каждого слушателя, совмещались на одном графике, рисунок 5.8.

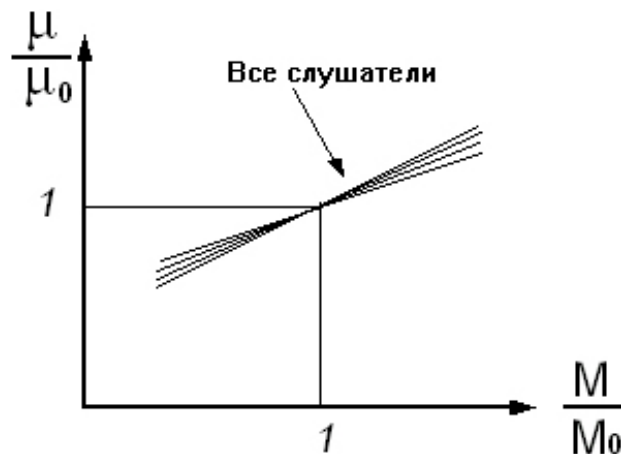


Рисунок 5.8 – Зависимость «времени осмысления» от объёма информации в относительных величинах

Прямая, усредняющая зависимости всех слушателей, принималась для учёта влияния объёма информации на «время осмысления» μ .

$$\mu = \mu_0 \cdot \left[\left(\frac{M}{M_0} - 1 \right) A_m + 1 \right], \quad (5.1)$$

где A_m учитывает наклон усредняющей прямой.

A_m – это безразмерный коэффициент наклона прямой $\frac{\mu}{\mu_0} = f\left(\frac{M}{M_0}\right)$

Для нахождения величины μ_0 использовались результаты, полученные слушателями при оценке информации с объёмом M_0 . Полученные значения μ разделены на 6 интервалов (в квалиметрии знаний [95, 157] рекомендуется не менее 5 и 6 считается допустимым). По вертикальной шкале отложено относительное количество слушателей ($n/\sum n$), ответ которых приходится на один из выделенных интервалов μ , рисунок 5.9.

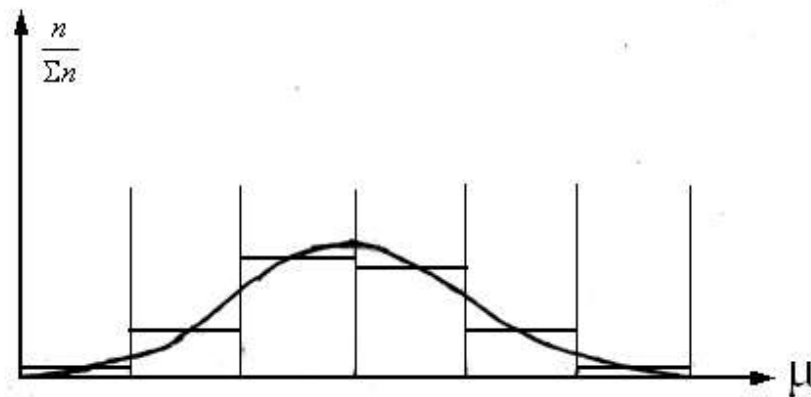


Рисунок 5.9 – График функции: время подготовки слушателем ответа на конкретный вопрос

В результате получаем график функции распределения. Используя один из стандартных методов определения закона распределения по полученному графику [157], убеждаемся в том, что полученная зависимость соответствует закону нормального распределения. Полученный результат естественен, так как физиолого-психологические особенности слушателей распределены по закону нормального распределения. Стандартным способом определяются параметры распределения μ_{cp} и σ .

С использованием формулы (5.1) скорректированы временные интервалы в АОК и компьютерных тренажёрах.

Аналогичный приём был использован для определения времени, необходимого для изучения отдельных разделов АОК и АОК в целом. Также определялось время, необходимое для освоения функциональных и ситуационных тренажёров. Результаты определения закладывались в план-график изучения АОК и освоения тренажёров.

5.2.2. Методическое обеспечение процессов обучения, повышения квалификации и аттестации лётного состава в авиационных учебных центрах

За основу для разработки рабочих программ по всем разрешённым АУЦ направлениям деятельности, ориентированным на использование разработанных компьютерных продуктов (АОК, компьютерных тренажёров, комплексного лётного тренажёра), были приняты «Типовые программы» дополнительного профессионального образования и курсов повышения квалификации (КПК) авиационного персонала ГА РФ, утвержденные Росавиацией по указанным направлениям деятельности, гармонизированные с аналогичными документами ИКАО. Периодичность КПК установлена не реже одного раз в два года. В программу КПК включены следующие дисциплины:

1. Воздушное право.
2. Возможности человека.
3. Навигация.
4. Метеорология.
5. Эксплуатационные правила.
6. Аварийно-спасательная подготовка.

7. Авиационная связь.

По каждой дисциплине был создан АОК и была разработана Программа изучения дисциплины с помощью АОК. Программы также прошли утверждение в Росавиации, в связи с чем их следует признать сертифицированными.

Важным этапом поддержания профессионального мастерства летного состава является периодическое прохождение тренажерной подготовки на летном комплексном тренажере. Лётный состав, выполняющий полёты на вертолётах Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ проходит ежеквартальные тренировки в объёме 3-х часов, что в итоге составляет 12 тренировочных часов в год.

Разработанная в АУЦ ОАО «СПАРК» программа проведения предназначена для совершенствования профессиональной подготовки лётного состава производственных подразделений и учебных заведений на комплексном тренажёре вертолёта Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ в процессе ежеквартальной тренировки. Программа содержит объём тренировки и рекомендации инструктору по рациональным методам организации и проведения тренировки, включая предполётную подготовку, оценку результатов тренировки и оформление документации.

Программа применяется при проведении:

- ежеквартальной тренировки лиц лётного, командно-лётного и инструкторского состава для поддержания необходимого уровня профессиональной подготовки;
- тренировки перед прохождением лётной проверки при продлении срока действия лётного свидетельства;
- тренировки при перерыве в полётах (лётной работе);
- тренировки при повышении в классе.

Основными целями данной Программы являются:

- обеспечение единой системы в организации и методике тренировки;
- достижение высокой профессиональной подготовки экипажей путем совершенствования технологии работы членов экипажа, отработки действий экипажа в особых случаях полёта.

Тренажёр как техническое средство повышения уровня профессиональной подготовки и поддержания навыков лётного состава позволяет:

- снизить себестоимость профессиональной подготовки лётного состава;
- сократить непроизводительные затраты авиационного топлива;
- улучшить условия воздушного движения в зонах аэродромов;
- обеспечить максимальный уровень безопасности при обучении и тренировке;
- повысить качество подготовки лётного состава за счёт расширения объема и методических возможностей тренировки по действиям в особых (сложных и аварийных) ситуациях полёта.

Перед прохождением тренировки проводится *наземная подготовка* инструктором тренажёра. Цель наземной подготовки: углубить и закрепить знания экипажа в области РЛЭ вертолёта, “Инструкции по взаимодействию и технологии работы экипажа вертолота”, умение производить необходимые навигационные расчеты при подготовке и выполнении полета (*Время – 2 часа*). *Учебные пособия* включают: РЛЭ вертолёта, Инструкция по взаимодействию и технология работы экипажа вертолёта, методические указания по проведению тренировки на тренажёре, плакаты, схемы, графики и другие наглядные учебные пособия.

Предполетная подготовка проводится в полном составе экипажа под руководством командира вертолёта с использованием НПП ГА, РЛЭ вертолёта, инструкции по производству полётов на конкретном аэродроме, справочной литературы, компьютерных программ, сборника рекомендаций по действиям экипажа в сложных и аварийных ситуациях.

Инструктор тренажёра знакомится с прибывшим на тренировку экипажем, проводит анализ ошибок, допущенных этим экипажем в предыдущих тренировках, ставит экипажу задачу на предполётную подготовку по условиям данного дня, сезона.

В соответствии с поставленной задачей, учитывая производственный опыт экипажа, индивидуальные качества членов экипажа, инструктор объясняет порядок проведения предполётной подготовки, выполнения тренировки, указывает, какими

материалами и документами при подготовке и в полёте может воспользоваться экипаж, а также использует материалы информации по безопасности полётов. В заключение предполётной подготовки инструктор проводит контроль готовности экипажа.

При выполнении тренировки члены экипажа занимают свои рабочие места в кабине тренажёра, инструктор – за пультом управления. Тренируемый экипаж проводит подготовку в кабине в соответствии с РЛЭ и технологией работы. Инструктор тренажёра на пульте управления вводит условия для выполнения задания, контролирует действия экипажа. После окончания лётной тренировки и проведения послеполетного разбора инструктор тренажёра должен записать в задании на тренировку: дату, номер упражнения, налёт часов, количество полётов, замечания, ошибки и отклонения, оценку по пятибалльной системе, роспись инструктора. При этом записываются замечания, ошибки и отклонения.

Содержание Учебных блоков (УБ) КПК представлено в таблице 5.2.

Таблица 5.2 – Содержание Учебных блоков КПК

Периодичность УБ	Содержание УБ включает:
Однократно	теоретическую подготовку к полетам в условиях RVSM и RNP, включая сдачу экзамена до начала выполнения полетов в указанных условиях на вновь освоенном типе воздушного судна, если планируется осуществлять полеты в условиях RVSM и RNP
6 месяцев (не реже одного раза в течение последовательных 7 месяцев)	теоретическую подготовку к выполнению нормальных процедур выполнения полетов и к действиям в аварийных ситуациях, включая сдачу экзамена, и тренировку на летном тренажере, включая проверку;
12 месяцев (не реже одного раза в течение последовательных 12 месяцев)	подготовку по аварийно-спасательному оборудованию воздушного судна и тренировку процедур аварийной эвакуации на суше; теоретическую подготовку к выполнению полетов в особых условиях, включая сдачу экзамена; теоретическую подготовку к выполнению полетов в условиях сдвига ветра, включая сдачу экзамена, и тренировка на летном тренажере, включая проверку; теоретическую подготовку к выполнению маневров и действий при срабатывании систем предупреждения о близости земли, включая сдачу экзамена, и тренировка на летном тренажере, включая проверку;

Продолжение таблицы 5.2

Периодичность УБ	Содержание УБ включает:
	теоретическую подготовку к выполнению маневров и действий при срабатывании БСПС, включая сдачу экзамена, и тренировку на летном тренажере, включая проверку, если планируется осуществлять полеты, на воздушных судах, оборудованных БСПС; тренировку на летном тренажере по сценарию обстановки реального полета по маршруту; теоретическую подготовку по знанию систем воздушного судна и умению определять его летные характеристики, включая сдачу экзамена; теоретическую подготовку к выполнению полетов КВС с правого пилотского сидения, включая сдачу экзамена, тренировку на летном тренажере или на воздушном судне, включая проверку КВС, если выполнение таких полетов предусмотрено в РПП; теоретическую подготовку к выполнению заходов на посадку и посадок в условиях II/III категории ИКАО и взлетов при видимости на ВПП менее 400 м, включая сдачу экзамена, и тренировку на летном тренажере, включая проверку, если планируется выполнять взлеты и посадки в указанных условиях; оценку управления ресурсами кабины экипажа воздушного судна на тренажере и на воздушном судне;
24 месяца (не реже одного раза в течение последовательных 24 месяцев)	подготовка по перевозке опасных грузов, включая сдачу экзамена, если планируется осуществлять перевозку опасных грузов; тренировку процедур аварийной эвакуации на воде, если планируется осуществлять полеты над водными объектами, при полетах над которыми необходимо иметь оборудование, предусмотренное пунктом 2.18.4 настоящих Правил;
32 месяца (не реже одного раза в течение последовательных 32 месяцев)	теоретическую подготовку и тренировку по выводу воздушного судна из сложного пространственного положения, предсрывных режимов, режима сваливания; подготовку в области авиационной безопасности; тренировку на летном тренажере по отказам всех систем, не относящимся к аварийной ситуации, включая проверку; теоретическую подготовку и тренировку по управлению ресурсами кабины экипажа воздушного судна

Размещённые на шкале времени все УБ образуют индивидуальный график прохождения пилотом полного цикла курса повышения квалификации, рисунок 5.10.

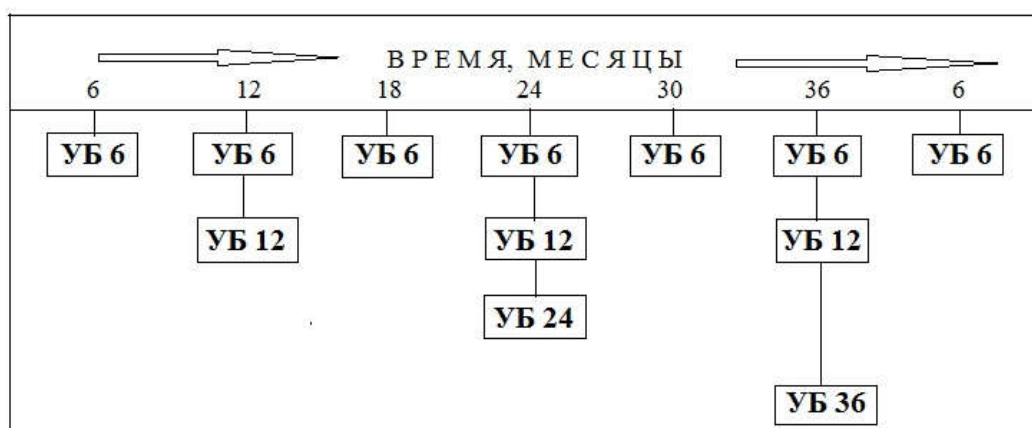


Рисунок 5.10 – Календарный (индивидуальный) график прохождения КПК

Распределение учебных Программ по Учебным блокам приведено в таблице 5.3.

Таблица 5.3 – Учебные программы КПК

Периодичность	Программы, входящие в УБ, включают:
Однократно	Теоретическую подготовку к полетам в условиях RVSM и RNP, включая сдачу экзамена до начала выполнения полетов в указанных условиях на вновь освоенном типе воздушного судна, если планируется осуществлять полеты в условиях RVSM и RNP
6 месяцев (не реже одного раза в течение последовательных 7 месяцев)	теоретическую подготовку к выполнению нормальных процедур выполнения полетов и к действиям в аварийных ситуациях, включая сдачу экзамена, и тренировку на летном тренажере, включая проверку;
12 месяцев (не реже одного раза в течение последовательных 12 месяцев)	подготовку по аварийно-спасательному оборудованию воздушного судна и тренировку процедур аварийной эвакуации на суше; теоретическую подготовку к выполнению полетов в особых условиях, включая сдачу экзамена; теоретическую подготовку к выполнению полетов в условиях сдвига ветра, включая сдачу экзамена, и тренировка на летном тренажере, включая проверку; теоретическую подготовку к выполнению маневров и действий при срабатывании систем предупреждения о близости земли, включая сдачу экзамена, и тренировка на летном тренажере, включая проверку; теоретическую подготовку к выполнению маневров и действий при срабатывании БСПС, включая сдачу экзамена, и тренировку на летном тренажере, включая проверку, если планируется осуществлять полеты, на воздушных судах, оборудованных БСПС;

Продолжение таблицы 5.3

Периодичность	Программы, входящие в УБ, включают:
	тренировку на летном тренажере по сценарию обстановки реального полета по маршруту; теоретическую подготовку по знанию систем воздушного судна и умению определять его летные характеристики, включая сдачу экзамена; теоретическую подготовку к выполнению полетов КВС с правого пилотского сидения, включая сдачу экзамена, тренировку на летном тренажере или на воздушном судне, включая проверку КВС, если выполнение таких полетов предусмотрено в РПП; теоретическую подготовку к выполнению заходов на посадку и посадок в условиях II/III категории ИКАО и взлетов при видимости на ВПП менее 400 м, включая сдачу экзамена, и тренировку на летном тренажере, включая проверку, если планируется выполнять взлеты и посадки в указанных условиях; оценку управления ресурсами кабины экипажа воздушного судна на тренажере и на воздушном судне;
24 месяца (не реже одного раза в течение последовательных 24 месяцев)	подготовка по перевозке опасных грузов, включая сдачу экзамена, если планируется осуществлять перевозку опасных грузов; тренировку процедур аварийной эвакуации на воде, если планируется осуществлять полеты над водными объектами, при полетах над которыми необходимо иметь оборудование, предусмотренное пунктом 2.18.4 настоящих Правил;
32 месяца (не реже одного раза в течение последовательных 32 месяцев)	теоретическую подготовку и тренировку по выводу воздушного судна из сложного пространственного положения, ожидаемых с режимов, режима сваливания; подготовку в области авиационной безопасности; тренировку на летном тренажере по отказам всех систем, не относящимся к аварийной ситуации, включая проверку; теоретическую подготовку и тренировку по управлению ресурсами кабины экипажа воздушного судна;

Структура учебных планов переучивания пилотов на вертолёт семейства Ми-8 одинакова для всех вариантов переучивания и представлена 4-мя блоками, рисунок 5.11.

Блок дисциплин, не связанных с конкретным типом вертолёта сопровождается автоматизированным обучающим курсом, разрабатываемым по каждой дисциплине. По всем дисциплинам блока проводится автоматизированный тестовый контроль.

Блок теоретических дисциплин для изучения устройства вертолёта, функциональных систем и АиРЭО и компьютерных тренажёров предусмотрен для

освоения процедур по их управлению в штатных и нештатных условиях. Данный блок завершается автоматизированным контролем знания теоретического материала и освоения компьютерных тренажёров.



Рисунок 5.11 – Структура учебных планов переучивания пилотов на вертолёт семейства Ми-8

Блок тренажёрной подготовки реализуется по разработанной программе на комплексном лётном тренажёре. По результатам контрольного полёта на тренажёре выставляется оценка.

Блок тренировочных полётов с инструктором на вертолёте завершает подготовку. Тренировочные полёты выполняются как на вертолётах ОАО «СПАРК», так и на вертолётах других авиакомпаний с пилотами-инструкторами АУЦ ОАО «СПАРК» или с пилотами-инструкторами авиапредприятия, прошедшими специальную подготовку в АУЦ ОАО «СПАРК».

Перечень дисциплин в блоке и объём их содержания зависят от предыстории обучения конкретного пилота. Например, пилот самолёта, впервые осваивающий вертолёт Ми-8МТВ, «летает» на комплексном лётном тренажёре Ми-8МТВ 14 часов. В то время, как пилот, уже летающий на вертолёте Ми-8Т, «летает» на

комплексном лётном тренажёре Ми-8МТВ всего 4 часа. Для таких пилотов и объём дисциплин по изучению устройства вертолётта также меньше.

Перечень дисциплин, не связанных с конкретным типом вертолётта, включает:

- аварийно-спасательная подготовка;
- безопасность полетов и предотвращение авиационных происшествий;
- воздушная навигация;
- авиационная метеорология;
- общие правила организации и эксплуатации ВС;
- материалы по человеческому фактору в объеме рекомендуемой практики

ICAO с элементами знаний CRM.

Если пилот при предыдущем переучивании изучал какие-либо из перечисленных дисциплин и срок действия этого изучения не закончился, пилот освобождается от изучения этих дисциплин. Для оставшихся дисциплин составляется индивидуальный график работы с АОК этих дисциплин. Время, отводимое для изучения дисциплин, берётся по норме, определённой по результатам работы с АОК предыдущих обучаемых.

После прохождения теоретического обучения с использованием АОК и компьютерных тренажёров слушатели сдают экзамены (тесты) с использованием системы автоматизированного компьютерного контроля знаний. После успешной сдачи экзамена слушатели допускаются к тренажёрной подготовке.

Тренажёрная подготовка проводится на лётном тренажёре вертолётта Ми-8МТВ (Ми-8АМТ) (далее КТВ Ми-8МТВ) по специальной программе. Программа тренажёрной подготовки слушателей является документом, определяющим объём и последовательность обучения.

Основными целями тренажёрной подготовки на КТВ Ми-8МТВ являются:

- закрепление приобретенных при теоретической подготовке навыков летной эксплуатации различных вертолетных систем и агрегатов в ожидаемых (нормальных) условиях, а также при возникновении сложных и аварийных ситуаций в полете;

- отработка взаимодействия членов экипажа на отдельных этапах полета с использованием различных посадочных систем и навигационных комплексов;
- выработка у лётного состава профессиональных навыков управления вертолетом и его системами в соответствии с требованиями РЛЭ;
- оценка степени обученности лётного состава, выявление характерных ошибок и путем систематических тренировок устранение их;
- подготовка к лётной программе при переподготовке на вертолёты Ми-8МТВ, Ми-8АМТ.

Тренировка на тренажёре вертолётa проводится в полном (учебном) составе экипажа (два пилота-слушателя и бортмеханик-слушатель). Тренировку на тренажёре вертолётa слушатели проходят под руководством инструкторов тренажёра, которые осуществляют процесс обучения в соответствии с данной программой. Инструктор исполняет и роль диспетчера управления воздушным движением. Программа тренажёрной подготовки на КТВ Ми-8МТВ составлена в логической последовательности обучения. Каждое упражнение программы состоит из трех частей: наземная подготовка (инструктаж) (1 час), лётная тренировка (2 часа), послеполётный разбор (30 мин).

Общий объём летной тренировки на тренажере при подготовке с самолётов на Ми-8МТВ, Ми-8АМТ составляет - **14 часов** (упражнения 1-7).

При переподготовке летного состава с вертолета Ми-8Т на Ми-8МТВ, Ми-8АМТ общий объем летной подготовки на тренажере составляет – **4 часа** (упражнения 8-9).

Перед каждым упражнением слушатели заранее знакомятся с программой каждого упражнения и проводят самостоятельную теоретическую подготовку. Как правило, материал самостоятельного изучения может не обсуждаться с инструктором. Перед каждым упражнением слушатели должны самостоятельно изучить (повторить) соответствующие разделы Руководства по летной эксплуатации (РЛЭ) или другого учебного пособия, как указано в программе упражнения, а затем пройти компьютерный контроль знаний. Инструктор перед

каждым упражнением предоставляет слушателям исходные данные для предполетного расчета, маршрут и профиль полета, а также информацию о погоде. После выполнения упражнения инструктор проводит разбор, анализируются ошибки, их причины и способы устранения. Определяются задачи для следующего упражнения. Каждое упражнение тренажерной подготовки должно быть отработано до полного усвоения. В случае, если одно из упражнений слушатель усваивает на оценку “3”, инструктор тренажера имеет право увеличить объем тренировки по данному упражнению до 50%. Дополнительная тренировка представляется в установленные инструктором день и время.

Завершив тренировку на тренажере, слушатель должен:

- **знать:** требования РЛЭ; технологию работы членов экипажа; порядок действия и распределение внимания на всех этапах полета; правила эксплуатации силовой установки, систем и оборудования вертолета на земле и в полете;
- **уметь:** грамотно проверять и эксплуатировать системы и оборудование вертолета; пилотировать вертолёт на всех этапах полета; правильно действовать в сложных и аварийных ситуациях.

В заключение тренажерной подготовки проводится зачетный полет с выставлением оценки по пятибалльной системе. При оценке не ниже “4” слушатель допускается к лётному обучению. По завершении летной тренировки на тренажере инструктор тренажера делает выводы в задании на тренировку и в акте проверки техники пилотирования.

В Приложении П.1 приведён пример программы для одного из упражнений на тренажёре Ми-8МТВ.

После прохождения тренажёрной подготовки слушатели допускаются **к лётной тренировке.**

При получении неудовлетворительных оценок по теоретическим дисциплинам (хотя бы по одной) или при прохождении тренажерной подготовки слушатель не допускается к летной подготовке. В случае получения неудовлетворительной оценки по летной подготовке слушатель не получает свидетельство.

В случае успешного прохождения всей программы подготовки слушатель получает свидетельство об окончании переучивания.

Утверждением рабочих Программ по всем разрешённым видам деятельности АУЦ завершается сбором разрешительных документов: Сертификат с перечнем разрешённых АУЦ видов образовательной деятельности; Сертификат на тренажёр вертолёт Ми-8МТВ (АМТ) с разрешением использования его для тренировок членов экипажей вертолёт Ми-8МТВ; Рабочие программы, утверждённые Росавиацией (Приложения П.1, П.2).

Наличие перечисленных документов означает, что АУЦ «СПАРК» получил право проводить с экипажами вертолёт российских авиакомпаний разрешённые виды образовательной деятельности с использованием разработанных им компьютерных продуктов.

5.3. Особенности организации тренажерной подготовки на основе моделирования процессов эксплуатации вертолёт в нестандартных условиях

5.3.1. Моделирование процессов обучения в условиях сложных и аварийных ситуаций в полёте. Процедуры самоконтроля

В дисплейных (экранных) ситуационных тренажёрах тренаж (контроль, самоконтроль) проводится путём представления пилоту-слушателю информационной картины особых случаев полёта, перечисленных в РЛЭ.

Порядок (последовательность) представления особых случаев полёта должен обеспечить, с одной стороны, максимальную информационную адекватность

реальному полёту. С другой стороны, должны быть обеспечены обычные качества учебного процесса: интерес, длительность, ясность оценки и прочие.

Вербальное описание последовательности представления выглядит следующим образом. Имеется сессия, то есть несколько вариантов особых случаев полёта, вызванных появлением в полёте различных отказов технических устройств. На экране компьютера воспроизводится информационная картина отказа путём изменений показаний соответствующих приборов, выведенных на экран компьютера. Пилот-слушатель по изменениям этих показателей должен идентифицировать отказ, выполнить рекомендуемые РЛЭ действия и по их результатам принять рекомендуемые РЛЭ решения о дальнейшем полёте. Возможны две оценки его действий: справился с конкретным особым случаем или не справился. В дальнейшем, для краткости, вышеописанное будем называть сценарием, и обозначать *Sc*.

Итак, имеется множество *Sc* из *N* сценариев, которые последовательно надо предложить слушателю. Для приближения учебных условий к реальным условиям полёта слушатель не должен знать или хотя бы догадываться, какой сценарий ему будет предложен. Все данные, которые являются исходными при организации реализации, и полученные результаты объединим в единое для всех реализаций рабочее множество *WSet* (Working Set). В качестве подмножеств в него войдут: множество вероятностей предъявления сценариев *Pr*, множество номеров реализованных сценариев *Num*, множество результатов реализации сценариев *Res*, т.е.

$$WSet = Pr + Num + Res. \quad (5.2)$$

Ниже приводится блок-схема алгоритма, реализующего описанную выше процедуру самоконтроля, и расшифровка блоков схемы, рисунок 5.12.

Рассмотрим содержание процедур математического моделирования процесса самоконтроля слушателя по основным этапам в соответствии со структурой обобщенной блок-схемы.

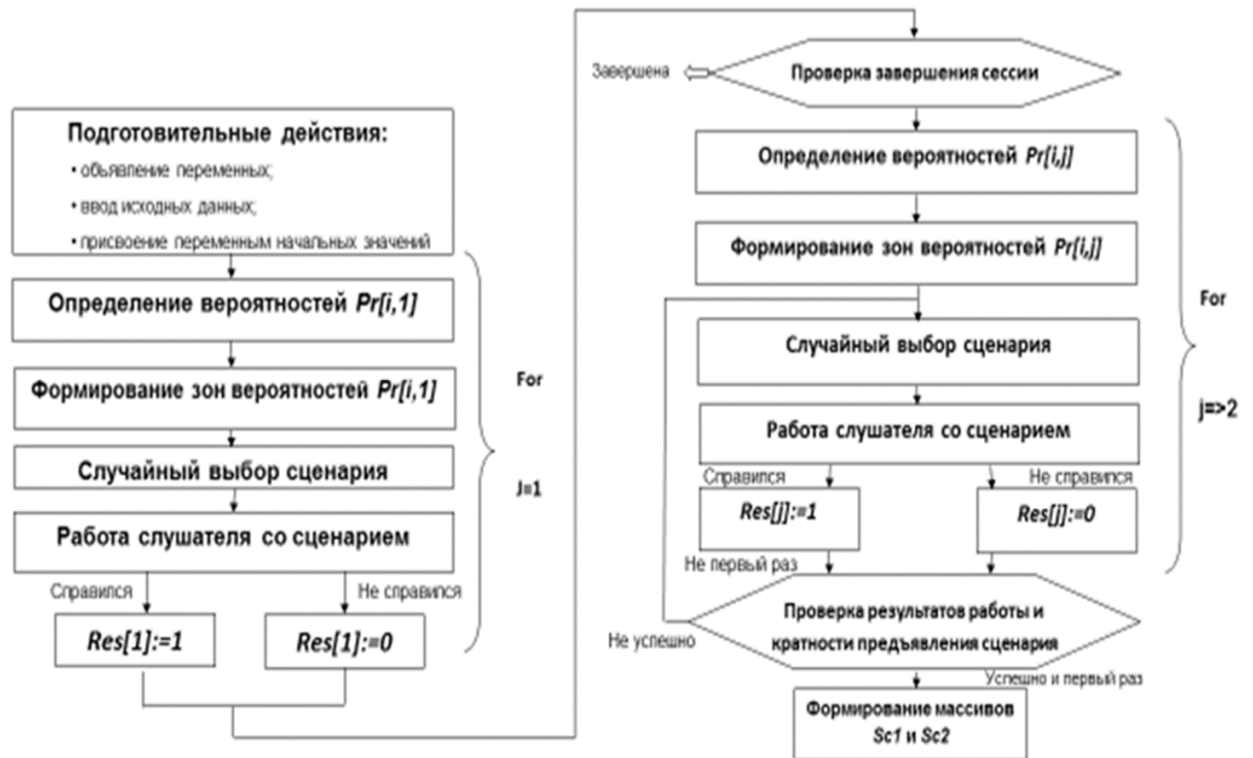


Рисунок 5.12 – Обобщённая блок-схема моделирования процедур самоконтроля слушателя для освоения действий по парированию аварийных и сложных полётных ситуаций

Первый этап. Подготовительные действия

А. Объявление переменных

а) Идентификаторы:

i, j – целые числа 1, 2, 3 и тд.

N – количество сценариев, включённых в сессию.

M – количество реализаций в сессии.

$Pr\ min$ – вероятность предъявления сценариев, с которыми слушатель успешно справился.

Ran – номер сценария, выбранный случайным образом.

L - количество элементов массива $Sc1[q]$ (меняется в процессе сессии).

б) Массивы:

$Sc[1,2,3 \dots N]$ – номера сценариев, включённых в сессию.

$Sc1[q]$ – номера сценариев q , с которыми слушатель успешно справился.

Количество элементов этого массива L меняется в процессе сессии.

$Sc2=Sc - Sc1$ – номера сценариев, которые либо ещё не предъявлялись, либо предъявлялись (пусть даже многократно) но, слушатель ни разу с ними не справился.

$Num[j]$ – номер сценария в j -той реализации.

$Res[j]$ – результат работы слушателя со сценарием в j -той реализации.

$Pr[i,j]$ – вероятность предъявления i -того сценария в j -той реализации.

Массивы суммируются в один $WSet = Pr+Num+Res$ и представляются в виде матрицы

	$i=1$	$i=2$	$i=3$	$i=4$	...	...	$i=N+2$
$j=1$	$Num[j]$	$Res[j]$	$Pr[i,j] \quad i=\{3,4,\dots N+2\}$				
$j=2$							
$j=3$							
...							
...							
$j=M$							

Б. Ввод исходных данных

К числу исходных данных относятся: $N, Pr \min, Sc[1,2,3 \dots N]$.

В. Присвоение начальных значений

$j = 1, L = 0$.

Второй этап. Определение вероятностей $Pr[I,J]$

a) For $j=1$

При первом предъявлении все сценарии имеют одинаковые вероятности их предъявления

$$Pr[3,1] = Pr[4,1] = Pr[5,1] = \dots = Pr[N+2,1] = 1/N \quad (5.3)$$

б) For $j > 1$

Сценарии делятся на две группы:

1-я группа – сценарии, которые были предъявлены слушателю, и он с ними справился;

2-я группа – либо те сценарии, которые ещё не предъявлялись, либо предъявлялись но, слушатель ни разу с ними не справился.

1-я группа формирует массив $Sc1[q]$ длиной L , **2-я группа** – массив $Sc2 = Sc - Sc1$.

Значения вероятностей предъявления для всех сценариев одинаковы и определяются по формулам вида:

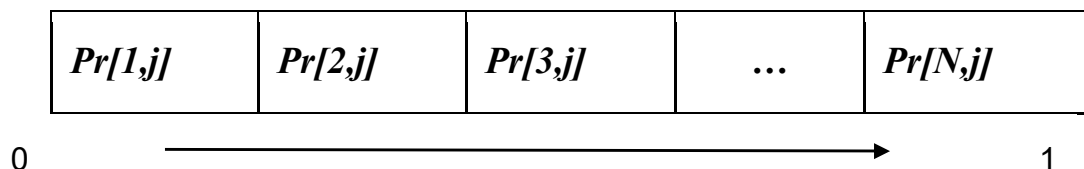
для 1-й группы - $Pr[Sc1[q]] = Pr \min L$, где $q = \{1, 2, \dots, L\}$;

для 2-й группы - $Pr[Sc2[q]] = (1 - Pr \min)(N - L)$, где $q = \{1, 2, \dots, N - L\}$.

Третий этап. Формирование зон вероятностей $Pr[i, j]$

Для любой реализации в сессии $\sum_{i=1}^N Pr[i, j] = 1$.

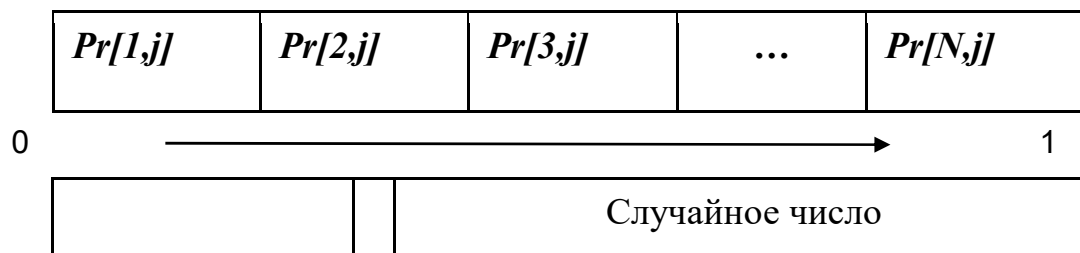
Суть формирования зон вероятностей предъявления сценариев состоит в размещении вероятностей в естественном порядке на интервале $0 \dots 1$. Наглядная графическая интерпретация имеет вид



Четвертый этап. Случайный выбор сценария

Во всех языках программирования имеются процедуры, которые генерируют случайное (псевдослучайное) вещественное число в диапазоне от 0 до 1. Совмещение этого случайного числа с зонами вероятностей позволяет выбрать случайным образом

сценарий для предъявления в реализации. Наглядная графическая интерпретация случайного выбора сценария №2 приведена ниже ($Ran = 2$).



Пятый этап. Работа слушателя со сценарием

Сценарий - это информационная картина какого-либо процесса, протекающего с отклонением от нормы вследствие возникающего повреждения. Задача слушателя-пилота – наблюдать за течением процесса, обнаруживать отклонение от нормы и действовать в соответствии с рекомендациями РЛЭ.

Все сценарии реализуются в рамках «Дисплейных тренажёров» и группируются в 6 сессий:

1. Основные двигатели – 14 сценариев с отклонениями при запуске;
2. ВСУ – 7 сценариев с отклонениями при запуске;
3. ФС – 7 сценариев с отклонениями;
4. Пилотажно-навигационное оборудование – 4 сценария с отклонениями;
5. Сложные ситуации – 15 сценариев;
6. Аварийные ситуации – 7 сценариев.

За действия и принимаемые решения, не соответствующие РЛЭ, слушателю начисляются штрафные баллы.

В зависимости от количества набранных штрафных баллов делается заключение: **СПРАВИЛСЯ** или **НЕ СПРАВИЛСЯ**.

Шестой этап. Проверка результатов работы и кратности предъявления сценария

Цель проверки – определить, к какой группе относится предъявленный слушателю сценарий: к группе ранее предъявляемых сценариев и успешно выполненных или к группе предъявляемых впервые.

До выполнения проверки кратности предъявления сценария в предыдущих блоках программы определяются значения $j, L, Ran, Res[j]$ и формируются массивы $Sc1, Sc2$.

Возможны два варианта предыдущих реализаций:

Если $L = 0$, и равенство $Res[j] = 0$ – слушатель с заданием не справился.

Если $L > 0$ и равенство $Res[j] = 1$ – слушатель с заданием справился.

Дальнейшие действия зависят от состава массивов, которые при необходимости переформируются.

Далее производится пересчёт вероятностей, формируются новые зоны, случайным образом выбирается сценарий и предъявляется слушателю, (см. рисунок 5.12).

Седьмой этап. Проверка завершения

Условия завершения сессии:

а) слушателю предъявлялись все сценарии, при этом $Sc1 = N (L = N)$.

Если $L < N$, то вступает в силу **условие**, при котором один и тот же сценарий предъявлялся три раза, и слушатель все три раза с ним не справлялся. Это условие проверяется в результате анализа элементов двух массивов:

$Num[j]$ – номер сценария в j -той реализации;

$Res[j]$ – результат работы слушателя со сценарием в j -той реализации.

б) если наблюдается условие $Res[j] = 0$, то сессия продолжается.

в) после завершения результаты сессии выводятся в виде таблицы 5.4.

Таблица 5.4 – Результат сессии

Номер сценария	1	2	3	4		$N-1$	N
Количество предъявлений	1	2	- (0)	3		2	3
Количество успешных решений	1	0	- (0)	0		2	3
Количество неудач	0	2	- (0)	3		0	0

5.3.2. Модернизация тренажёра для решения лётных задач при выполнении авиационных работ общего назначения.

Расширение области применения

Разработанные и используемые в настоящее время комплексные лётные тренажёры семейства Ми-8 ориентированы в основном на трассовые полеты и позволяют совершать полеты по выполнению только некоторых видов авиационных работ и, иногда, не в полной мере. К сожалению, эти тренажёры не позволяют проводить специальную тренажёрную подготовку, необходимую для получения допуска ко всем видам авиационных работ.

Потребности в подготовке пилотов к выполнению различного вида авиационных работ существенно и постоянно нарастают, так как в настоящее время многие работы в промышленности и в сельском хозяйстве могут выполняться только с применением вертолетов. К авиационным работам (АР) общего назначения относятся следующие виды:

- авиационно-химические работы;
- воздушные съемки;
- лесозащитные работы;
- строительно-монтажные и погрузочно-разгрузочные работы;
- транспортно-связные работы;
- АР в Арктике, Антарктике, на островах открытых морей и океанов;
- АР, проводимые с морских судов и морских буровых установок;
- АР с целью проведения санитарных мероприятий;
- АР экспериментального и научно-исследовательского характера.

Для выполнения АР действующие пилоты должны проходить специальную подготовку и получать допуск на выполнение конкретного вида АР.

В то же время достигнутый уровень развития вычислительной техники создал предпосылки для разработки тренажёров, практически для всех видов АР. В этой связи, экономически оправданным является вариант доработки (модернизации) уже существующих комплексных летных тренажеров с неподвижной кабиной и современной системой визуализации. На сферических экранах таких тренажёров имитируется визуальная обстановка в необходимых для выполнения большинства видов АР зонах обзора: 210° по горизонтали и 60° по вертикали.

В настоящее время по многим видам АР ведутся интенсивные исследования, результаты которых опубликуются в печати, в частности, по различным аспектам динамики системы «вертолёт – груз на внешней подвеске» [12, 31, 33, 37, 67, 68, 69, 70, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 196]. Большое количество работ посвящено таким видам работ как пожаротушение с помощью вертолётов [32, 34, 35, 36, 127, 166, 167, 197].

Начальный этап модернизации – это разработка математических моделей новых процессов и «встраивание» их в функционирующую математическую модель тренажёра.

Основными направлениями модернизации тренажёрной техники следует считать:

- создание на тренажёре обзора, соответствующего реальному обзору, необходимому экипажу для выполнения конкретного вида АР;
- корректировка математической модели движения вертолёта путём включения в неё дополнительных уравнений, описывающих взаимосвязи – «вертолёт – ФС и оборудование», участвующих при проведении конкретных видов АР;
- доработка имеющихся и создание новых сцен, характерных для конкретных видов АР;
- разработка программы упражнений по выполнению каждого конкретного вида АР;
- разработка нормативных и методических документов, регламентирующих технологию работы тренажёров при обучении.

Информационная картина полёта (то, что пилот видит по приборному оборудованию) и визуальная картина полёта (то, что пилот наблюдает через остекление

– положение и перемещение вертолѐта в пространстве) взаимно увязаны. Однако модернизировать информационную и визуальную картину полѐта целесообразно производить отдельно, учитывая, что указанные картины взаимоувязаны.

Таким образом, информационную картину возможно имитировать на компьютерных тренажѐрах, а визуальную картину, естественно, совместно с информационной картиной, только на лѐтном комплексном тренажѐре.

Выводы по главе 5

1. Созданный комплект компьютерных программных продуктов и технических средств обучения апробирован в учебном процессе АУЦ ОАО «СПАРК». Для всех видов профессиональной подготовки пилотов разработаны тематические планы и календарные план-графики. План-графики разработаны как для индивидуальных занятий на компьютерах, подключѐнных к локальной сети АУЦ, так и для групповых занятий в аудиториях с возможностью вывода на настенный экран фрагментов АОК и КФТ.

В план-графиках методически обоснованная последовательность перехода от компьютерных обучающих курсов к дисплейным и экранным тренажѐрам и далее к комплексному лѐтному тренажѐру.

2. На основе многолетнего профессионального обучения значительного по количеству слушателей-пилотов в АУЦ скорректированы ранее разработанные методические документы и компьютерные программы. В частности, практика использования КЛТ с неподвижной кабиной в полной мере подтверждает его достаточность для первоначальной подготовки и периодических тренировок пилотов гражданских вертолѐтов семейства Ми-8.

3. Разработанный комплект компьютерных программных продуктов и технических средств обучения адаптирован и к ранее действующим другим организационным формам обучения, а именно, путем переноса индивидуальных занятий с обучающими программами и компьютерными тренажѐрами на территорию авиакомпаний с контролем качества подготовки в АУЦ в период тренировочных полѐтов на КЛТ, а также путем организация обучения пилотов через сеть Интернет.

4. Разработанный комплект компьютерных продуктов для контроля и самоконтроля освоения компьютерных тренажёров, применительно к сложным и аварийным ситуациям, позволяет проводить контрольные операции в условиях, близких к реально выполняемым полётам.

Глава 6. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СОЗДАНИЯ И ВНЕДРЕНИЯ СИСТЕМЫ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ ПИЛОТОВ ВЕРТОЛЁТОВ

Гражданская авиация – отрасль повышенной социальной ответственности. Главным требованием в гражданской авиации является обеспечение безопасности полётов. Обеспечение безопасности полётов невозможно без качественной подготовки квалифицированного лётного состава. Выполнение данного требования предусматривает комплекс мероприятий для поддержания и контроля уровня профессиональной квалификации членов лётного экипажа вертолёта. Однако, требуемый комплекс мероприятий требует значительных материальных затрат, объём которых может быть определен путём решения оптимизационных задач как на отраслевом уровне, так и в рамках авиакомпаний ГА РФ [98, 99].

6.1. Содержание мероприятий и оценка экономических затрат на их реализацию в рамках системы подготовки лётных экипажей вертолётот

Содержание, периодичность, последовательность и порядок проведения образовательных мероприятий по профессиональной подготовке лётного состава определены нормативными документами Росавиации и рекомендациями ИКАО [213, 221]. Мероприятия, направленные на поддержание и повышение лётной квалификации экипажей вертолётот, планируются с учётом календарного времени и налёта пилота, при этом, часть мероприятий проводится в условиях АУЦ, а

другая часть – непосредственно в авиапредприятии. Схема планирования мероприятий по календарному времени и налёту представлена на рисунке 6.1.

После окончания лётного училища и получения свидетельства пилота вертолёт или после переучивания на вертолёт, если пилот уже имел свидетельство пилота вертолёт или самолёта, пилот в авиакомпании осваивает программу А-1 ввода в строй 2-м пилотом, после чего получает право на выполнение производственных полётов.

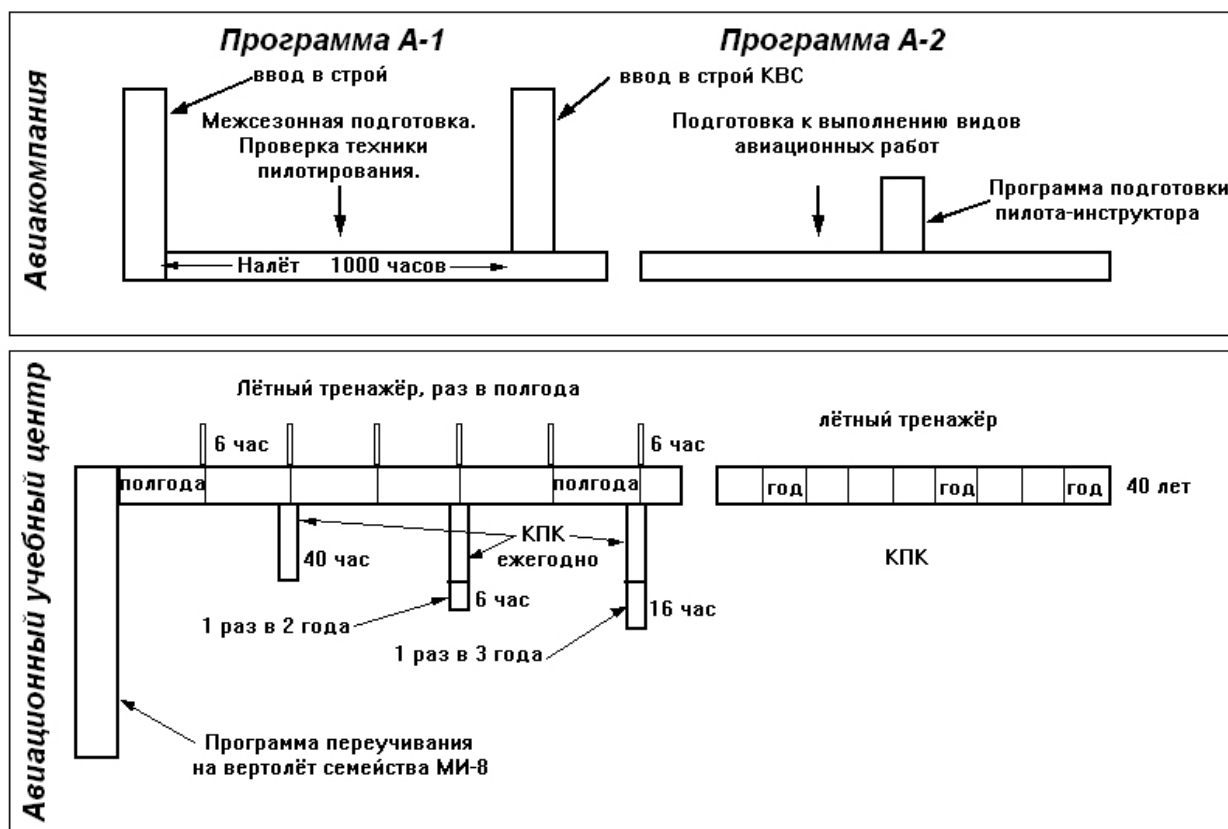


Рисунок 6.1 – Мероприятия по поддержанию и повышению лётной квалификации экипажей вертолёт

После определённого налёта пилот может быть допущен к выполнению программы А-2 ввода в строй командиром воздушного судна (КВС). Для пилотов, прибывших в авиакомпанию сразу после окончания лётного училища, планируется необходимый налёт, равный 1000 часов. Такой же налёт необходим вторым пилотам самолётов, прошедшим переподготовку на вертолёт. Для пилотов, прошедших переподготовку из числа вторых пилотов других типов вертолёт и

имеющих налёт не менее 1000 часов, требуемый налёт на вертолёте семейства Ми-8 составляет 500 часов. Такой же налёт необходим вторым пилотам, прошедшим переподготовку из числа командиров самолетов любых типов. Для пилотов, прошедших переподготовку из числа командиров вертолётных 2 и 3 классов, достаточен налёт в объёме 200 часов. И, наконец, необходимый налёт в объёме 50 часов устанавливается для командиров вертолётных, прошедших переподготовку с вертолётных 1-го класса и для командно-лётного, инспекторского, инструкторского состава, прошедшего переподготовку с других типов вертолётных, при этом они приступают к Программе А-2 без прохождения Программы А-1.

В случае необходимости КВС может получить квалификационные отметки, разрешающие выполнять определённые виды авиационных работ. Для этого КВС проходит соответствующие программы подготовки.

Командно-лётный и лётно-инструкторский состав авиакомпании постоянно следит за качеством лётной деятельности пилотов путем выполнения регламентируемых нормативными документами мероприятий – межсезонной подготовки, контроля техники пилотирования и др. При выполнении производственных полётов, крайне редко встречаются сложные и аварийные ситуации, в связи с этим экипаж должен периодически тренироваться, закрепляя навыки по действиям в сложных и аварийных полётных ситуациях. Для этих целей нормативным документом [1-2] предусмотрено раз в полгода проводить тренировку экипажа на лётном тренажёре с современной системой визуализации в объёме 6 лётных часов. В этих полётах не только отрабатываются навыки действий в ситуациях, которые в производственных полётах обычно не встречаются, но проверяются и оцениваются действия экипажа в условиях, близких к условиям производственных полётов. Если обнаруживается недостаточный уровень лётной квалификации, пилот получает возможность дополнительных полётов. Таким образом, контролируется и поддерживается лётная квалификация пилотов в течение всего «профессионально-жизненного» цикла.

Также предусмотрен периодический контроль теоретических знаний пилотов и бортмехаников [212]. Один раз в год экипажи проходят курсы повышения

квалификации в объёме 40 часов. Один раз в два года добавляются 6 часов для изучения дополнительных тем и один раз в три года добавляется 16 часов. Одновременно на КПК пилоты и бортмеханики знакомятся с новыми документами, новыми технологиями и другими техническими рекомендациями.

Курсы повышения квалификации и тренировки на лётном тренажёре проводятся в сертифицированном АУЦ. Естественно, что все мероприятия, направленные на поддержание и повышение профессиональной квалификации членов экипажей, так же связаны с экономическими затратами. Стоимость услуг рассчитывается, исходя из средней стоимости одного часа теоретической подготовки и одного часа тренировочных полётов на лётном тренажёре.

Определить затраты авиакомпании на мероприятия, проводимые самой авиакомпанией по контролю и поддержанию лётной квалификации пилотов, затруднительно. Тем не менее, к затратам на образовательную деятельность в условиях авиакомпании, которые можно выделить из общих затрат, следует отнести:

- зарплату обучаемых за время теоретических занятий в учебных классах авиакомпании;
- затраты на контрольные и учебные полёты, если они не совмещены с производственными полётами;
- потери доходов авиакомпании в результате отвлечения от производственной деятельности пилотов на обучающие и контролирующие мероприятия.

Программы всех видов подготовки и контроля, проводимых в авиакомпании, размещаются в документе [175]. Для каждого вида подготовки определено количество часов теоретических занятий в учебном классе, количество учебных и контролирующих полётов, совмещённых с производственными полётами, и количество полётов, не совмещённых с производственными полётами.

По данным реестра Росавиации количество пилотов вертолётов семейства Ми-8 за последние несколько лет стабилизировалось: пилотов – 1100 чел.; бортмехаников – 500 чел.; всего – 1600 чел. (530 экипажей). Кроме этого, в силу естественных причин, происходит ежегодное движение пилотов авиакомпаний: прекращение работы – 35 пилотов; пополнение – 40 новых пилотов. В

авиакомпаниях новые пилоты осваивают программу А-1 ввода в строй и начинают работать вторыми пилотами. Примерно такое же количество вторых пилотов, налетавших нужное количество часов, осваивают программу А-2 и становятся командирами вертолётчиков. Часть пилотов, по отдельным причинам прекративших работу, назначаются пилотами-инструкторами с получением допусков к выполнению различных видов авиационных работ.

6.2. Постановка и решение оптимизационной задачи по рациональному базированию авиационных учебных центров, оснащённых современными лётными тренажёрами

Количество и место базирования АУЦ с комплексным тренажёром вертолётчика (КТВ) влияет на две составляющие затрат – на транспортные расходы и на оплату тренировочных полётов на КТВ. Чем ближе и (или) удобней в транспортном отношении расположен АУЦ к авиакомпаниям (АК), тем меньше расходы, связанные с поездкой экипажей в АУЦ. Приблизить АУЦ к АК можно за счёт увеличения числа АУЦ, но, при этом, растут затраты на оплату тренировочных полётов на КТВ. Дело в том, что каждый КТВ должен приносить запланированный при его создании годовой доход, не зависимо от его загрузки. Наилучший вариант – это такое количество КТВ и такое их размещение, при которых будет минимальной сумма транспортных расходов и расходов на оплату тренировочных полётов на КТВ. Это принято считать верхним (наружным) уровнем задач оптимизации. Внутри каждого рассматриваемого варианта существует нижний (внутренний) уровень задачи оптимизации – нахождение оптимального распределения экипажей АК между АУЦ. Подобные задачи относятся к классу минимаксных задач [18, 62, 111, 112, 223, 227].

В предыдущем разделе (п. 6.1) для всех категорий пилотов определены: виды подготовки и повышения лётной квалификации, объёмы и место проведения. Приняв средние по стране значения параметров, определяющих финансовые затраты (расстояния, транспортные расходы, командировочные и т.д.), можно оценить общегосударственные затраты на поддержания лётной квалификации пилотов вертолётов семейства Ми-8МТВ, таблица 6.1.

Подробное рассмотрение этих затрат приведено в Приложении.

Таблица 6.1 – Затраты на проведение мероприятий по повышению квалификации пилотов вертолётов

Программы (виды мероприятий)	Место проведения	Затраты при отсутствии КТВ, тыс. руб.	Затраты при наличии КТВ, тыс. руб.
А-1 – ввод в строй вторых пилотов	Авиакомпания	21.900	12.600
А-2 – ввод в строй командиров вертолётов	Авиакомпания	53.500	38.150
Получение допусков на выполнение видов авиационных работ	Авиакомпания	22.200	18.250
Переучивание пилотов, курсы повышения квалификации и тренировки на КТВ	АУЦ с КТВ	–	305,250

При дистанционном изучении теоретических дисциплин (перенос компьютерных курсов на компьютеры Авиакомпаний) затраты на переучивание пилотов, курсы повышения квалификации и тренировки на КТВ могут быть снижены.

Далее рассматривается содержание поставленной оптимизационной задачи [84]. Графическая интерпретация применительно к 4-м АК и 2-м АУЦ, в качестве примера, приведена на рисунке 6.2.

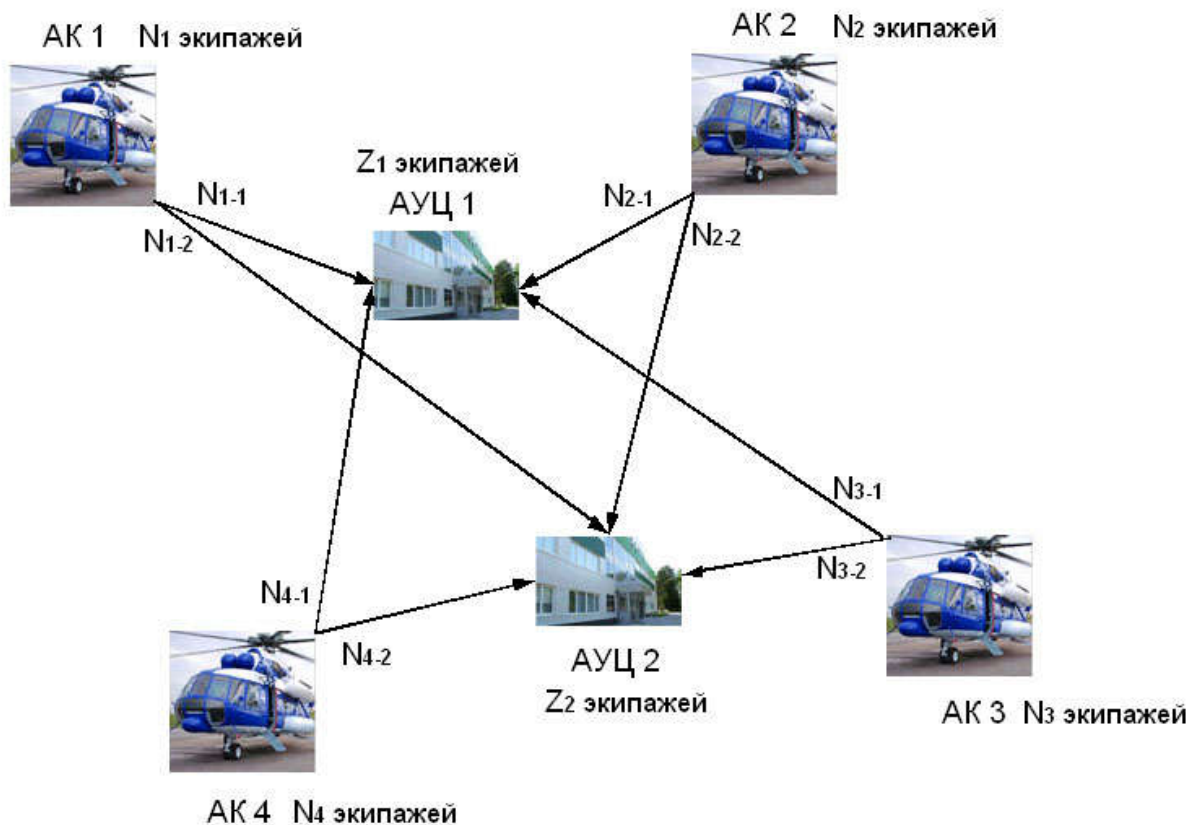


Рисунок 6.2 – К постановке оптимизационной задачи

Постановка задачи

Имеется p авиакомпаний с количеством экипажей $N_1, N_2, N_3, N_4, \dots, N_p$. Найти количество АУЦ (КТВ) и их расположение, обеспечивающие минимум затрат на транспорт и оплату КТВ.

а) исходные данные:

- Пропускная годовая способность АУЦ (КТВ) – $Z_{\max}$;
- Годовая плата за КТВ при любой его занятости – B .

б) дополнительные условия

Количество экипажей в авиакомпаниях $N_1, N_2, N_3, N_4, \dots, N_p$ меньше пропускной способности КТВ. В больших авиакомпаниях, в которых количество экипажей больше пропускной способности КТВ, однозначно, следует устанавливать КТВ на территории АК. Количество экипажей, превышающее возможности установленного числа КТВ на территории АК, должно распределяться между другими КТВ.

в) переменные

Переменные снабжаются нижними индексами i и j . Индекс i соотносит переменную с АК с номером i . Индекс j соотносит переменную с АУЦ (КТВ) с номером j .

N_{i-j} – количество экипажей АК с номером i , проходящих тренировки в АУЦ с номером j .

T_{i-j} – транспортные расходы экипажа АК с номером i , проходящего тренировки в АУЦ с номером j .

г) система уравнений

$$Z_j = \sum_{i=1}^p N_{i-j} \quad \text{для } j = 1 \dots m \text{ с ограничением } Z_j \leq Z_{\max}; \quad (6.1.)$$

$$N_i = \sum_{j=1}^m N_{i-j} \quad \text{для } i = 1 \dots p. \quad (6.2)$$

д) целевая функция

$$T_{\Sigma} = B \cdot m + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^p T_{i-j} \cdot N_{i-j} - \text{суммарные затраты на транспорт и оплату КТВ.}$$

Система из $(m + p)$ уравнений не является замкнутой, так как содержит $(m + m \cdot p)$ неизвестных. Для замыкания системы часть неизвестных должна быть заранее задана.

Количество задаваемых величин определяется разностью вида

$$(m + m \cdot p) - (m + p) = p(m-1). \quad (6.3)$$

Именно, на поле задаваемых заранее величин (неизвестных) находится наименьшее значение целевой функции.

Процедура поиска оптимального решения сводится к следующему.

Первый шаг – выбор количества АУЦ и их месторасположения. Диапазон для выбора количества АУЦ m определяется пределами

$$m_{\min} = 1 + \text{int}(\sum_{i=1}^p N_i / Z_{\max}) \text{ и } m_{\max} = p. \quad (6.4)$$

Левый предел соответствует максимальной загрузке КТВ, правый – наличию КТВ в каждой АК. Месторасположение КТВ назначается из логических соображений, ориентируясь на города, уже имеющиеся АУЦ и т.д. Кроме того, следует учитывать удобство транспортного сообщения между КТВ и АК. Для одного и того же количества КТВ может быть выбрано несколько вариантов их местоположения. При выбранном варианте – количество КТВ и их местоположение – определяются затраты на перемещение (самолёт, поезд, и др.) экипажа между каждой АК и каждым АУЦ: T_{i-j} – транспортные расходы экипажа АК с номером i , проходящим тренировки в АУЦ с номером j .

Второй шаг – выбор композиции из $p(m-1)$ параметров (неизвестных). В качестве таких параметров удобно использовать относительное распределение экипажей АК между АУЦ, вводом параметра вида

$$\bar{N}_{i-j} = N_{i-j}/N_i. \quad (6.5)$$

В выбираемую композицию должны войти относительные параметры $\bar{N}_{i-j}$, характеризующие распределение экипажей каждой АК между всеми АУЦ за исключением одного. Между включёнными в композицию $\bar{N}_{i-j}$ должны соблюдаться неравенства $\sum_j \bar{N}_{i-j} \leq 1$ для всех i и для j тех АУЦ, для которых распределены экипажи АК с номером i .

Для выбранной композиции путём решения уравнений (6.1) в преобразованном виде $\bar{N}_{i-j} = 1 - \sum_j \bar{N}_{i-j}$ определяем все $\bar{N}_{i-j}$. В этих уравнениях для каждой АК (все i от 1 до p) параметр j слева от знака равенства соответствует тому АУЦ, в отношении которого для АК с номером i предположений не принималось. Справа от знака равенства в сумму включаются номера j тех АУЦ, для которых для АК с номером i заранее были сделаны предположения и включены в композицию.

После определения всех $\bar{N}_{i-j}$ следует проверить, не превышена ли пропускная способность какого-либо КФТ, с помощью неравенства

$$\sum_{i=1}^p \bar{N}_{i-j} \cdot N_i \leq Z_{\max} \text{ для всех } j \text{ (от 1 до } m \text{)}. \quad (6.6)$$

Нарушение одного из неравенств означает, что выбранная композиция нереальна. Следует повторить выбор композиции.

Третий шаг – подсчёт целевой функции – суммарных затрат на транспорт и аренду КТВ по формуле вида

$$T_{\Sigma} = B \cdot m + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^p T_{i-j} \cdot N_{i-j}. \quad (6.7)$$

Далее следует сформировать новую композицию и выполнить вышеприведённые расчёты.

Четвёртый шаг – выбор из просчитанных композиций той, при которой целевая функция окажется наименьшей.

Задача по выбору оптимального размещения АУЦ относится к классу минимаксных задач применительно к многопараметрической целевой функции. Для двух АУЦ (с КТВ) целевая функция T_{Σ} зависит от 4-х параметров. Для трех АУЦ – целевая функция зависит от 8-ми параметров и т.д.

Для решения этой задачи подходящим методом является метод Монте-Карло [66, 195, 227]. Алгоритм решения данной задачи методом Монте-Карло представляется следующим образом.

1. Из логических соображений выбирается вариант – количество АУЦ (КТВ) и их месторасположение. Используя сведения о цене билетов (авиа, ж/д и др.) между авиакомпаниями и АУЦ, подсчитываются затраты на перелёт (переезд) одного экипажа от местоположения АК в АУЦ и обратно.

2. Для каждой i -той АК (от $i=1$ до $i=p$), используя процедуру случайных чисел, находится $(m-1)$ относительных распределений экипажей этой авиакомпании

по тренажёрам: $\bar{N}_{i-1}, \bar{N}_{i-2}, \dots, \bar{N}_{i-(m-1)}$ при соблюдении неравенства $\sum_{j=1}^{m-1} \bar{N}_{i-j} \leq 1$. В результате формируется композиция из $p(m-1)$ независимых переменных.

3. По формулам $\bar{N}_{i-j} = 1 - \sum_j \bar{N}_{i-j}$ подсчитываются недостающие p значения $\bar{N}_{i-j}$ относительных распределений экипажей.

4. Для каждого АУЦ определяется его загрузка $Z_j = \sum_{i=1}^p \bar{N}_{i-j} \cdot N_i$. Если какое-либо $Z_j \geq Z_{\max}$, процедура возвращается на пункт 2 и формируется новая композиция из $p(m-1)$ независимых переменных.

5. Подсчитывается значение целевой функции

$$T_{\Sigma} = B \cdot m + \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^p T_{i-j} \cdot N_{i-j}. \quad (6.8)$$

6. Расчёты по пунктам 2...5 повторяются заново в цикле вплоть до наступления условия прекращения цикла.

К сожалению, априори определить количество циклов, обеспечивающее нахождение оптимального распределения экипажей между АУЦ, не представляется возможным. Приходится ориентироваться на алгоритмы прекращения цикла, исходя из логики вычислительных процедур. Она состоит из следующих позиций.

1. Целью цикла является нахождение трех композиций с меньшими по сравнению с остальными композициями значениями целевой функции. Для дальнейшего 1-й композицией будем называть композицию с меньшим значением целевой функции из трёх отобранных. 3-й композицией будем называть композицию с большим значением целевой функции из трёх отобранных. И, наконец, 2-й композицией – композицией с средним значением целевой функции.

2. Цикл прерывается, когда в течение K циклов интервал между значениями 1-й и 3-й композиций не меняется.

3. Дополнительно может быть задано условие получения заданной относительной величины диапазона

$$\frac{T_{\Sigma \bullet 3} - T_{\Sigma \bullet 1}}{0,5(T_{\Sigma \bullet 1} + T_{\Sigma \bullet 3})} \leq \varepsilon. \quad (6.9)$$

Графическая иллюстрация этих условий приведена на рисунке 6.3.

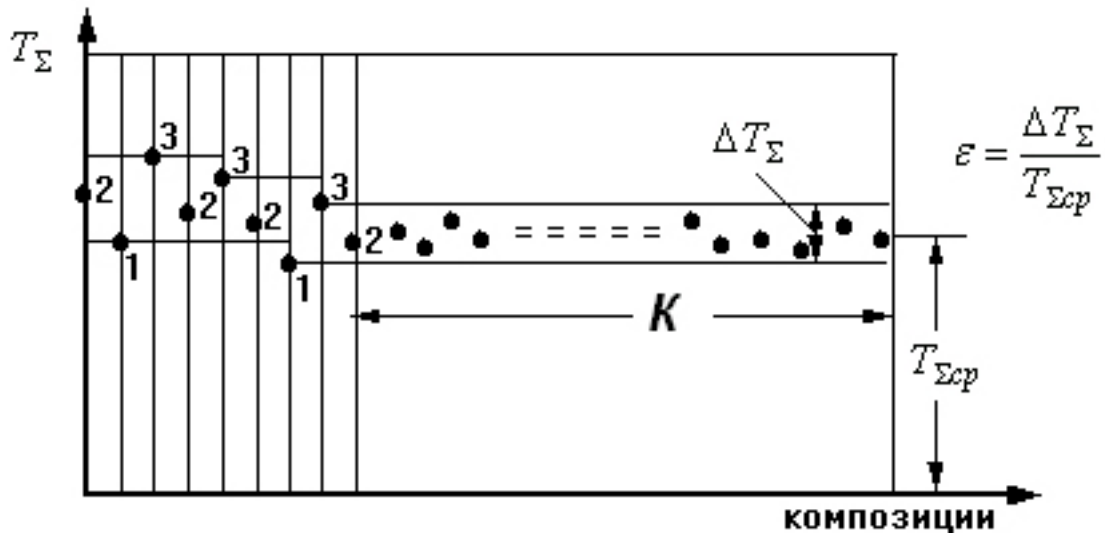


Рисунок 6.3 – Пояснения к выходу из цикла

После завершения расчётов для принятого варианта размещения АУЦ выполняются расчёты для других выбранных вариантов размещения этого количества АУЦ. Аналогично выполняются расчёты для тех же АК и другого количества АУЦ. Окончательный выбор количества АУЦ и их размещения определяет «Лицо Принимающее Решение» в результате анализа всех полученных результатов.

Задача оптимального распределения лётных тренажёров целесообразно рассматривать, ориентируясь на крупные авиакомпании, с учётом, одновременно, пропускной способности тренажёров. Каждая мелкая авиакомпания вынуждена индивидуально выбирать оптимальный вариант организации тренировочного процесса обучения своих экипажей в условиях той сети тренажёров, которая является оптимальной для крупных авиакомпаний. Места базирования крупных авиакомпаний, парк вертолёт и наличие экипажей приведены в таблице 6.2.

Территориальное размещение авиакомпаний показано на контурной карте РФ (рисунок 6.4, номера АК соответствуют таблице 6.2).

Таблица 6.2 – Сведения о крупных авиакомпаниях ГА РФ

№ п/п	Авиакомпания	Место базирования	Количество вертолётов семейства Ми-8	Количество экипажей
1	«ЮТэйр»	Тюмень	208	320
2	«Газпром авиа»	Самара, Югорск, Ухта, Томск	60	90
3	Комиавиатранс	Сыктывкар	33	50
4	ОАО АТК «Ямал»	Салехард	33	50
5	ЗАО АК «АЛРОСА»	Мирный (Саха)	24	36
6	ГП «Красавиа»	Красноярск	19	28
7	ОАО НПО ПАНХ	Краснодар	18	27
8	ОАО «Нижневартовскавиа»	Нижневартовск	17	25
9	ОАО АК Таймыр	Норильск	15	22

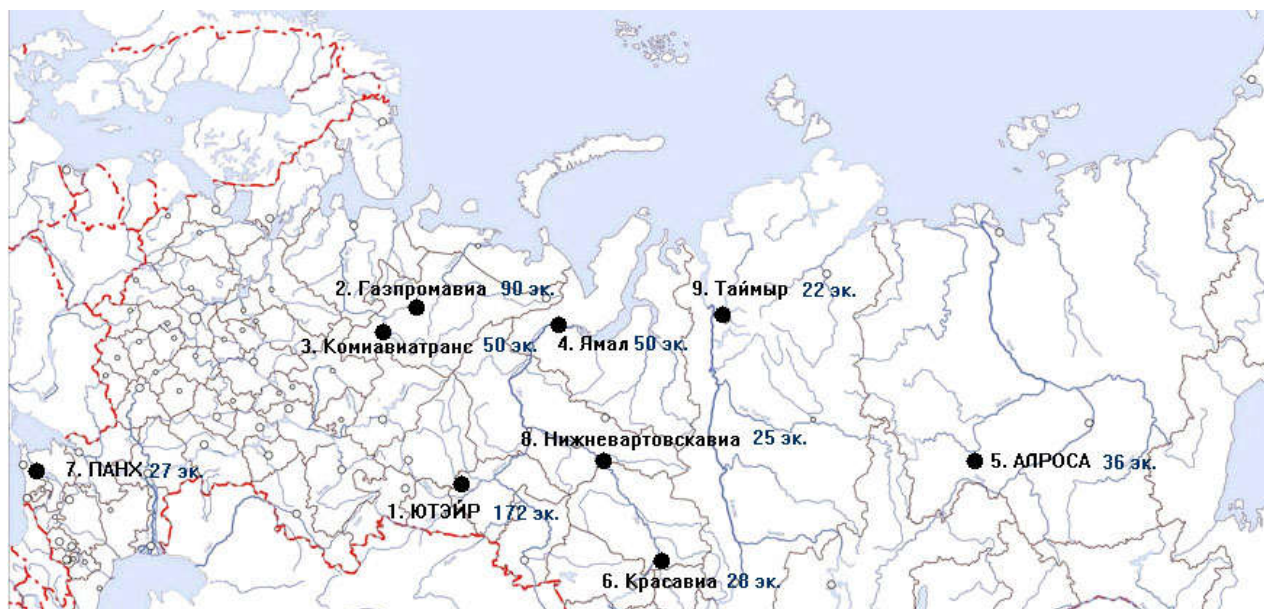


Рисунок 6.4 – Крупные вертолётные авиакомпании России

Относительно стоимости КФТ – инвестор-владелец КФТ всегда, не зависимо от загрузки, будет требовать ежегодный доход, обеспечивающий возврат инвестиций с прибылью за определённое количества лет. Будем считать, что половина этого дохода обеспечивается крупными авиакомпаниями и половина – мелкими.

При стоимости (инвестиции) КТВ ≈ 60 мл. руб., сроке окупаемости – 5 лет и норме прибыли 10% ежегодный доход получаем 13 мл. руб. в год. На долю крупных АК приходится – 6,5 мл. руб. в год. Таким образом, $B = 6\,500$ тыс. руб. Пропускная

способность одного КТВ ≈ 200 экипажей в год из расчёта ежедневного налёта по 12 часов в течение 200 рабочих дней КТВ в году (остальные дни- выходные, профилактика и пр.). Таким образом, пропускная способность одного КТВ для крупных авиакомпаний – 100 экипажей в год.

Транспортные расходы на одного члена экипажа за один полёт – стоимость авиабилета на перелёт от места базирования до места расположения КТВ, а также командировочные за одни сутки, плюс заработная плата за эти сутки. Суточные и зарплата за сутки составляют $1+2=3$ тыс. руб. из расчёта месячной зарплаты 60 тыс. руб.

Количество экипажей в АК и их размещение позволяет сформировать три автономных региона, а оптимизацию размещения КТВ рассматривать для каждого региона отдельно. К европейскому региону отнесены авиакомпании: Газпромавиа, Комиавиатранс и ПАНХ, всего 167 экипажей. К уральскому региону отнесены авиакомпании: ЮТэйр, Ямал и Нижневартонскавиа, всего 247 экипажей. К зауральскому региону отнесены авиакомпании: АЛРОСА, Красавиа и Таймыр, всего 86 экипажей.

Размещение тренажёров в регионах показано в Приложении.

Таким образом, автором рекомендована методика оценки стоимости образовательных мероприятий, связанных с профессиональной подготовкой пилотов, отличающаяся учётом таких факторов, как: местоположение авиакомпании, штатное расписание, наличие (отсутствие) собственных учебных аудиторий, технических средств и тренажёров.

6.3. Экспертная оценка эффективности лётного тренажёра

Ранее было показано, что перегрузки, действующие на пилота гражданского вертолёта в штатных условиях полёта, не влияют на его профессиональную трудоспособность [78]. Это означает, что навыки по управлению вертолётom и его системами и оборудованием, полученные на лётном тренажёре с неподвижной

кабиной (полная имитация всех воздействий, за исключением перегрузок), в полной мере проявят себя и в реальном полёте. Однако этого недостаточно для сравнительной оценки качества подготовки пилотов на тренажёрах с подвижной и неподвижной кабиной. Для ответа на этот вопрос необходимо привлечь квалифицированных экспертов, имеющих большой опыт подготовки пилотов гражданских вертолетов.

На начальном этапе работы АУЦ ОАО «СПАРК» пилоты, прошедшие переподготовку и периодическую тренировку в АУЦ ОАО «СПАРК», были привлечены для экспертной оценки возможностей лётного тренажёра с неподвижной кабиной. Из привлечённых пилотов были сформированы две группы экспертов. Одна группа из опытных пилотов, проходящих периодические тренировки на тренажёре АУЦ «СПАРК», вторая группа из пилотов, прошедших переподготовку с самолётов на вертолёт Ми-8МТВ. Третья группа экспертов была сформирована из пилотов-инструкторов, которые проводили учебные полёты с пилотами, прошедшими в процессе переучивания на вертолёт Ми-8МТВ теоретический курс и тренажёрную тренировку в АУЦ ОАО «СПАРК». Для каждой группы экспертов были разработаны опросные листы.

Первая группа экспертов состояла из 20 опытных пилотов авиакомпаний «Газпромавиа», «Авиашельф», «Восток». В группу входили 5 руководителей летных подразделений с налетом от 5000 до 12000 часов, 7 КВС с налетом от 3000 до 15000 часов, 8 вторых пилотов с налетом от 200 до 3000 часов. Экспертам было предложено дать развернутый ответ на три вопроса:

Вопрос 1. Как вы оцениваете степень адекватности визуальной обстановки в полётах на тренажёре реальной визуальной обстановке в полётах на вертолёте Ми-8МТВ на разных этапах полёта?

Вопрос 2. Насколько, по вашему мнению, совпадают условия для деятельности пилота на тренажёре с неподвижной кабиной (отсутствие перегрузок) и в реальном полёте на разных этапах полёта?

Вопрос 3. Какие, по вашему мнению, элементы полёта должны отрабатываться обязательно на тренажёре с подвижной кабиной?

Отвечая на 1-ый вопрос, все эксперты посчитали, что визуальная обстановка на тренажёре на всех этапах полёта либо практически идентична, либо почти идентична визуальной обстановке реального полёта. Исключение составляет режим висения. Полная картина распределения приведена в Приложении П.4.

Отвечая на 2-ой вопрос, все эксперты посчитали, что условия для деятельности пилота на тренажёре с неподвижной кабиной (отсутствие перегрузок) и в реальном полёте на разных этапах полёта либо практически совпадают, либо почти совпадают. Исключение составляет режим висения. Полная картина распределения приведена в Приложении П.4.

Отвечая на 3-ий вопрос, все эксперты посчитали, что на двух режимах полёта – висении и пилотирования в зоне – тренировок только на тренажёре с неподвижной кабиной при первоначальном обучении недостаточно.

Для ответа на 3-ий вопрос была сформирована **Группа экспертов – пилотов-инструкторов**, состоящая из 5 опытных пилотов. Четверо экспертов являются инструкторами Учебного центра «СПАРК» с большим опытом лётной работы и налётом от 8000 до 19000 часов. В целом ими были выполнены учебные полёты с 5 пилотами непосредственно в АУЦ ОАО «СПАРК», с 10 пилотами в авиакомпаниях. В качестве экспертов привлекались также пилоты – инструкторы других авиакомпаний, которые по программе АУЦ «СПАРК» выполняли учебные полеты с пилотами своих авиакомпаний, прошедших теоретическую и тренажёрную подготовку в АУЦ «СПАРК».

Группе экспертов пилотов-инструкторов было предложено дать развернутый ответ на вопрос.

Вопрос. Для каких элементов полёта, по вашему мнению, тренировки на тренажёре с неподвижной кабиной недостаточно и нужна тренировка на тренажёре с подвижной кабиной?

Отвечая на этот вопрос, большинство экспертов посчитали, что тренировок на тренажёре с неподвижной кабиной достаточно для всех элементов полёта. Но есть эксперты, которые рекомендуют для тренировки висения 1 час

тренажа на тренажёре с подвижной кабиной и 0,5 часа для тренажа разворотов. Полная картина распределения приведена в Приложении.

Для установления обратной связи была сформирована группа экспертов из «молодых» пилотов, прошедших переучивание в АУЦ ОАО «СПАРК». В группу входило 20 вторых пилотов авиакомпаний «Газпромавиа», «Ямал», «Нарьян-Марский ОАО» с налетом от 200 до 1000 часов. Экспертам данной группы было предложено дать развернутый ответ на вопрос.

Вопрос. Как вы выполняли в первый раз упражнения в учебных полётах?

Отвечая на этот вопрос, большинство экспертов указали, что в первый раз упражнения в учебных полётах выполняли с незначительной помощью инструктора. Но есть ответы: без помощи инструктора и со значительной помощью инструктора. Полная картина распределения приведена в Приложении.

Из приведённых данных видно, что ответы подавляющего числа экспертов – опытных пилотов свидетельствуют о возможности качественной тренажерной подготовки пилотов гражданских вертолетов с использованием современного комплексного летного тренажера без системы подвижности. В процессе работы АУЦ ОАО «СПАРК» подобные опросы проводились регулярно и давали практически те же результаты.

Общее мнение экспертов – опытных пилотов (2-я и 3-я группы) – качественная тренажёрная подготовка пилотов гражданских вертолётот может быть обеспечена в достаточной степени в условиях применения современного комплексного лётного тренажёра без системы подвижности.

Выводы по главе 6

1. Методические рекомендации по оценке стоимостных затрат на образовательные мероприятия, связанные с обучением пилотов вертолётот, а также с поддержанием и повышением их профессиональной квалификации, отличаются учётом таких крайне важных факторов, как: местоположение авиакомпании; штатное расписание привлекаемых специалистов; наличие собственных учебных аудиторий; оснащённость техническими средствами и соответствующими видами тренажёрот.

2. Проведенная оценка материальных затрат по подготовке пилотов, по поддержанию и повышению лётной квалификации, ориентированная на действующий состав пилотов вертолётов семейства Ми-8, свидетельствует о многомиллионных затратах и необходимости принятия целенаправленных мер для их снижения.

3. Предложены в качестве приоритетных следующие мероприятия по снижению стоимостных затрат: перенос теоретических занятий из АУЦ непосредственно в учебные классы авиапредприятий; оптимальное размещение АУЦ с КТВ на территории РФ.

Расчетным путём подтверждена технико-экономическая эффективность первоочередного способа – переноса теоретических занятий из АУЦ в учебные классы авиапредприятия, что позволит обеспечить экономию текущих затрат до 40%.

4. Предложенный автором метод оптимизации процесса размещения АУЦ с КТВ на территории РФ относится к классу мини-максных задач и характеризуется введением двухуровневой оптимизации с использованием метода Монте-Карло.

5. Проведена экспертная оценка эффективности обучения с применением КЛТ с неподвижной кабиной, как наиболее прогрессивного технического средства обучения пилотов вертолётов. Привлечённые ведущие эксперты-пилоты, имеющие большой налёт, и «молодые» пилоты, прошедшие переподготовку в условиях АУЦ ОАО «СПАРК», представили профессионально обоснованное заключение о высокой эффективности комплексного лётного тренажёра с неподвижной кабиной.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обеспечено достижение цели диссертационного исследования, направленного на решение научной проблемы, связанной с созданием и внедрением комплексной системы управления профессиональной подготовкой и повышением квалификации (ПППК) пилотов вертолётчиков в течение всего периода их лётной деятельности на основе современных автоматизированных обучающих программ и лётных тренажёрных комплексов.

В соответствии с поставленной целью проведён проблемный анализ состояния действующих в гражданской авиации Российской Федерации профессиональных образовательных структур, выявлены признаки их несовершенства, обоснована актуальность, целесообразность и возможность разработки системы ПППК летного состава, позволяющей реагировать на прогрессивное развитие сферы вертолётостроения.

При решении заявленной проблемы получены следующие результаты.

1. Сформированы общие требования к системе ПППК пилотов вертолётной техники по обеспечению единства и согласованности управленческих воздействий, ориентированных на решение:

- методологических задач, предусматривающих создание Атласа типовых учебных программ для всех звеньев и модулей системы ПППК, использование перспективных обучающих технических средств и инновационных технологий, ведение мониторинга процессов обучения и контроля достигаемого уровня обученности;
- организационных задач, обеспечивающих оперативное функционирование системы ПППК и её модернизацию на основе принципа «инвариантности» с учётом реальных условий массовой эксплуатации парка вертолетов;
- аппаратно-программных задач, основанных на разработке комплекса программных средств ЭВМ и их использовании в рамках автоматизированных обучающих систем «Вертолёты семейства Ми-8».

2. Выполнен функциональный анализ и структурированы профессиональные действия пилота вертолета в реальных условиях штатного полёта и при имитации динамических воздействий на пилота в нестандартных (усложнённых) полётных условиях.

3. Подобран и классифицирован требуемый состав компьютерных технических средств (ТС), обеспечивающих профессиональное обучение пилота вертолёт на всех этапах системы ПППК, с учетом реальных штатных условий и их имитации в нестандартных полётных условиях, и позволяющий решать задачи по:

- определению положения вертолёт в пространстве путем имитации внекабинной обстановки с использованием системы визуализации;
- изменению (сохранению) положения вертолёт в пространстве путём имитации внекабинной (визуальной) и внутрикабинной информации;
- снятию показаний приборов и оценке работоспособности функциональных систем (ФС) вертолёт;
- управлению режимами работы ФС и бортового оборудования вертолёт;
- настройке оборудования навигационного назначения и радиосвязи;
- имитации действий пилота при выполнении разрешённых нестандартных видов авиационных работ.

4. Разработаны автоматизированные обучающие программы (АОП) и курсы (АОК) на основе моделирования работоспособности (изменения технического состояния) ФС вертолёт, в частности:

- обоснована архитектура и определено содержание АОП и АОК, сформированы основные требования к построению типовых графов и построены графы АОК:
 - «Общие дисциплины»;
 - «Конструкция и техническая эксплуатация вертолёт» и «Конструкция и летная эксплуатация вертолёт» применительно к вертолётм конкретных типов и их модификаций (Ми-8, Ми-8МТВ, Ми-8АМТ);
- проведён анализ современных отечественных и зарубежных инструментальных сред и разработаны механизмы их внедрения в АОК и

мультимедийные обучающие программы на основе освоенных языков программирования;

- разработана система контроля уровня усвоения слушателями учебного материала, отличающаяся от традиционных систем использованием тестирующих программ и тестовых заданий, предусматривающих диагностирующие, обучающие, организующие и воспитывающие функциональные обязанности для обучаемых. Используется метод тестового контроля «закрытого типа», построенного на основе критериально-ориентированных характеристик: «Знание», «Понимание», «Анализ», «Синтез», при этом тестовые задания формируются с учётом требований «корреляционности», «надёжности» и «валидности».

5. Разработан и внедрён для вертолётов семейства Ми-8 тренажёр навигационного назначения с использованием кабинных и наземных средств навигации для освоения слушателями обучаемых функций:

- предполётной подготовки пилотажно-навигационного оборудования вертолёта;
- выполнения манёвров при рулении, взлёте, в полёте и при посадке с имитацией сложных погодных условий, днём и ночью, в различных климатических зонах с учётом действующих систем посадки и воспроизведением реальной местности и визуальных ориентиров.

Проведена модификация обучающих и программных средств навигационного тренажёра применительно к вновь создаваемым образцам пилотажно-навигационного комплекса вертолётов типа Ми-8.

6. Разработаны комплексные лётные тренажёрные системы, отличительными особенностями применения которых является:

- отработка действий обучаемого по проверке работоспособности ФС вертолёта во взаимодействии с компьютером;
- отработка экипажем действий, предусмотренных в РЛЭ вертолёта, по парированию опасных и аварийных ситуаций;
- решение необходимого класса навигационных задач;

7. В процессе разработки комплексного тренажёра вертолета (КТВ), с целью последующего его внедрения в систему ПППК летного состава, были поставлены и решены следующие основные задачи:

7.1. Разработан Учебно-методический комплекс (УМК) с целью адаптации объема необходимых компетенций (квалификационных требований, знаний, умений и навыков) к содержанию обучающих программ и учебных курсов, предусмотренных на всех этапах ПППК летного состава вертолётной техники.

7.2. Сформирована общая структура математической модели (ММ) комплексного лётного тренажёра и разработаны ММ функциональных систем и оборудования вертолёта Ми-8МТВ, которые были использованы при создании первого в РФ лётного тренажёра вертолёта Ми-8МТВ с современной системой визуализации.

7.3. Построена ММ движения вертолёта в стандартных и усложнённых условиях полёта с учетом функциональных повреждений конструкции вертолётных и их систем.

7.4. Разработаны модели и алгоритмы взаимодействия обучаемых с компьютером при освоении практических навыков в процессе: запуска двигателей и вывода его на полётные режимы работы; штатного запуска двигателей с последующим введением инструктором ложных повреждений; изучения законов регулирования режимами работы двигателей; построения экспериментальных характеристик компрессора и дроссельной характеристики двигателя (на примере двигателя ТВ3-117В) создания информационной картины сложной ситуации «обрыв гибкого валика» в условиях полёта.

7.5. Отработаны процедуры математического моделирования возможных сложных и аварийных ситуаций по ряду иных наиболее вероятных технических причин.

7.6. Построены формализованные модели (алгоритмы) технологии проведения проверочных работ по отдельным ФС вертолёта.

7.7. Определены необходимые объёмы внутрикабинной и внешней визуальной информации (на дисплее компьютера и выносном плоском экране).

7.8. Разработаны ММ процессов самоконтроля обучаемых в условиях КТВ, основными этапами которого являются:

- формирование исходных данных (объявление переменных, ввод данных, присвоение переменных начальных значений;
- определение вероятностей сценариев контроля;
- формирование зон вероятностей сценариев контроля;
- случайный выбор сценария контроля;
- работа слушателя со сценарием контроля;
- проверка результатов работы и кратности предъявления сценария;
- проверка завершения сессии.

8. Сертифицирован и внедрен персонифицированный комплексный лётный тренажёр вертолёт Ми-8МТВ в вертолётных авиапредприятиях ГА РФ и за рубежом.

9. Разработаны методологические основы организации учебного процесса на базе современных компьютерных средств и инновационных технологий в рамках ПППК лётного состава вертолётных подразделений, в частности:

- разработан порядок научно-методического сопровождения процессов ПППК и аттестации лётного состава;
- разработана методика экспертной оценки эффективности КТВ;
- определены области применения компьютерных лётных тренажёров с учетом их модернизации при выполнении нестандартных видов авиационных работ;
- проведено моделирование процессов обучения лётного состава в условиях сложных и аварийных ситуаций в полёте.

10. Проведена технико-экономическая оценка мероприятий по созданию, внедрению и дальнейшему развитию компонентов системы ПППК пилотов вертолётчиков, в частности:

- разработана методика оценки приемлемого уровня затрат по модернизации компонентов и системы ПППК в целом;
- решена задача и разработаны организационно-технические рекомендации по оптимальному базированию АУЦ, оснащенных комплексными лётными тренажёрами.

ПЕРЕЧЕНЬ СОКРАЩЕНИЙ И УСЛОВНЫХ ОБОЗНАЧЕНИЙ

АК - авиакомпания

АиРЭО – авиационное и радиоэлектронное оборудование

АОК – автоматизированный обучающий курс

АОП – автоматизированная обучающая программа

АП – авиационный персонал

АУЦ – авиационный учебный центр

ВПП – взлётно-посадочная полоса

ВСУ – вспомогательная силовая установка

ИКАО – международная организация гражданской авиации

КВС – командир воздушного судна

КПК – курсы повышения квалификации

КТВ – комплексный тренажер вертолета

КФТ – компьютерный функциональный тренажёр

ММ – математическая модель

НВ – несущий винт

ПППК – программа подготовки, повышения квалификации

ППЛС – программа подготовки лётного состава

ПЭВМ – персональная электронно-вычислительная машина

РЛЭ – руководство по лётной эксплуатации

РУД – рычаг управления двигателем

РТЭ – руководство по технической эксплуатации

СПАРК – Санкт-Петербургская авиаремонтная компания

СПУ- самолётное переговорное устройство

ТА – тренажёр авиационный

ТСО – технические средства обучения

ФАП – федеральные авиационные правила

ФС – функциональная система

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абызгильдин, А.Ю. Новые принципы изображения технологических схем для разработки графического интерфейса программ / А.Ю. Абызгильдин, А.А.Альмухаметов, Н.А.Руднев // III научно-техническая конференция, посвященной 70-летию Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина "Актуальные проблемы состояния и развития нефтегазового комплекса России", - Москва, 27-29 января 1999 г. – С.123-126.
2. Абызгильдин, А.Ю. Графические модели процессов переработки нефти и газа : Учебное пособие для вузов / А.Ю.Абызгильдин, А.А.Гуреев, Н.А.Руднев, М.Ю.Абызгильдина. – Москва : Химия, 2001. – 120 с.
3. Аванесов, В.С. Основы научной организации педагогического контроля в высшей школе / В.С.Аванесов. - Москва : МИСИС, 1989. - 167 с.
4. Аванесов, В.С. Современные методы обучения и контроля знаний : Учебное пособие / В.С.Аванесов. Владивосток : Дальрыбвтуз, 1999. - 123 с.
5. Аванесов, В.С. Форма тестовых заданий / В.С.Аванесов. – Москва : Центр тестирования, 2005. - 156 с.
6. Агульник, А.Б. Термогазодинамические расчёты и расчёт характеристик авиационных ГТД / А.Б.Агульник, В.И.Бакулев, В.А.Голубев. – Москва : МАИ, 2002. - 257 с.
7. Айдаркин, Д.В. Разработка алгоритма адаптивного тестирования для автоматических обучающих систем профессиональной подготовки летного состава / Д.В.Айдаркин, С.Г.Косачевский // Научный Вестник МГТУ ГА, серия Аэромеханика и прочность. - №125. – Москва : МГТУ ГА, 2008. - С.167 – 172.
8. Айдаркин. Д.В. Повышение точности оценки профессиональной подготовленности летного состава на основе тестирования с использованием моделей IRT / Д.В.Айдаркин, С.Г.Косачевский // Научный Вестник МГТУ ГА. - № 154. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С.111-116.
9. Акимов. А.И. Аэродинамика и лётные характеристики вертолёт / А.И.Акимов. – Москва : Машиностроение, 1988. - 144 с.

10. Аналогии в электронном обучении (Электронный ресурс). - Trainings.ru, 2009, - Режим доступа: <https://hrbazaar.ru/articles/analogii-v-elektronnom-obuchenii>.
11. Анимица, В.А. Расчетно-экспериментальные исследования влияния полей индуктивных скоростей за несущим винтом на аэродинамические характеристики рулевого винта на малых скоростях полета вертолета при боковом ветре / В.А.Анимица, В.А.Головкин, М.В.Крайнов // Труды шестого форума Российского вертолетного общества. – Москва, 2004, - С. 149–164.
12. Асовский, В.П. Исследование динамики парусных грузов на внешней подвеске вертолётa в условиях ветра / В.П.Асовский // Научный вестник МГТУ ГА. – № 111. – Москва : МГТУ ГА, 2007, - С. 140-146.
13. Атанов, Г.А. Обучение и искусственный интеллект или основы дидактики современной высшей школы / Г.А.Атанов, И.Н.Пустынникова. – Донецк : ДОУ, 2002. – С.504.
14. Афанасьев, Ю.Н. Об универсальном знании и новой образовательной среде (к концепции универсальной компоненты образования) / Ю.А.Афанасьев, А.С.Строгалов, С.Г.Шеховцов. – Москва : РГГУ, 1999. – С.55.
15. Афанасьев, Ю.Н. Путь университета: опыт рефлексии / Ю.Н.Афанасьев, С.Г.Шеховцов // Вузовская педагогика в информационном обществе. – Москва : РГГУ, 1998. - С. 9–36.
- 16 Бакулёв, В.И. Теория, расчёт и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок / В.И.Бакулев. – Москва : МАИ, 2003. - С. 688.
- 17 Барвинский, А.П. Электрооборудование самолётов / А.П.Барвинский, Ф.Г.Козлова. - Москва : Транспорт, 1981. – 289 с.
18. Батухтин, В.Д., Задача программного управления на максимин / В.Д.Батухтин, Н.Н.Красовский. // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. - № 6. – Москва : АН СССР, 1972. - С. 35-44.
19. Башмаков, А.И. Разработка компьютерных учебников и обучающих систем / А.И.Башмаков, И.А.Башмаков. – Москва : Информационный дом «Филинь», 2003. - 616 с.

20. Безручко, В.Т. Комплект компьютерных обучающе-контролирующих курсов по органической химии / В.Т.Безручко, В.В.Масленников // Каталог отраслевого фонда алгоритмов и программ НИИВО. - № 10. – Москва: НИИВО, 1993. - С. 76-89.
21. Безручко, В.Т. Опыт использования компьютерных учебных курсов при изучении органической химии / В.Т.Безручко, В.В.Масленников // Межвузовская научно-практическая конференция "Эффективность информационных технологий обучения в высшей школе". Тезисы доклада - Москва : Новороссийск, 1994. - С.40.
22. Беличенко, И.А. Самопроизвольный разворот / И.А.Беличенко // Вертолет. № 1 – Казань : Вертолет-медиа, 2000. - С. 24 – 25.
23. Беспалько, В.П. Программированное обучение. Дидактические основы / В.П.Беспалько. – Москва : Высшая школа, 1970. - 300 с.
24. Бесспорные преимущества / Журнал «Штат» - № 9. – Москва : Штат – 2009, С. 28-30.
25. Богданов, А.Д. Турбовальный двигатель ТВ3-117ВМ. Конструкция и техническая эксплуатация / А.Д.Богданов, Н.П.Калинин, А.И.Кривко. – Москва : Воздушный транспорт, 2000. - 392 с.
26. Богданов, Ю.С. Конструкция вертолётот / Ю.С.Богданов, Р.А.Михеев, Д.Д.Скулков. – Москва : Машиностроение, 1990. - 272 с.
27. Богуслаев, А. В. Прогрессивные технологии моделирования, оптимизации и интеллектуальной автоматизации этапов жизненного цикла авиационных двигателей : Монография / А.В.Богуслаев, Ал.А.Олейник, Ан. А.Олейник, Д.В.Павленко, С.А.; под общ. ред. Д.В.Павленко, С.А.Субботина. – Запорожье : Мотор Сич, 2009. – 468 с.
28. Боднер, А.А. Авиационные тренажеры / А.А.Боднер, Р.А.Закиров, И.И.Смирнова. - Москва: Машиностроение, 1978. - 192 с.
29. Боднер, В.А. Системы управления летательными аппаратами / В.А.Боднер. - Москва : Машиностроение, 1973. - 503 с.
30. Боднер, В.А. Теория автоматического управления полетом / В.А.Боднер. - Москва : Наука, 1964. – 698 с.

31. Борисов, И.В. Влияние потока от НВ вертолѐта на колебания массивного груза на внешней подвеске / И.В.Борисов // Научный вестник МГТУ ГА – № 154. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С. 167-169.

32. Борисов, И.В. Численное моделирование слива воды на открытый очаг пожара из контейнера на внешней подвеске вертолета. / И.В.Борисов, А.В.Карпышев, А.А.Яковлев, А.В.Ципенко. // Материалы XXI международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности» - Москва: ВНИИ ПО, 2009. С. 56-58.

33. Борисов, И.В. Учет потока от несущего винта при моделирование полета вертолета с грузом на внешней подвеске. / И.В.Борисов. С.А.Паршенцев, А.В.Ципенко. // Известия ТТИ ЮФУ - №1 (90) – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2009. – С. 171-177 .

34. Борисов, И.В., Моделирование слива жидкости из контейнера ВОП-3 на внешней подвеске вертолета с учетом потока от несущего винта. / И.В.Борисов, С.А.Паршенцев, А.В.Ципенко. // Известия ТТИ ЮФУ - №1 (90) – Таганрог: ТТИ ЮФУ, 2008. – С. 34-35.

35. Борисов, И.В. Моделирование слива жидкости из контейнера ВОП-3 на внешней подвеске вертолета с учетом потока от несущего винта. / И.В.Борисов, С.А.Паршенцев, А.В.Ципенко // Материалы VII международной конференции по неравновесным процессам в соплах и струях (NPNJ-2008) – Москва : МАИ, 2008. С. 98-99.

36. Борисов, И.В. Применение прикладного пакета FlowVision для моделирования распыления жидкости из контейнера на внешней подвеске вертолета / И.В.Борисов, С.А.Паршенцев, А.В.Ципенко // Материалы XX школы-семинара «Аэродинамика летательных аппаратов» - Москва : ЦАГИ, 2009. С. 30-31.

37. Борисов, И.В. Влияние потока от несущего винта вертолета на колебания массивного груза на внешней подвеске / И.В.Борисов, А.В.Ципенко // Материалы XVI международной конференции по вычислительной механике и современным прикладным программным системам (ВМСППС-2009) – Москва : МАИ, 2009. - С. 145-146.

38. Браверман, Динамика вертолета. Предельные режимы полета / А.С.Браверман, А.П.Вайнтриуб. – Москва : Машиностроение, 1988. – 280 с.
39. Бронштейн, И.Н. Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗов / И.Н.Бронштейн, К.А.Семендяев. – Москва : Наука, 1981. - 718 с.
40. Брусенцов, Микрокомпьютерные системы обучения / Н.П.Брусенцов, С.П.Маслов, Х.Рамиль Альварес. – Москва : Наука, 1990. – 224 с.
41. Бугай, В.И. Определение безопасных высот висения вертолѐта МИ-8 в конкретных условиях эксплуатации / В.И.Бугай, В.А.Ивчин // Научный вестник МГТУ ГА. - № 138. – Москва : МГТУ ГА, 2008. - С. 241-244.
42. Вентцель, Е.С. Теория вероятностей / Е.С.Вентцель. – Москва : Наука, 1969. – 576 с.
43. Вертолеты / Труды ОКБ «МВЗ им. М.Л.Миля» по общ. ред. А.Г.Самусенко. – Москва : Машиностроение-Полет, 2010. – 25 с.
44. Войтов, А.Г. Учебное тестирование для гуманитарных и экономических специальностей: Теория и практика / А.Г.Войтов. – Москва : Издательско-торговая корпорация «Дашков и К», 2005. - 402 с.
45. Володко, А.М. Безопасность полѐтов вертолѐтов / А.М.Володко. - Москва: Транспорт, 1981. - 224 с.
46. Володко, А.М. Динамика опрокидывания вертолѐта при рулении / А.М.Володко // Учёные записки ЦАГИ. – т. XXI, № 2. – Москва : ЦАГИ, 1990. - С. 73-83.
47. Володко, А.М. Динамика рулевого винта при развороте вертолѐта с поступательной скоростью / А.М.Володко // Учёные заметки ЦАГИ. - т. XIX. № 5, 1988. - С. 122-129.
48. Володко, А.М. Основы аэродинамики и динамики полѐта вертолѐтов. Учебное пособие для вузов / А.М.Володко. – Москва : Транспорт, 1998. – 342 с.
49. Володко А.М. Основы лѐтной эксплуатации вертолѐтов / А.М.Володко. – Москва : Транспорт, 1984,. – 256 с.

50. Володко, А.М. Влияние транспортируемого груза на эффективность управления вертолётom / А.М.Володко, А.Н.Свириденко // Научный вестник МГТУ ГА. - № 125, - Москва : МГТУ ГА, 2008, - С. 123-128.
51. Газизова, Н.Н. Специальная математическая подготовка в технологическом университете / Н.Н.Газизова, Л.Н.Журбенко // Международный журнал «Educational Technology&Society», – Т.11. - № 4. С.376-380.
52. Гаммер, М.Д. Виртуальный стенд для испытаний компрессора 4ВУ1-5/9 / М.Д.Гаммер // Проектирование и эксплуатация нефтегазового оборудования: проблемы и решения: Материалы Всероссийской науч.-техн. конференции 4-5 ноября 2004 г. – Уфа, 2004. – С. 166-168.
53. Гершунский, Б.С. Философия образования / Б.С.Гершунский. – Москва : Московский психолого-социальный институт, 1998. – 432 с.
54. Годунов, Разностные схемы / С.К.Годунов, В.С.Рябенский. – Москва : Наука, 1977. – 440 с.
55. Гольберг, Ф.А. Математические модели газотурбинных двигателей как объектов управления / Ф.А.Гольберг, А.В.Батенин. – Москва : МАИ, 1999. – 79 с.
56. Горбунов, Д.А. Электронное учебное пособие для подготовки оператора-навигатора / Д.А.Горбунов, В.Я.Мамаев, К.К.Петров // Сборник трудов Международного симпозиума «Аэрокосмические приборные технологии». - Санкт-Петербург : ГУАП, 2004. - С.78-79.
57. Гродко, Л.Н. О колебаниях упругого несущего винта на кардановой подвеске / Л.Н.Гродко // Инженерный журнал АН СССР. – № 2. - Москва : АН СССР, 1967. С. 24-29.
58. Гуревич, А.С. Управление авиационными газотурбинными двигателями / А.С.Гуревич. – Москва : МАИ, 2001. - 98 с.
59. Данилов, В.А. Вертолёт МИ-8МТВ. Устройство и техническое обслуживание / В.А.Данилов. - Москва : Транспорт, 1998. - 295 с.
60. Двигатель ТВ3-117. Инструкция по технической эксплуатации, книги 1-3. – Москва : Машиностроение, 1979. – 878 с.

61. Двоскин, А.А. Вертолёт МИ-8. Техническое описание. Лётно-технические характеристики / А.А.Двоскин, Б.С.Казаков, А.Г.Куликов. – Москва : Машиностроение, 1970. – 256 с.
62. Дементьев, В.Ф. Введение в минимакс / В.Ф.Дементьев, В.Н.Малоземцев. – Москва : Наука, 1972. – 368 с.
63. Джонсон, У. Теория вертолётот / У.Джонсон. – Москва : Мир, 1983. -1024 с.
64. Дмитриев, И.С. Системы управления одновинтовых вертолётот / И.С.Дмитриев, С.Ю.Есаулов. – Москва : Машиностроение, 1969. - 219 с.
65. Елисов, Л.Н. Качество профессиональной подготовки авиационного персонала и безопасность воздушного транспорта / Л.Н.Елисов. – Москва : Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2006. – 241 с.
66. Ермаков, С.М. Метод Монте-Карло в вычислительной математике. Вводный курс / С.М.Ермаков. – Санкт-Петербург : Невский диалект, Бином, Лаборатория знаний, 2009. -192 с.
67. Ефимов, В.В. Вывод приближённых аналитических зависимостей характеристик колебательного процесса груза на внешней подвеске вертолётот / В.В.Ефимов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 163. – Москва : МГТУ ГА, 2011. - С. 125-132.
68. Ефимов, В.В. Исследование влияния параметров груза на условия его равновесия на внешней подвеске вертолётот / В.В.Ефимов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 151. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С. 125-130.
69. Ефимов, В.В. Исследование влияния параметров груза на условия его равновесия на внешней подвеске вертолётот / В.В.Ефимов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 151. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С. 125-130.
70. Ефимов, В.В. Исследование колебаний физического маятника с подвижной точкой подвеса как упрощённой модели груза на внешней подвеске вертолётот / В.В.Ефимов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 138. – Москва : МГТУ ГА, 2008. - С. 126-131.

71. Ефимов, В.В. Математическое описание движения груза на внешней подвеске вертолѐта / В.В.Ефимов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 111. – Москва : МГТУ ГА, 2007. - С. 121-128.

72. Ефимов, В.В. О влиянии груза на внешней подвеске вертолѐта на его равновесие / В.В.Ефимов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 154. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С. 73-79.

73. Ефимов, В.В. О влиянии груза на внешней подвеске вертолѐта на его равновесие / В.В.Ефимов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 154. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С. 79-85.

74. Ефимов, В.В. Особенности интегрирования дифференциальных уравнений движения груза на внешней подвеске вертолѐта / В.В.Ефимов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 138. – Москва : МГТУ ГА, 2008. - С. 134-141.

77. Ефимов, В.В. Особенности обеспечения безопасности эксплуатации вертолѐтов с грузом на внешней подвеске / В.В.Ефимов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 151. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С. 124-129.

76. Ефимов, В.В. Исследование влияния параметров груза на внешней подвеске на балансировочные характеристики вертолѐта / В.В.Ефимов, В.А. Ивчин // Научный вестник МГТУ ГА. - № 154. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С. 86-93.

77. Заднепровский, Р.П., Теория трения скольжения / Р.П.Заднепровский. – Волгоград : Офсет, 2005. – 51 с.

78. Засядько, К. И. Влияние длительных пилотажных перегрузок умеренных величин на функциональные возможности экипажа самолета / К.И.Засядько, В.В.Лапа // Военно-медицинский журнал. – № 001. - Москва : Военно-медицинский журнал, 2008. - С. 52-55.

79. Зыль, В.П. Применение технологий мультимедиа для изучения авиационного оборудования / В.П.Зыль, С.В.Кузнецов, В.Ю.Комаров, Г.Е.Перегудов // Современные научно-технические проблемы ГА: Тезисы докладов МНТК. – Москва : МГТУ ГА, 1996ю - С.119.

80. Зыль, В.П. Разработка компьютерных технологий обучения инженерно-технического состава для ТОиР авионики ВС ГА / В.П.Зыль, Г.Е.Перегудов,

В.Ю.Комаров, А.А.Гусев, А.Л.Барраза // Научный вестник МГТУ ГА. - №3. – Москва : МГТУ ГА, 1998. - С.37-46.

81. Иванов, Б.Н. Дискретная математика. Алгоритмы и программы / Б.Н.Иванов. – Москва : Физматлит, 2007. - 408 с.

82. Ивчин, В.А. Метод расчёта характеристик РВ в присутствии кия на взлётном режиме / В.А.Ивчин // Научный вестник МГТУ ГА, - № 160. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С. 53-60.

83. Иноземцев, А.А. Газотурбинные двигатели / А.А.Иноземцев, В.Л.Сандрацкий. – Москва : Авиадвигатель, 2006. - 1204 с.

84. Иоффе, А.Д. Теория экстремальных задач / А.Д.Иоффе, В.М.Тихомиров. – Москва : Наука, 1974. - 479 с.

85. Ицкович, А.А. Тренажёр учебного назначения для запуска и опробования авиационного двигателя / А.А.Ицкович, В.А.Найда, А.С.Позолотин // Научный вестник МГТУ ГА. – № 160. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С. 164-168.

86. Кадневский, В.М. История тестов. Монография / В.М.Кадневский. – Москва : Народное образование, 2004. – 464 с.

87. Казанджан, П.К. Теория авиационных двигателей. Рабочий процесс и эксплуатационные характеристики газотурбинных двигателей / П.К.Казанджан, Н.Д.Тихонов, В.Т.Шулейкин. – Москва : Транспорт, 2002. - 288 с.

88. Ким, В.С. Компьютерная поддержка дисциплины «Общая электротехника» / В.С. Ким // Новые информационные технологии в педагогическом образовании. Тезисы докладов XII Республиканская научно-практическая конференция, 24-26 апреля, 1995. – Магнитогорск : МГПИ, 1995. - С.81-82.

89. Ким, В.С. Тестирование учебных достижений. Монография / В.С.Ким. - Уссурийск: УГПИ, 2007. - 214 с.

90. Ким, В.С. Компьютерное тестирование, как элемент управления учебным процессом / В.С.Ким // Вестник МГОУ. – том 2. – Москва : МГОУ, 2007. - С. 94-98.

91. Ким, В.С. Развивающая функция тестовых заданий / В.С.Ким // Педагогические измерения, - № 1. - Уссурийск : УГПИ, 2007. - С. 77-84.

92. Ким, В.С. Анализ результатов тестирования в процессе Rasch measurement / В.С.Ким // Педагогические измерения, - № 4. -, Уссурийск : УГПИ, 2005. - С. 39-45.

93. Ким, В.С. Коррекция тестовых баллов на угадывание / В.С.Ким // Педагогические измерения, - № 1. - Уссурийск : УГПИ, 2007. - С. 77-84.

94. Ким, В.С. Формирователь бинарных и корреляционных матриц / В.С.Ким // Тезисы межвузовской научно-методической конференции «Наука и учебный процесс» 17-19 декабря, 1996. – Владивосток : 1996. - С. 95-96.

95. Ким, Ю.В. Методика математического моделирования задач траекторного управления ПНК / Ю.В.Ким, В.С.Пеняева, И.Р.Невская // Отчет по НИР 1304, 1306. Пер. № 214-4-18-87. - Москва : МИЭА, 1987. - 65 с.

96. Кларин, М.В. Инновационные модели обучения в зарубежных педагогических поисках / М.В.Кларин. – Москва : Арена, 1994. - 223 с.

97. Кларк, Т. Компьютерная химия: Пер.с англ. / Т.Кларк. - Москва: Мир, 1990. - 383 с.

98. Клочков, В.В. Эколого-экономические аспекты обновления парка гражданской авиатехники / В.В.Клочков, А.И.Игнатьева // Всероссийская научно-техническая конференция «Новые материалы и технологии» НМТ. Тезисы докладов. – Москва : МАТИ, 2008. – С. 26-27.

99. Клочков, В.В. Экологические нормы как фактор конкурентной борьбы на рынках авиаперевозок и авиатехники / В.В.Клочков А.В.Шустов, Т.М.Гусманов // Авиакосмическая техника и технология. - № 3, Москва : Авиакосмическая техника и технология , 2007. - С. 61-70.

100. Ключевые показатели эффективности для СДО. Часть 1 (Электронный ресурс) – He-lab.ru, март 2010, - Режим доступа: <https://he-lab.ru>.

101. Ключевые показатели эффективности для СДО. Часть 2 (Электронный ресурс) – He-lab.ru, март 2010, - Режим доступа: <https://he-lab.ru>.

102. Козловский, В.Б. Вертолёт с грузом на внешней подвеске / В.Б.Козловский. – Москва : Машиностроение, 2008. – 302 с.

103. Колдаева, В.Б. К вопросу о планировании занятий по теоретическим дисциплинам / В.Б.Колдаева, В.М.Колдаев // Гуманитарные и социально-экономические аспекты обучения и воспитания кадров ВМФ. Сборник научных статей. - Вып. 3. – Владивосток : ТОВМИ, 2000. – С.101-109.

104. Колесников, В.И. Трение и изнашивание узлов машин и механизмов. Учебное пособие / В.И.Колесников, А.В.Иваночкин, А.В.Челохьян. – Ростов-на-Дону : Ростовский государственный университет путей сообщения, 2000. – 24 с.

105. Колесов, В.И. Виртуальный лабораторный практикум по дисциплине «Гидромашины и компрессоры» / В. И.Колесов, М.Д.Гаммер, А.В.Немков // Новые информационные технологии в нефтегазовой промышленности и энергетике: материалы междунаро. научн.-техн. конф., 7-9 октября 2003 г. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2003. - С.91-93.

106. Коровин, В.Д. West 6.0 – программа моделирования облика ГТД в среде Windows / В.Д.Коровин, А.А.Евстигнеев, А.И.Деев // Всероссийской конференции молодых учёных "Проблемы исследований и разработок по созданию силовых и энергетических установок XXI века". Тезисы докладов - Москва, ЦИАМ, 25-27 октября 2000 г. – Москва : ЦИАМ, 2000. – С.32-33.

107. Костылев, А.Г. Организация полётов для выполнения воздушных съёмок. Учебное пособие / А.Г.Костылев. - Ленинград : ОЛАГА, 1991. - 60 с.

108. Красовский, А.А. Математическое моделирование и компьютерные системы обучения и тренажа / А.А.Красовский – Москва : ВВИА им.Жуковского, 1989. - 255 с.

109. Красовский, А.А. Основы теории авиационных тренажеров / А.А.Красовский. - Москва : Машиностроение, 1995. - 303 с.

110. Красовский, А.А. Авиационные тренажеры / А.А.Красовский, В.И.Лопатин, А.И.Наумов, Ю.Н.Самолаев. – Москва : ВВИА им.Жуковского, 1992. - 320 с.

111. Красовский, Н.Н. Минимаксное поглощение в игре сближения / Н.Н.Красовский // Прикладная математика и механика – т.35, вып.6. – Москва : Прикладная математика и механика, 1971. - С. 945-951.

112. Красовский, Н.Н. Управление динамической системой: Задача о минимуме гарантированного результата / Н.Н.Красовский. - Москва : Наука, 1985. - 516 с.
113. Кречетников, К.Г. Проектирование креативной образовательной среды на основе информационных технологий в вузе. Монография / К.Г.Кречетников. – Москва : Госкоорцентр, 2002. – 296 с.
114. Кречетников, К.Г. Задания в тестовой форме и методика их разработки. Учебно-методическое пособие / К.Г.Кречетников. – Владивосток : ДВГУ, 2002. – 40 с.
115. Кромер, В. Еще раз о коррекции тестового балла / В.Кромер // Педагогические измерения. - № 1 – Москва : Педагогические измерения, 2007. – С.89-94.
116. Корпоративное электронное обучение: тенденции и перспективы / журнал «Открытые системы. СУДБ» - №7 - Москва : Открытые системы, 2009. – С.23-25.
117. Крылова, Т.В. Автоматизированные обучающие системы. Технология подготовки учебного курса к компьютеризации / Т.В.Крылова, М.А.Казимирова, О.А.Мясникова, Л.Ф.Кожевникова. – Нижний Новгород : 1990. Вып.6. - 63 с.
118. Кубланов, М.С. Математическое моделирование. Методология и методы разработки математических моделей механических систем и процессов. Моделирование систем и процессов. Учебное пособие. Часть I. Третье издание / М.С.Кубланов. – Москва : МГТУ ГА, 2004. – 108 с.
119. Кудрявцев, В.Б. Компьютерная система обучения автоматного типа / В.Б.Кудрявцев, К.Вашик, А.С.Строгалов, П.А.Алисейчик, В.В.Перетрухин // Проблемы теоретической кибернетики. - Москва : РГГУ, 1996. - С.111.
120. Кузнецов, С.В. Об отражении в проектах федеральных авиационных правил концепции подготовки и переподготовки инженерно-технического персонала гражданской авиации по авионике / С.В.Кузнецов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 48. – Москва : МГТУ ГА, 2002. - С. 10-17.
121. Кузнецов, С.В. Разработка компьютеризированного учебника по автоматическому управлению полетом самолетов / С.В.Кузнецов, А.А.Гусев, Д.А.Ражин // Современные научно-технические проблемы ГА. Тезисы докладов МНТК. – Москва : МГТУ ГА, 1999. - С.168.

122. Кузнецов, С.В. Новые концепция и методология подготовки и переподготовки инженерно-технического состава гражданской авиации по авионике современных типов ВС / С.В.Кузнецов, В.П.Зыль // Научный вестник МГТУ ГА, - № 3. – Москва : МГТУ ГА, 1998. - С. 27-36.

123. Кузнецов, С.В. Виртуальное моделирование систем и комплексов авионики / С.В.Кузнецов, А.В.Осипцов, Г.Е.Перегудов // Научный вестник МГТУ ГА, - № 48. – Москва : МГТУ ГА, 2002. - С. 65-71.

124. Кузнецов, С.В. Анализ состояния развития авиационных эксплуатационных тренажеров и их классификация / С.В.Кузнецов, Г.Е.Перегудов, В.Ю.Комаров // Совершенствование авиационного оборудования: межвузовский сборник научных трудов, - Москва : МГТУ ГА, 1996. С.75-79.

125. Курант, Р. Уравнения в частных производных / Р.Курант. – Москва : Мир, 1964. – 830 с.

126. Латышев, В.Л. Представление информации в системе «Человек – компьютер» / В.Л.Латышев, И.А.Клыпина. – Москва : МАИ, 1993. – 22 с.

127. Лебедев, А.А. О возможности попадания водосливного устройства и ленточной стропы в несущий и рулевой винты вертолѐта / А.А.Лебедев, В.М.Натальин, Ю.С.Опара // Научный вестник МГТУ ГА, - № 151. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С. 206-208.

128. Леонтьев, В.А. Метод решения уравнений движения упругих лопастей вертолетных винтов в общем случае движения / В.А.Леонтьев // Ученые записки ЦАГИ. - Т. ХLI. - № 5. Москва : ЦАГИ 0 - 2010. – С. 67-80.

129. Леонтьев, В.А. Программа для исследования динамики полета перспективных вертолетов. Описание применения / В.А.Леонтьев, В.И.Садчикова, И.И.Волобуева // Информационный сборник прикладных программ по аэромеханике самолетов. ОФАП. Рег.№ 0381-П. Вып.7. – Москва : ЦАГИ, 1990. С-37-43.

130. Лимарь, С.Н. Оценка адекватности информационных моделей, используемых в авиационных тренажерах. / С.Н.Лимарь // Научные чтения по авиации, посвященные памяти Н.Е.Жуковского. Тезисы докладов. - Москва : ВВИА им. проф. Жуковского, 2003. С.47.

131. Липаев, В.В. Качество программных средств. Методические рекомендации / В.В.Липаев. – Москва : Янус-К, 2002. – 400 с.
132. Лисс, А.Ю. Исследование работы лопастей несущего винта с учетом изгиба в двух плоскостях и кручения: дис. д-ра техн. наук / А.Ю.Лисс – Казань, 1974. – 221 с.
133. Литвинов, Ю.А. Характеристики и эксплуатационные свойства авиационных турбореактивных двигателей / Ю.А.Литвинов, В.О.Боровик. – Москва : Машиностроение, 1979. - 288 с.
134. Лучшие продукты на российском компьютерном рынке 2001. - №1. - Москва: Мир ПК, 2002. – 94 с.
135. Майоров, А.Н. Теория и практика создания тестов для системы образования / А.Н.Майоров. – Москва : Интеллект-центр, 2001. - 296 с.
136. Марков, Г.В. Справочник пилота и штурмана гражданской авиации / Г.В. Марков, Л.А.Остроградский. - Москва : Транспорт, 1971. - 328 с.
137. Маслак, А.А. Измерение латентных переменных в социально-экономических системах: Монография / А.А.Маслак. - Славянск-на-Кубани: СГПИ, 2006. -333 с.
138. Медведева, С.Н. Проектирование дистанционного курса «Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы» в среде IBM Workplace Collaborative Learning / С.Н.Медведев // Международный журнал «Educational Technology&Society». – Т. 12. - № 1. – 2009. - С. 417-425.
139. Миль, М.Л. Вертолёты. Расчёт и проектирование. Ч. 1 / М.Л.Миль, А.В.Некрасов, А.С.Браверманн. – Москва : Машиностроение, 1996. - 264 с.
140. Минасов, Ш.М. Проект «Гефест» как вариант практической реализации технологий электронного обучения в вузе в условиях интеграции традиционного и дистанционного обучения / Ш.М.Минасов, С.В.Тархов // Education Technology & Society, - № 8(1). – 2005. – С. 134-147.
141. Михальцев, В. Теория и проектирование газовых турбин / В.Михальцев. – Москва : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2020. – 232 с.

142. Михеев, Р.А. Прочность вертолётот / Р.А.Михеев. Москва : Машиностроение, 1984. - 280 с.
143. Михеев, О.В. Математические модели педагогических измерений / О.В.Михеев // Педагогические измерения. - № 2. - Москва : Педагогические измерения, 2004. -С. 75-88.
144. Молибог, А.Г. Программированное обучение (вопросы научной организации педагогического труда) / А.Г.Молибог. –Москва : Высшая школа, 1967. - 243 с.
145. Морев, И. А. Образовательные информационные технологии. Часть 2. Педагогические измерения: Учебное пособие / И.А.Морев – Владивосток : Дальневосточный университет, 2004. - 174 с.
146. Морев И.А. Образовательные информационные технологии. Часть 4. Развивающий измерительный процесс в вузе. Монография / И.А.Морев. – Владивосток : Дальневосточный университет, 2004. - 148 с.
147. Морозов, И.О Практическая аэродинамика вертолетов МИ-8Т (МТ, МТВ, АМТ) / И.О.Морозов, - Санкт-Петербург : Академия ГА, 2003. – 64 с.
148. Моцар, А.И. Математическая модель имитации полёта вертолётот на комплексном авиационном тренажёре. Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии / А.И.Моцар. – Харьков : ХАИ, 2008. – с.81-92.
149. Мягков, Ю.Г. Динамика лопастей при ударах по упором горизонтального шарнира. Труды ОКБ им. М.Л.Миля / Ю.Г.Мягков, М.Г.Рождественский. – № 11 - Москва : ОКБ им. М.Л.Миля 1979. – С. 64-69.
150. Нардюжев, В.И. Модели и алгоритмы информационно-вычислительной системы компьютерного тестирования. Монография / В.И.Нардюжев, И.В.Нардюжев. – Москва : Прометей, 2000. -148 с.
151. Натальин, В.М. Вертикальные низкочастотные колебания вертолётот МИ-8 в полёте и способы их устранения / В.М.Натальин // Научный вестник МГТУ ГА. - № 111. – Москва: МГТУ ГА, 2007. - С. 192.

152. Натальин, В.М. Моделирование управляющих воздействий пилота в условиях особых ситуаций / В.М.Натальин // Научный вестник МГТУ ГА. - № 138. – Москва: МГТУ ГА, 2008. - С. 205-209.

153. Натальин, В.М. О результате лётного эксперимента, проведённого на вертолёте МИ-8 в условиях возникновения полётного резонанса в системе «НВ – фюзеляж – лётчик – система управления» / В.М.Натальин // Научный вестник МГТУ ГА. - № 111. – Москва: МГТУ ГА, 2007. - С. 191.

154. Натальин В.М. Оценка безопасности полёта МИ-8МТВ при отказе одного двигателя на режиме висения по результатам лётных испытаний / В.М.Натальин // Научный вестник МГТУ ГА. - № 151. – Москва: МГТУ ГА, 2010. - С. 202-205.

155. Невская, И.Р. Имитационное моделирование автоматического самолётовождения для электронных средств обучения лётного и инженерно-технического персонала: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.14 / Невская Ирина Романовна. – М., 2005. – 220 с.

156. Нейман, Ю.М. Введение в теорию моделирования и параметризации педагогических тестов / Ю.М.Нейман, В.А,Хлебников. – Москва : Загорская тип., 2000. - 168 с.

157. Нейман, Ю.М. Педагогическое тестирование как измерение / Ю.М.Нейман, В.А,Хлебников. – Москва : Центр тестирования МО РФ, 2002. - 67 с.

158. Нечаев, Ю.Н., Теория авиационных газотурбинных двигателей / Ю.Н.Нечаев, Р.Н.Фёдоров. – Москва : Машиностроение, 1977. - 312 с.

159.Новиков, А.А. О математической модели аэродинамики вертолёта при его применении вблизи произвольно ориентированной граничной поверхности / А.А.Новиков // Научный вестник МГТУ ГА. - № 111. – Москва : МГТУ ГА, 2007. - С. 77-79.

160. Новые Internet-технологии электронного обучения / журнал «Открытые системы» - № 10 – Москва : 2009. С. 23-24.

161. Обучение с инструктором, журнал «Открытые системы», - № 7 – Москва : 2009. С. 12-15.

162. Ознакомительная версия АС «Доцент» [Электронный ресурс]. – Москва : Компьютер Пресс, 2001. – 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).
163. Онлайн-тестирование в экспресс-режиме (Электронный ресурс) - Trainings.ru, 2010, - Режим доступа: <https://trainings.ru>.
164. Орлов, А.И. Теория измерений и педагогическая диагностика / А.И.Орлов // Педагогическая информатика. - №1. – Москва : Педагогическая информатика, 2004. – С.22-31.
165. Осипцов, А.В. Международные стандарты компьютерного моделирования и электронной технической документации авионики / А.В.Осипцов, И.Р.Невская // Научный вестник МГТУ ГА. - № 71. – Москва : МГТУ ГА, 2003. - С. 85-89.
166. Паршенцев, С.А. Расчёт силы натяжения троса системы внешней подвески вертолёта при буксировке подвесных устройств по водной поверхности с учётов воздействия внешних возмущений / С.А.Паршенцев // Научный вестник МГТУ ГА. - № 111. – Москва : МГТУ ГА, 2007. - С. 185-186.
167. Паршенцев, С.А., Прустов Н.А. Оценка поля концентрации жидких и твёрдых частиц при их распределение с устройства на внешней подвеске вертолёта / С.А.Паршенцев, Н.А.Прустов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 154. – Москва : МГТУ ГА, 2010. - С. 71-78.
168. Педагогический энциклопедический словарь – Москва : Большая рос. энциклопедия, 2002. – С.172.
169. Перегудов, Т.Е. Методические аспекты разработки электронных тренажеров авионики / Т.Е.Перегудов, С.В.Кузнецов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 71. – Москва : МГТУ ГА, 2003. - С. 74-80.
170. Перегудов, Г.Е. Практические аспекты разработки электронных тренажеров авионики / Г.Е.Перегудов, А.В.Осипцов // Научный вестник МГТУ ГА. - № 71. – Москва : МГТУ ГА, 2003. - С.81-84.
171. Перескоков, А.Н. Приборное оборудование вертолетов МИ-8Т (МТ, МТВ, АМТ) / А.Н.Перескоков. – Санкт-Петербург : Академия ГА, 2003. – 76 с.

172. Перескоков, А.Н. Электрооборудование вертолетов МИ-8Т (МТ, МТВ, АМТ) / А.Н.Перескоков. – Санкт-Петербург : Академия ГА, 2003. – 72 с.

173. Подколзин, А.С. О формализации приемов решения математических задач / А.С.Подколзин // Интеллектуальные системы. - т. 3. Вып. 3–4. – Москва : Интеллектуальные системы, 1998. - С. 51–74.

174. Пономаренко, В.А. Деятельность лётных экипажей и безопасность полётов / В.А.Пономаренко, В.В.Лана, А.В.Чунтул. – Москва : Полиграф, 2003. - 202 с.

175. Правила подготовки лётного состава вертолётчиков (ППЛС) с полётной массой от 7 до 20 тонн. - М.: ФАВТ, 2011 – 216 с.

176. Регламент ТО вертолета МИ-8МТВ-1, часть 1. Планер и силовая установка, часть 2. Авиационное и радиоэлектронное оборудование. – Москва: ГосНИИ ГА, 1995. – 76 с.

177. Рекомендации по переводу тестового балла централизованного тестирования (вузовского) в пятибалльную шкалу оценок в 2005 г. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rustest.ru/test/scale100in5.php>.

178. Роппа, Е.Н. Специальное оборудование вертолётчика МИ-8 и его лётная эксплуатация / Е.Н.Роппа. – Москва : Машиностроение, 1977. – 120 с.

179. Рудаченко, А.В. Газотурбинные установки: учебное пособие / А.В.Рудаченко, Н.В.Чухарёва, С.С.Байкин. – Томск : Томский политехнический университет, 2008. – 139 с.

180. Руднев, Н.А. А.Ю. Программа «GMTP». Авторское свидетельство № 990857 / Н.А.Руднев, А.Ю.Абызгильдин. – Москва : РОСПАТЕНТ, 1999.

181. Руднев, Н.А. Программа «DFP EXPERT». Авторское свидетельство № 2000611224 / Н.А.Руднев, А.Ю.Абызгильдин, М.Ю.Абызгильдина. – Москва : РОСПАТЕНТ, 2000 год.

182. Руководство по лётной эксплуатации вертолета МИ-8МТВ. – Казань : КВЗ, 1994. – 438 с.

183. Руководство по технической эксплуатации вертолета МИ-8МТВ-1, 7 книг. – Казань : КВЗ, 1995. – 965 с.

184. Руководство по центровке и загрузки вертолета МИ-8МТВ-1. – Москва : ГосНИИ ГА, 1995. – 45 с.
185. Рухлинский, В.М. Проект ИКАО-МАК: обучать на отлично / В.М.Рухлинский. Москва: Международный авиационно-космический журнал «Авиасоюз». - № 1(14). - 2007, С. 32-34.
186. Рыбкин, П.Н. Конструкция вертолетов МИ-8Т (МТ, МТВ, АМТ) / П.Н.Рыбкин. – Санкт-Петербург : Академия ГА, 2003. – 88 с.
187. Рыбкин, П.Н. Конструкция двигателей ТВ2-117А (АГ), / П.Н.Рыбкин. – Санкт-Петербург : Академия ГА, 2003. – 72 с.
188. Рыбкин, П.Н. Конструкция двигателей ТВ3-117ВМ и АИ-9В / П.Н.Рыбкин. – Санкт-Петербург : Академия ГА, 2003. – 84 с.
189. Рыбкин, П.Н. Математическая модель автомата перекося и систем управления / П.Н.Рыбкин // Научный вестник МГТУ ГА. – Выпуск 173. – Москва : МГТУ ГА, 2011 – С. 168-173.
190. Рыбкин П.Н. Математическая модель доплеровского измерителя скорости как часть математической модели летного тренажера вертолета МИ-8МТВ / П.Н.Рыбкин // Научный вестник МГТУ ГА. – Выпуск 176. – Москва : МГТУ ГА, 2012 – С. 109-112.
191. Рыбкин П.Н. Математическая модель двигателя ТВ3-117ВМ / П.Н.Рыбкин // Труды МАИ. – Выпуск 58. – Москва : МАИ, 2012 – С. 18.
192. Рыбкин П.Н. Компьютерный тренажер для пилотов вертолетов МИ-8МТВ для отработки навигационных задач / П.Н.Рыбкин // Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока. – Выпуск 2. – Омск : Научные проблемы транспорта Сибири и Дальнего Востока, 2012 – С. 157-160.
193. Рыбкин П.Н. Компьютерные тренажеры для предполётных проверок систем и оборудования вертолета МИ-8МТВ / П.Н.Рыбкин // Полёт. – Выпуск 11. – Москва : Машиностроение Полёт, 2012 – С. 19-26.
194. Рыбкин П.Н. Математическая модель несущего винта в составе математической модели летного тренажера вертолета / П.Н.Рыбкин // Полёт. – Выпуск 12. – Москва : Машиностроение Полёт, 2012 – С. 19-26.

195. Самарский, А.А. Математическое моделирование. Идеи, методы, примеры / А.А.Самарский, А.П.Михайлов. – Москва : Физматлит, 2005. – 316 с.
196. Свириденко, А.Н. Математическая модель системы «вертолёт – груз на внешней подвеске» / А.Н.Свириденко // Научный вестник МГТУ ГА. - № 111. - Москва : МГТУ ГА, 2007. - С. 129-134.
197. Свириденко, А.Н. Математическая модель движения водосливного устройства на внешней подвеске вертолёта / А.Н.Свириденко, Ю.Н.Свириденко // Научный вестник МГТУ ГА. - № 154, 2010. - С. 94-99.
198. Селевко, Г.К. Технологии развивающего образования. Учебное пособие / Г.К.Селевко – Москва : Нар. образование, 1998. - 255 с.
199. Селихов, А.Ф. Исследование нагрузок на рулевой винт и хвостовую балку одновинтового вертолёта в плоскости вращения рулевого винта / А.Ф.Селихов // Труды ЦАГИ. – вып. 787. – Москва : ЦАГИ, 1960.
200. Семенович, А.Н. Авиационные происшествия и серьезные инциденты, происшедшие на взлете и посадке, связанные с попаданием вертолета в режим неуправляемого левого вращения / А.Н.Семенович // Труды общества исследователей авиационных происшествий – вып. 12. - Москва : Общество исследователей авиационных происшествий, 2000. С. 12-13.
201. Соболев, И.М. Метод Монте-Карло / И.М.Соболев. – Москва : Наука, 1968. – 64 с.
202. Советов, Б.Я. Моделирование систем. Учебник для вузов. – 3-е изд. перераб. и доп. / Б.Я.Советов, С.А.Яковлев. – Москва : Высшая школа, 2001. – 343 с.
203. Соловов, А.В. Электронное обучение: проблематика, дидактика, технология / А.В.Соловов. – Самара : Новая техника, 2006. – 462 с.
204. Соломатин, С.Ю. Учебник виртуального пилота. Кн. 1. Пилотаж. / С.Ю.Соломатин. – Саранск : Мордовский университет, 2008. – 160 с.
205. Сызранцев, В.Н. Компьютерные тренажеры для обучения студентов нефтегазового направления / В.Н.Сызранцев, М.Д.Гаммер, К.М.Черезов // Бурение и нефть, - № 10. – Москва : Бурение и нефть, 2006. - С. 34–37.

206. Сызранцев, В.Н. Разработка и внедрение компьютерных тренажеров на кафедре МОНиГП в ТюмГНГУ / В.Н. Сызранцев, М.Д. Гаммер // Сборник уч.-мет. Материалов; сост. М.М. Афанасенкова, Н.А. Аксенова. – Тюмень : ТюмГНГУ, 2005. - С. 134-138.
207. Талызина, Н.Ф. Теоретические проблемы программированного обучения / Н.Ф.Талызина – Москва : МГУ, 1969. - 134 с.
208. Талызина, Н.Ф. Управление процессом усвоения знаний / Н.Ф.Талызина – Москва : МГУ, 1975. – 343 с.
209. Тарасенко, А.Д. Радиооборудование вертолетов МИ-8Т (МТ, МТВ, АМТ) / А.Д.Тарасенко. – Санкт-Петербург : Академия ГА, 2003. – 74 с.
210. Техническое задание на программирование математического имитатора «Динамика» МСК-Н. – Москва : МИЭА, 1997. - 72 с.
211. Техническое задание на разработку Вычислительной системы самолетовождения самолета Ан-148. - Москва, Киев, 2003. - 120 с.
212. Типовые программы дополнительного профессионального образования и курсов повышения квалификации персонала ГА РФ. - Москва: РОСАВИАЦИЯ, 2010. -78 с.
213. Тиффин, Д. Что такое виртуальное обучение / Д.Тиффин, Л.Раджасингам. – Москва : Информатика и образование, 1999. – 311 с.
214. Тищенко, М.Н. Вертолёты / М.Н.Тищенко, А.В.Некрасов, А.С.Радин. – Москва : Машиностроение, 1976. - 368 с.
215. Ткаченко, А.Ю. Оптимизация управления газотурбинным двигателем по критериям эффективности ЛА : дис. ... канд. техн. наук : 05.07.05/ Ткаченко Андрей Юрьевич. - Самара, 2009. - 148 с.
216. Тренажёрные технологии и симуляторы. Материалы научно-технической конференции под ред. Юревича Е.Б. – Санкт-Петербург : СПб ГПУ, 2002, - 207 с.
217. Тыщенко, О.Б. Компьютерные технологии в обучении. Публикации. Электронный учебник. Новое средство компьютерного обучения - электронный

учебник / О.Б.Тыщенко // Компьютеры в учебном процессе. - № 10. - 1999, С.89-92. Режим доступа: <http://www.256.ru/publish/elec-book.php>.

218. УНИАР - три поколения систем дистанционного обучения. – № 9. - Москва : Управление персоналом, 2003. – С.7.

219. Учить подобному подобным/ журнал «Открытые системы», №10. - Москва : Открытые системы, 2009. С. 23-25.

220. Фалалеева, О.Н. Банк тестовых заданий по физике для тестовой оболочки STEACHER (Didactor). Зарегистрировано ОФАП 24.05.2007. Свидетельство о регистрации отраслевой разработки №8404.

221. Федеральные авиационные правила «Подготовка и выполнение полётов в ГА РФ», - Москва : Росавиация, 2009.

222. Федеральные авиационные правила «Сертификация авиационных учебных центров». – Москва: ФСВТС России, 1999.

223. Федоров, В.В. Численные методы максимина / В.В.Федоров. – Москва : Наука, 1979. - 278 с.

224. Филатов, Г.А. Безопасность полётов в возмущённой атмосфере / Г.А.Филатов, Г.С.Пуминова, П.В.Сильвестров. – Москва : Транспорт, 1992. - 196 с.

225. Уваров, В.В. Газовые турбины и газотурбинные установки / В.В.Уваров – Москва : Книга по требованию, 2012. - 320 с.

226. Чельшкова, М.Б. Теория и практика конструирования педагогических тестов: Учебное пособие / М.Б.Чельшкова. – Москва : Логос, 2002. - 432 с.

227. Ченцов, А.Г. Универсальная версия обобщенных интегральных ограничений в классе конечно-аддитивных мер / А.Г.Ченцов // Известия вузов. мат. - № 7 – Москва : Известия вузов. мМат., 1999. - С. 67-74.

228. Чичинадзе, А.В., Основы трибологии (трение, износ, смазка). Учебник для технических вузов / А.В.Чичинадзе, Э.Д.Браун, Н.А.Буше и др. – Москва : Машиностроение, 1995. – 777 с.

229. Шишкин, В.В. Принципы модернизации комплексных тренажеров экипажей летательных аппаратов / В.В.Шишкин // Научный вестник МГТУ ГА. - № 48. - Москва : МГТУ ГА, 2002. - С. 48-56.

230. Abyzgildin, U.Airat New Information Technology in Petrochemical Industry / Abyzgildin U.Airat, Rudnev A.Nikolay // Workshop on Computer Science and Information Technologies CSIT'2000. - Ufa, Russia, 2000. – C. 23-24.

231. Abyzgildin, U.Airat, Rudnev A.Nikolay Usage of Object-oriented analyses and Method of Graphic Models in Program for Computing and Optimizing Petrochemical Processes / Abyzgildin U.Airat, Rudnev A.Nikolay // Workshop on Computer Science and Information Technologies CSIT'2000. - Ufa, Russia, 2000. - C. 24-26.

232. Kabassi K. & Virvou M. (2003). Using Web Services for Personalised Web-based Learning. Educational Technology & Society, 6(3), P. 61-71.

233. Kinshuk & Patel A. A conceptual framework for Internet based intelligent tutoring systems. Knowledge transfer (volume II) (ed. A.Behrooz), pAce, London, P. 117-124.

234. Microsoft «Microsoft Flight Simulator 2004: A Century of Flight Software Development «Kit».

235. Pavlenko N.S. A New Concept of the Main Rotor for a High-Speed Single-rotor Helicopter, Proceedings 33th European rotorcraft forum, Kazan, Russia, 2007. C- 23-24.

236. Sally He, Kinshuk, Hong Hong and Ashok Patel «Granular Approach to Adaptivity in Problem-based Learning Environment» / Valery Petrushin, Piet Kommers, Kinshuk and Ildar Galeev (ed): Proceedings of IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies, Kazan, Russia, August 9-12, 2002. - P. 3-7.

ПРИМЕРЫ ДОКУМЕНТОВ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

П.1.1. Письма Руководителя Департамента лётных стандартов



МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
(МИНТРАНС РОССИИ)

ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ

Ленинградский проспект 37, Москва,
А-167, ГСП-3, 125993

Генеральному директору
ОАО «СПАРК»
Борисову Ю.А.

06.11.2003 № 10.1.14-11977А

О тренажере КТВ Ми-8МТВ
На № 215-2003/Л от 25.07.2003г.

В Департаменте летных стандартов МТ РФ рассмотрена заявка ОАО «СПАРК» о квалификации тренажера КТВ Ми-8МТВ, а также проведены необходимые работы с привлечением ФГУП ГосНИИ ГА по определению квалификационного уровня данного тренажера.

Настоящим письмом подтверждаю соответствие тренажера КТВ Ми-8МТВ уровню «А» комплексного тренажера «Норм годности авиационных тренажеров для подготовки авиаперсонала воздушного транспорта» (Дополнение № 1), утвержденных ФАС России 18 июля 2000г.

Основания:

- акт испытаний тренажера;
- заключение АСЦ ФГУП ГосНИИ ГА;
- летная оценка ДЛС ГС ГА Минтранса России;
- сертификат на тренажер вертолета Ми-8МТВ (АМТ) от 04.12.01г.

Руководитель ДЛС



Е.Н.Лобачев

Исп. Степанов А.Н.
тел. (095)155-56-55

КОПИЯ



**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**
**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО НАДЗОРУ В СФЕРЕ ТРАНСПОРТА**

Ленинградский проспект, 37, Москва
А-167, ГСП-3, 125993,
Телетайп: 111495, Факс: 155-55-35

9.12.2004 № 6.1.14-1820
На № 27-9455 от 14.10.2004г.

ОАО «Санкт-Петербургская
авиаремонтная компания»
196210, г. Санкт-Петербург,
ул. Пилотов, 12
факс (812) 104-16-02

[О тренажере КТВ Ми-8МТВ]

В Управлении надзора за летной деятельностью ФСНСТ Минтранса России рассмотрена заявка с доказательной документацией ОАО «СПАРК» о возможности продления срока действия сертификата КТВ Ми-8МТВ.

Настоящим письмом подтверждаю возможность подготовки на тренажере КТВ Ми-8МТВ, установленном в авиационном учебном центре ОАО «СПАРК», авиационного персонала по утвержденным программам подготовки.

Зам. Начальник Управления надзора
за летной деятельностью

Е.Н.Лобачев

Степанов А.Н.
155-56-55

П.1.2. Пример программы для одного из упражнений на лётном тренажёре вертолёта Ми-8МТВ

Упражнение №3

Цель упражнения:

Отрабатываются навыки выполнения взлета с разбегом и посадки с пробегом.

Отрабатываются навыки выполнения полета по прямоугольному маршруту с использованием РТС.

Выполняется полет в зону для отработки виражей, маневрирования скоростью, снижения на режиме самовращения несущего винта, выход на новую линию заданного пути с помощью радиотехнических средств.

Отрабатываются действия экипажа при отказе двигателя на различных этапах полета.

Подробно рассматривается противообледенительная система, курсовая система ГМК-1, радиокompас АРК-9.

Приобретаемые практические навыки:

- Эксплуатация противообледенительной системы;
- Эксплуатация курсовой системы ГМК-1 и радиокompаса АРК-9;
- Выполнение стандартных процедур;
- Отработка навыков выполнения взлета с разбегом и посадки с пробегом;
- Отработка навыков выполнения виражей, маневрирования скоростью, снижения на режиме самовращения несущего винта, выход на новую линию заданного пути с помощью радиотехнических средств;
- Отработка навыков при отказе двигателя.

Самостоятельная теоретическая подготовка:

- Предполетная проверка и эксплуатация противообледенительной системы	РЛЭ 8.12.3
- Предполетная проверка и эксплуатация ГМК-1	РЛЭ 8.16.7
- Предполетная проверка и эксплуатация АРК-9	РЛЭ 8.14.3
- Взлет с разбегом	РЛЭ 4.2.5

- Посадка с пробегом РЛЭ 4.7.2.3
- Режимы снижения РЛЭ 4.5.3

Наземная подготовка (инструктаж):

- Полет в условиях обледенения;
- Эксплуатация АРК-9 и ГМК-1;
- Взлет с разбегом и посадка с пробегом;
- Снижение на режиме самовращения несущего винта;
- Действия экипажа при отказе двигателя.

Предполетная проверка - Нормальные процедуры.

Эксплуатация ВСУ - Нормальная эксплуатация.

Запуск двигателей - Нормальная эксплуатация.

Визуальный полет по кругу - Нормальные процедуры.

Полеты по прямоугольному маршруту с использованием РТС:

- Нормальные процедуры;
- Полеты в условиях обледенения;
- Отказ двигателя на различных этапах полета.

Полеты выполняются с основного аэродрома базирования КТВ Ми-8МТВ (МУРМАШИ). Количество полетов – 3.

Полёты в зону, рисунок П.1.1:

- Нормальные процедуры
- Выполнение виражей, маневрирования скоростью
- Снижение на режиме самовращения несущего винта
- Выход на новую линию заданного пути с помощью радиотехнических средств

Количество полетов – 2.

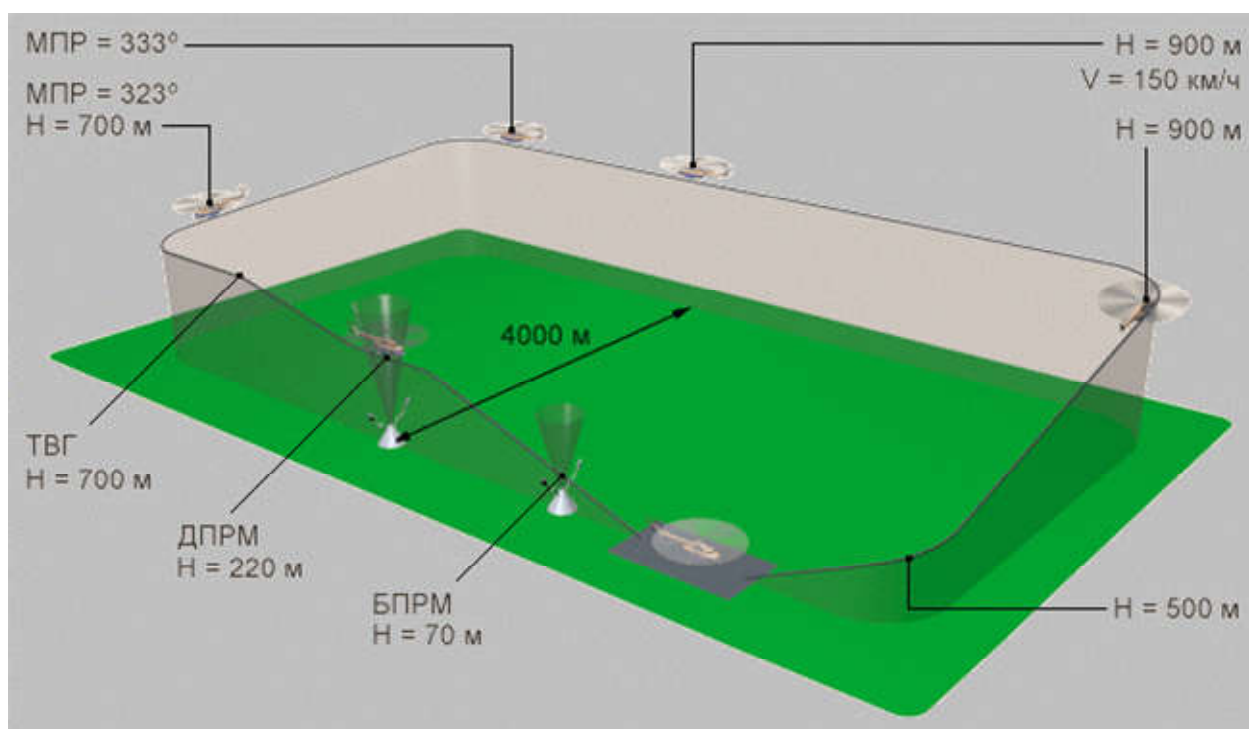


Рисунок П.1.1 – Схема полётов в зону

СЕРТИФИКАТЫ НА ЛЁТНЫЙ ТРЕНАЖЁР И НА ВИДЫ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

П.2.1. Сертификат на лётный тренажёр вертолёта

КОПИЯ



Министерство транспорта Российской Федерации
ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА ГРАЖДАНСКОЙ
АВИАЦИИ

Система сертификации на воздушном
транспорте Российской Федерации

СЕРТИФИКАТ на тренажер вертолета Ми-8МТВ (АМТ)

Настоящим удостоверяется, что тренажер вертолета Ми-8МТВ(АМТ), заводской номер №0001, принадлежащий ОАО «Санкт-Петербургская авиаремонтная компания», соответствует требованиям нормативных документов и позволяет использовать его для тренировок членов экипажей и инженерно-технического персонала по утвержденным программам.



Руководитель
Органа по сертификации АУЦ ГА

Подпись

М.П.

Ю.П.Таршин
инициалы, фамилия

Подписано в Москве

Дата вступления в силу

Срок действия

с

" 04 " декабря 2001 г.

по

" 04 " декабря 2004 г.

П.2.2. Сертификаты и разрешающие документы на виды образовательной деятельности МАК и ряда зарубежных стран



Development of Operational Safety and Continuing Airworthiness Under
ICAO Technical Co-operation Programme
(Project Rer/01/901)



Bld. 22/2/1 Bolshaya Ordynka Str., 109017, Moscow, Russian Federation, Tel.: (7-495) 953-53-44, Fax: (7-495) 953-35-08
email: icaomak@mak.ru

Генеральному директору
ЗАО «НПО «СПАРК»
Рыбкину П.Н.

Настоящим подтверждаю, что учебный центр НПО «СПАРК», сертифицированный ФАВТ России (сертификат №74 от 16 мая 2011 года), проводит подготовку инженерно-технического и летного персонала вертолетов, в соответствии с требованиями действующих авиационных правил России (ФАП), гармонизированными с требованиями Стандартов и Рекомендуемых практик (SARPS) ИКАО.

Последовательная, глубокая и серьезная работа, проводимая руководством НПО «СПАРК» на протяжении многих лет, позволила создать данный учебный центр и вывести его на международный уровень. О тренажерном центре на базе НПО «СПАРК» с благодарностью вспоминают авиационные специалисты из Российской Федерации, Республики Казахстан, Республики Туркменистан и из многих других стран.

Тесное и плодотворное сотрудничество между Межгосударственным авиационным комитетом (МАК) и Санкт-Петербургской авиаремонтной компанией «СПАРК» длится уже более 10 лет. Я рад отметить, что учебный центр НПО «СПАРК» использует в своей работе новейшие технологии и достижения в области авиации. Уверен, что учебный центр будет оказывать неоценимую помощь в подготовке авиационных специалистов многих стран.

С уважением,

д.т.н. Рухлинский В.М.

Координатор
Регионального Проекта ИКАО/МАК
RER/01/901
«Повышение эксплуатационной
безопасности и поддержание летной
годности»

ДЕПАРТАМЕНТ ГРАЖДАНСКОЙ
АВИАЦИИ ПРИ МИНИСТЕРСТВЕ
ТРАНСПОРТА И КОММУНИКАЦИЙ
КЫРГЫЗСКОЙ РЕСПУБЛИКИ



CIVIL AVIATION AUTHORITY UNDER
THE MINISTRY OF TRANSPORT
AND COMMUNICATIONS OF
THE KYRGYZ REPUBLIC

СЕРТИФИКАТ ПРИЗНАНИЯ

Certificate of Approval

№ 281/316

**Настоящий Сертификат
выдан:**

This Certificate is issued to:

Авиационный учебный центр дополнительного
профессионального образования акционерного
общества «Научно-производственное объединение
«СПАРК»

Scientific Production Association SPARC AO

Адрес:

Whose business address is:

196210, Россия, г. Санкт-Петербург, ул.
Пилотов, 12

Удостоверяется, что держатель настоящего Сертификата соответствует требованиям Воздушного законодательства и нормативных актов Кыргызской Республики и одобрен в качестве учебного заведения, осуществляющего образовательную деятельность по видам подготовки, указанным в прилагаемом Перечне, являющимся неотъемлемой частью настоящего Сертификата.

Hereby certified that the Holder of this Certificate complies with Air Law and normative acts of the Kyrgyz Republic and is approved as an educational institution carrying out educational activity with regard to types of training and specialties specified in the attached List which is an integral part of the Certificate.

Настоящий Сертификат не подлежит передаче и будет действительным в пределах установленного срока, если его действие не будет приостановлено или прекращено.

This certificate shall not be transferred and shall remain valid until it is suspended or terminated.

Срок действия до / Valid till

«24» марта/march 2026 г.

**Заместитель директора
Deputy director**

**Т. Аскарров
T. Askarov**

М.П.
Stamp



«05» апреля/april 2023 г.

000522

**O'ZBEKISTON RESPUBLIKASI
PARVOZLAR XAVFSIZLIGINI
NAZORAT QILISH
DAVLAT INSPEKSIYASI**

DAVAVIANAZORAT

O'zbekiston Respublikasi, 100015,
Toshkent sh., Nukus ko'chasi, 73 "b" uy
Tel: (+998 71) 120-00-60
Faks: (+998 71) 254-14-82



www.uzcaa.uz

**STATE INSPECTION OF THE
REPUBLIC OF UZBEKISTAN
FOR FLIGHT SAFETY
OVERSIGHT**

STATE AVIATION OVERSIGHT

73 "b" Nukus street, Tashkent 100015,
Uzbekistan
Tel: (+998 71) 120-00-60
Fax: (+998 71) 254-14-82

09.03.18 № 01-39/13-466

РЕШЕНИЕ

о признании Сертификата АУЦ № 280 от 18.09.2017 года

По результатам рассмотрения Заявки № ПС 5-808-6 от 06.03.2018 года авиакомпании «САР» и анализа представленных документов Акционерного Общества Научно-производственного объединения «СПАРК» г. Санкт-Петербург (Россия) Сертификата АУЦ № 280 и Приложения (разрешенные программы подготовки на вертолете Ми-8 и его модификации) выданного 18.09.2017г. Российским Федеральным агентством воздушного транспорта и Лицензия № 0503 от 27.05.2013г. на осуществлении образовательной деятельности, выданный Правительством Санкт-Петербурга, Комитетом по образованию принято решение Сертификат АУЦ НПО «СПАРК» г. Санкт-Петербург, выданного Российским Федеральным агентством воздушного транспорта в части подготовки, тренировки и проверки летного состава на тренажере вертолета Ми-8 признать действительным полностью.

Настоящее Решение о признании действительно на период срока действия Сертификата № 280 АУЦ НПО «СПАРК» и не подлежит передаче.

Действие Решения может быть приостановлено или прекращено в установленном порядке.

Начальник Государственной
инспекции Республики Узбекистан
по надзору за безопасностью полетов



Ульжаев Т.Э.

09 марта 2018г.

«ҚАЗАҚСТАННЫҢ
АВИАЦИЯЛЫҚ ӘКІМШІЛІГІ»
АКЦИОНЕРЛІК ҚОҒАМЫ

010000, Қазақстан Республикасы,
Астана қ., Мәңгілік Ел даңғылы
55/15, С2.3 блогы



+7 (7172) 79-82-28
frontoffice@caa.gov.kz
www.caa.gov.kz

AVIATION ADMINISTRATION
OF KAZAKHSTAN
JOINT STOCK COMPANY

Block C2.3, 55/15 Mangilik El Ave,
010000, Astana city,
Republic of Kazakhstan

№ -10-23/2682 от 27.06.2023

РГП «ГАК «Беркут»

На исх. № 06/02-04/980 от 23 июня 2023 года

АО «Авиационная администрация Казахстана», рассмотрев ваше письмо касательно признания иностранного авиационного учебного центра (далее-ИАУЦ) **АО «НПО «СПАРК»**, сообщает следующее.

В соответствии с пунктом 2, статьи 54 Закона Республики Казахстан «Об использовании воздушного пространства Республики Казахстан и деятельности авиации» от 15 июля 2010 года № 339-IV ИАУЦ **АО «НПО «СПАРК»**, сертификат № **316** (Россия), с использованием тренажерного устройства (КТВ Ми-8МТВ/Ми-172), признан для подготовки пилотов РГП «ГАК «Беркут» на воздушном судне Ми-172 сроком до **27 июня 2025 года**.

И.о. Генерального директора

Д. Еспотанов

Исполнитель: Н. Мусалимова

E-mail: nadezhda.mussalimova@caa.gov.kz

КОМПЛЕКТ ДОКУМЕНТОВ ДЛЯ ИНДИВИДУАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ

Типовой план-график подготовки представлен в таблице П.3.1.

Таблица П.3.1 – Типовой план-график подготовки

Учебный центр ОАО "СПАРК"									
РАСПИСАНИЕ ЗАНЯТИЙ									
Часы	9	10	11	12	13	14	15	16	17
Понедельник 01-ый рабочий день		Вводная	АОС		Обед		АОС		
Вторник 02-ый рабочий день			АОС		Обед		АОС		
Среда 03-ый рабочий день			АОС		Обед		АОС		
Четверг 04-ый рабочий день			АОС		Обед		АОС		
Пятница 05-ый рабочий день			АОС		Обед		АОС		
Суббота	выходной								
Воскресенье	выходной								
Понедельник 06-ый рабочий день			АОС		Обед	БРФ	Урок 1 КФТ, НТ	РП	
Вторник 07-ый рабочий день			АОС		Обед	БРФ	Урок 2 КФТ, НТ	РП	
Среда 08-ый рабочий день			АОС		Обед		АОС		
Четверг 09-ый рабочий день			АОС		Обед	БРФ	Урок 3 КФТ, НТ	РП	
Пятница 10-ый рабочий день			АОС		Обед	БРФ	Урок 4 КФТ, НТ	РП	
Суббота	выходной								
Воскресенье	выходной								
Понедельник 11-ый рабочий день			АОС		Обед	БРФ	Урок 5 КФТ, НТ	РП	
Вторник 12-ый рабочий день			АОС		Обед	БРФ	Урок 6 КФТ, НТ	РП	
Среда 13-ый рабочий день			АОС		Обед		АОС		
Четверг 14-ый рабочий день			АОС		Обед	БРФ	Урок 7 КФТ, НТ	РП	
Пятница 15-ый рабочий день			АОС		Обед	БРФ	Урок 8 КФТ, НТ	РП	
Суббота	выходной								
Воскресенье	выходной								
Понедельник 16-ый рабочий день			АОС		Обед	БРФ	Урок 9 КФТ, НТ	РП	
Вторник 17-ый рабочий день			АОС		Обед	БРФ	Урок 10 КФТ, НТ	РП	
Среда 18-ый рабочий день			АОС		Обед	БРФ	Урок 11 КФТ, НТ	РП	
Четверг 19-ый рабочий день	БРФ	Урок 12 КФТ, НТ	РП	Обед		Экзамен			
с 20-го по 28-ый рабочие дни	КОМПЛЕКСНЫЙ ЛЕТНЫЙ ТРЕНАЖЕР								

АОС - автоматизированная обучающая система
БРФ - брифинг

КФТ - компьютерный функциональный тренажер
НТ - навигационный тренажер

РП - разбор полета

Распределение учебного материала по рабочим дням представлено в таблице П.3.2.

Таблица П.3.2 – Типовой план-график подготовки

	Тема	Раздел АОС
День 1	Введение в семейство вертолётов МИ-8. Правила работы с АОС. Общие сведения о вертолёте МИ-8МТВ. Двигатель и трансмиссия Часть 1	Видеофильм Введение Силовая установка
День 2	Двигатель и трансмиссия Часть 1 Вспомогательная силовая установка	Силовая установка Силовая установка
День 3	Топливная система Гидросистема Пневматическая система Система воздушного охлаждения	Топливная система Гидросистема Пневматическая система Система воздушного охлаждения
День 4	Управление вертолётom Шасси Противопожарная система	Управление вертолётom Шасси Противопожарная система
День 5	Система обогрева и вентиляции Пылезащитное устройство Регистрация режимов	Система обогрева и вентиляции Пылезащитное устройство Регистрация режимов
День 6	Противообледенительная система Кислородное оборудование Светотехническое оборудование	Противообледенительная система Кислородное оборудование Светотехническое оборудование

Содержание «интерактивных» уроков представлено в таблице П.3.3.

Таблица П.3.3 – Содержание «интерактивных» уроков

№ п.п.	Техническое Средство	Тема
Урок 1	КФТ	Знакомство и правила работы с компьютерным функциональным тренажёром. Демонстрация проверок функциональных систем вертолётa
	НТ	Знакомство с возможностями навигационного тренажёра. Демонстрационный полёт на навигационном тренажёре.
Урок 2	КФТ	Проверка функциональных систем вертолётa перед запуском двигателей.
	НТ	Курсовая система ГМК-1А: предполётная проверка и настройка, полёт с использованием режимов МК и ГПК.
Урок 3	КФТ	Подготовка к запуску и запуск ВСУ, тренаж в обнаружении неисправностей при запуске ВСУ.
	НТ	Курсовая система ГМК-1А: предполётная проверка и настройка, полёт с использованием режимов МК и ГПК, отказ курсовой системы, обнаружение отказа, полёт по дублирующим приборам, зачётный полёт.
Урок 4	КФТ	Подготовка к запуску и запуск основных двигателей, тренаж в обнаружении неисправностей при запуске основных двигателей.
	НТ	Автоматический радиоконпас АРК-9 (АРК-15): предполётная проверка и настройка, активный полёт на радиомаяк и от радиомаяка, полёт на радиомаяк и от радиомаяка с разными курсами, полёт по заданному маршруту.

Содержание упражнения № ... на навигационном тренажёре

Урок №5. Автоматический радиокомпас АРК-9 (АРК-15)

Цель упражнения

Совершенствование навыков захода на посадку по АРК в сложных метеоусловиях. Отработка действий при определении и пролете характерных точек схемы захода:

- траверз ДПРМ;
- начало третьего разворота;
- начало четвертого разворота;
- контроль выполнения четвертого разворота;
- точки вертикального маневрирования;
- точность выдерживания глиссады;
- моменты пролета ДПРМ, БПРМ и высоты принятия решения.

Самостоятельная подготовка

Для успешного выполнения данного упражнения пилот должен повторить:

- разделы РЛЭ, касающиеся эксплуатации АРК;
- раздел Полеты по ППП (заход на посадку) Инструкции по взаимодействию и технологии работы экипажа вертолета;
- методику расчета элементов полета при заходе на посадку по АРК.

План упражнения

Брифинг. В процессе беседы инструктор:

- определяет готовность пилота к выполнению данного упражнения;
- уточняет цель и условия предстоящего упражнения (метеоусловия, аэропорт);
- выдает пилоту распечатки с необходимой навигационной информацией (схемы, частоты и т.д.).

Пилот производит расчеты элементов прямоугольного маршрута и снижения по глиссаде согласно фактическим метеоусловиям.

Выполнение полета. Перед полетом пилот производит, включение, настройку, проверку работы АРК и всего необходимого для выполнения упражнения пилотажно-навигационного оборудования. Полет выполняется по схеме аэропорта и при метеоусловиях, определенных в процессе брифинга. Основное внимание уделяется точному выдерживанию схемы и определению характерных точек захода по АРК.

Схема полётов при выполнении урока № 5 приведена на рисунке П.3.1.



Рисунок П.3.1 – Схема полётов при выполнении урока

Разбор полета. Инструктор указывает пилоту на допущенные ошибки, дает рекомендации по их устранению, делает в журнале запись о допуске к следующему упражнению (виду подготовки).

Принятые сокращения:

АРК – автоматический радиокompас;

ДПРМ – дальний приводной радиомаяк;

БПРМ – ближний приводной радиомаяк;

ППП – правила полетов по приборам.

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА АДЕКВАТНОСТИ ВИЗУАЛЬНОЙ ОБСТАНОВКИ ТРЕНАЖЁРА И УСЛОВИЙ ДЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПИЛОТА НА ТРЕНАЖЁРЕ С НЕПОДВИЖНОЙ КАБИНОЙ

Группа экспертов состояла из 20 опытных пилотов авиакомпаний «Газпромавиа», «Авиашельф», «Восток». В группу входили 5 руководителей летных подразделений с налетом от 5000 до 12000 часов, 7 КВС с налетом от 3000 до 15000 часов, 8 вторых пилотов с налетом от 200 до 3000 часов. Экспертам было предложено дать развернутый ответ на два вопроса:

Вопрос 1

Как вы оцениваете степень адекватности визуальной обстановки в полётах на тренажёре реальной визуальной обстановке в полётах на вертолёте МИ-8МТВ?

В таблице П.4.1 приведено распределение ответов экспертов.

Таблица П.4.1 – Распределение ответов на 1-й вопрос в %

Элементы полёта	Практически и адекватны	Почти адекватны	Адекватны с отклонениями	Не адекватны
Висение	50	40	10	
Вертикальный набор высоты	20	80		
Разгон с набором высоты	10	90		
Горизонтальный разгон	10	90		
Полёт с максимальной скоростью	10	90		
Горизонтальное торможение	15	85		
Снижение по оптимальной траектории	10	90		
Аварийное снижение	15	85		
Координированный разворот с малым креном	10	90		
Координированный разворот с максимальным креном	10	90		
Разворот со скольжением	20	80		
Аварийные и сложные ситуации	5	95		

Вопрос 2

Насколько, по вашему мнению, совпадают условия для деятельности пилота на тренажёре с неподвижной кабиной (отсутствие перегрузок) и в реальном полёте?

В таблице П.4.2 приведено распределение ответов экспертов.

Таблица П.4.2 – Распределение ответов на 2-й вопрос в %

Элементы полёта	Практически совпадают	Почти совпадают	Совпадают удовлетвори- тельно	Сильно отличаются
Висение	30	60	10	
Вертикальный набор высоты	10	90		
Разгон с набором высоты	10	90		
Горизонтальный разгон	10	90		
Полёт с максимальной скоростью	10	90		
Горизонтальное торможение	10	90		
Снижение по оптимальной траектории	10	90		
Аварийное снижение	10	90		
Координированный разворот с малым креном	10	90		
Координированный разворот с максимальным креном	15	85		
Разворот со скольжением	20	80		
Аварийные и сложные ситуации	5	95		

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА УСЛОВИЙ ВЫПОЛНЕНИЯ ПЕРВЫХ УПРАЖНЕНИЙ В УЧЕБНОМ ПОЛЁТЕ

Группа экспертов состояла из 20 «молодых» пилотов авиакомпаний «Газпромавиа», «Ямал», «Нарьян-Марский ОАО». В группу входили 20 вторых пилотов с налетом от 200 до 1000 часов. Экспертам было предложено дать развернутый ответ на один вопрос.

Вопрос 1

Как вы выполняли в первый раз упражнения в учебных полётах?

В таблице П.5.1 приведено распределение ответов экспертов.

Таблица П.5.1 – Распределение ответов на 1-й вопрос в %

Элементы полёта	Без помощи инструктора	С незначительной помощью	Со значительной помощью	Вместе с инструктором
Висение	10	70	20	
Вертикальный набор высоты	20	70	10	
Разгон с набором высоты	20	70	10	
Горизонтальный разгон	20	80		
Полёт с максимальной скоростью	15	85		
Горизонтальное торможение	20	70	10	
Снижение по оптимальной траектории	20	70	10	
Аварийное снижение	10	80		
Координированный разворот с малым креном	20	80		
Координированный разворот с максимальным креном	20	80		
Разворот со скольжением	20	70	10	
Аварийные и сложные ситуации	10	90		

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА НЕОБХОДИМОСТИ ТРЕНАЖА НА ТРЕНАЖЁРЕ С ПОДВИЖНОЙ КАБИНОЙ

Группа экспертов – пилотов-инструкторов состояла из 5 опытных пилотов. Четверо экспертов являются инструкторами Учебного центра «СПАРК» с большим опытом летной работы и налетом от 8000 до 19000 часов.

В целом ими были выполнены учебные полеты с 5 пилотами непосредственно в АУЦ ОАО «СПАРК», с 10 пилотами в авиакомпаниях.

В качестве экспертов привлекались также пилоты – инструкторы других авиакомпаний, которые по программе АУЦ «СПАРК» выполняли учебные полеты с пилотами своих авиакомпаний, прошедших теоретическую и тренажерную подготовку в АУЦ «СПАРК».

Экспертам было предложено дать развернутый ответ на один вопрос.

Вопрос 1

Для каких элементов полёта, по вашему мнению, тренировки на тренажёре с неподвижной кабиной недостаточно и нужна тренировка на тренажёре с подвижной кабиной?

В таблице П.6.1 приведено распределение ответов экспертов.

Таблица П.6.1 – Распределение ответов на 1-й вопрос в %

Элементы полёта	Достаточно тренажёра с неподвижной кабиной	Необходима тренировка на тренажёре с подвижной кабиной в объёме:		
		0,5 ч	1 ч	1,5 ч и более
Висение	90		10	
Вертикальный набор высоты	100			
Разгон с набором высоты	100			
Горизонтальный разгон	100			
Полёт с максимальной скоростью	100			
Горизонтальное торможение	90	10		

Продолжение таблицы П.6.1

Элементы полёта	Достаточно тренажёра с неподвижной кабиной	Необходима тренировка на тренажёре с подвижной кабиной в объёме:		
		0,5 ч	1 ч	1,5 ч и более
Снижение по оптимальной траектории	100			
Аварийное снижение	100			
Координированный разворот с малым креном	90	10		
Координированный разворот с максимальным креном	90	10		
Разворот со скольжением	90	10		
Аварийные и сложные ситуации	100			

ПИСЬМО РУКОВОДИТЕЛЯ ДЕПАРТАМЕНТА ЛЁТНЫХ СТАНДАРТОВ



**Министерство транспорта
Российской Федерации**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ СЛУЖБА
ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Ленинградский проспект 37, Москва,
А-167, ГСП-3, 125993

10.10.03 № 10.1/4-104/ПД

На № _____

Руководителям территориальных
управлений воздушного транспорта,
Руководителям предприятий,
эксплуатирующих вертолеты
семейства МИ-8,
Руководителям АУЦ

Во исполнение Распоряжения заместителя Министра транспорта России от 21 08 2003 года №КР-50р и учитывая возможности и результаты работы авиационного учебного центра ОАО «СПАРК» в области профессиональной подготовки авиационных специалистов,

предлагаю:

1 Определить ведущим авиационным учебным центром по подготовке авиационных специалистов вертолетов МИ-8, МИ-8МТВ, МИ-8АМТ, МИ-171, МИ-172 и их модификаций – АУЦ ОАО «СПАРК» (г Санкт-Петербург),

2 Поручить АУЦ ОАО «СПАРК»

- разработать проект требований к эксплуатантам по оборудованию учебно-методической базы;

- разработать типовую компьютерную программу для контроля знаний авиационного персонала с внедрением ее в практику работы эксплуатантов и АУЦ России,

- на базе данной компьютерной программы разработать базу данных контрольных тестов для проверки знаний авиационных специалистов вертолетов МИ-8, МИ-8МТВ, МИ-8АМТ, МИ-171, МИ-172 с внедрением ее в практику работы эксплуатантов и АУЦ;

- разработать программу курсов повышения квалификации летного состава с учетом Приложения к Распоряжению №КР-50р,

- разработать комплект учебно-методической литературы, компьютерные учебные программы с внедрением их в практику работы эксплуатантов и АУЦ,

- представить изменения в программу тренажерной подготовки летного состава с учетом перевода курсов повышения квалификации летного состава на две полугодовые сессии

3 Эксплуатантам направить предложения в ДЛС ГС ГА и АУЦ ОАО «СПАРК» для их обсуждения на научно-практической конференции, которая будет проходить на базе ОАО «СПАРК» в г Санкт-Петербурге в ноябре 2003 года.

4 Представить обобщенные материалы на утверждение в ДЛС ГС ГА в сроки, указанные в Распоряжении

Руководитель Департамента
Летных стандартов

Е.Н. Лобачев

Е.Н. Лобачев

ПЕРЕЧЕНЬ ПАТЕНТОВ И СВИДЕТЕЛЬСТВ**П.8.1. Патенты на изобретения**

1. ТРЕНАЖЁР ВЕРТОЛЁТА: Пат. [2230371](#) Рос.Федерация. МПКG09 B 9/46 (2000.01) 21/00 (2018. /Ю.Т.Морозов, И.С.Акуленко, П.Н.Рыбкин, Б.А.Соловьев; №: [2002107543/11](#); заявл. 27.03.2002; опубл. [10.06.2004](#), Бюл. № 16 – 29 с.



**П.8.2. Свидетельства об официальной регистрации
программ ЭВМ и баз данных**

1. Рыбкин П.Н., Тарасенко А.Д., Бутусов П.Н., Соколов Е.М.
Свидетельство об официальной регистрации базы данных №2011614539
«Контроль знаний летного и инженерно-технического состава», 2011.



2. Рыбкин П.Н., Соколов Е.М., Соловьев Б.А. Свидетельство об официальной регистрации программы ЭВМ №2011614540 «Функциональный тренажер», 2011.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2011614540
Функциональный тренажёр

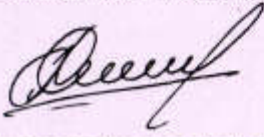
Правообладатель(ли): **Борисов Юрий Александрович (RU)**

Автор(ы): **Рыбкин Павел Николаевич, Соколов Евгений Михайлович, Соловьев Борис Александрович (RU)**

Заявка № **2011612937**
Дата поступления **25 апреля 2011 г.**
Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ
8 июня 2011 г.



Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам



Б.П. Симонов

3. Рыбкин П.Н., Тарасенко А.Д., Бутусов П.Н., Соколов Е.М.
Свидетельство об официальной регистрации программы ЭВМ №2011614541
«Автоматизированная обучающая система», 2011.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации программы для ЭВМ
№ 2011614541
Автоматизированная обучающая система

Правообладатель(ли): **Борисов Юрий Александрович (RU)**

Автор(ы): **Рыбкин Павел Николаевич,
Тарасенко Александр Дмитриевич, Бутусов Павел Николаевич,
Соколов Евгений Михайлович (RU)**

Заявка № **2011612938**
Дата поступления **25 апреля 2011 г.**
Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ
8 июня 2011 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам



Б.П. Симонов

4. Рыбкин П.Н., Тарасенко А.Д., Бутусов П.Н., Афанасина О.В., Кацман Ю.Б., Моховикова И.В., Павлов Д.В., Рыжиков С.А., Сорокин Д.С., Ширинкин И.О.
Свидетельство об официальной регистрации базы данных №2010620205
«Эксплуатационно-техническая документация по капитальному ремонту вертолета МИ-17-1В», 2009.

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ



СВИДЕТЕЛЬСТВО
о государственной регистрации базы данных
№ 2010620205

**Эксплуатационно-техническая документация
по капитальному ремонту вертолета МИ-17-1В**

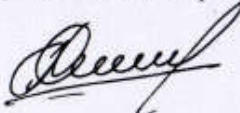
Правообладатель(ли): **Борисов Юрий Александрович (RU)**

Автор(ы): **Рыбкин Павел Николаевич,
Тарасенко Александр Дмитриевич, Бутусов Павел Николаевич,
Афанасина Ольга Вячеславовна, Кацман Юлия Борисовна,
Моховикова Ирина Владимировна, Павлов Дмитрий Викторович,
Рыжиков Сергей Анатольевич, Сорокин Дмитрий Сергеевич,
Ширинкин Иван Олегович (RU)**

Заявка № **2009620559**
Дата поступления **6 ноября 2009 г.**
Зарегистрировано в Реестре баз данных
22 марта 2010 г.

Руководитель Федеральной службы по интеллектуальной
собственности, патентам и товарным знакам



 **Б.П. Симонов**

5. Рыбкин П.Н., Тарасенко А.Д., Бутусов П.Н., Афанасина О.В., Кацман Ю.Б., Моховикова И.В., Павлов Д.В., Рыжиков С.А., Сорокин Д.С., Ширинкин И.О. Свидетельство об официальной регистрации базы данных №2004620029 «Сборник алгоритмов функционирования систем вертолетов Ми-8МТВ (Ми-17-1В), версия 1.0», 2004.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ
И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(РОСПАТЕНТ)

СВИДЕТЕЛЬСТВО
Об официальной регистрации базы данных

№ 2004620029

На основании Закона Российской Федерации "О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных", введенного в действие 20 октября 1992 года, Российским агентством по патентам и товарным знакам выдано настоящее свидетельство об официальной регистрации базы данных

"Сборник алгоритмов функционирования систем вертолѐта Ми-8МТВ (Ми-17-1В)"

Правообладатель(ли):
*Открытое акционерное общество
"Санкт-Петербургская авиаремонтная компания" (RU)*

Страна: Российская Федерация
по заявке № 2003620299, дата поступления: 29 декабря 2003 г.
Автор(ы):
Рыбкин Павел Николаевич (RU)

Зарегистрировано в Реестре баз данных
г. Москва, 15 января 2004 г.

Генеральный директор
А.В. Корсаков



6. Рыбкин П.Н., Тарасенко А.Д., Бутусов П.Н., Соколов Е.М.
Свидетельство об официальной регистрации программы ЭВМ №2002610914
«Автоматизированная обучающая система «Вертолеты МИ-8, МИ-8МТВ и их
модификации, версия 1.0», 2002.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ
И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(РОСПАТЕНТ)

СВИДЕТЕЛЬСТВО

Об официальной регистрации программы для ЭВМ

№ 2002610914

На основании Закона Российской Федерации "О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных", введенного в действие 20 октября 1992 года, Российским агентством по патентам и товарным знакам выдано настоящее свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ

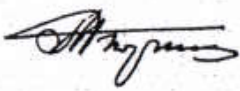
**"Автоматизированная обучающая система
"Вертолеты МИ-8, МИ-8МТВ и их модификации, версия 1.0"
(АОС "Вертолеты МИ-8 и МИ-8МТВ, версия 1.0")**

Правообладатель(ли):
*Открытое акционерное общество
"Санкт-Петербургская авиаремонтная компания" (RU)*

Автор(ы):
*Рыбкин Павел Николаевич, Перескоков Александр Николаевич,
Соколов Евгений Михайлович (RU)*

Страна: Российская Федерация
по заявке № 2002611012, дата поступления: 5 июня 2002 г.

Зарегистрировано в
Реестре программ для ЭВМ
г. Москва, 7 июня 2002 г.

Генеральный директор
 *А.Д. Короткий*



7. Рыбкин П.Н., Тарасенко А.Д., Бутусов П.Н., Соколов Е.М.
Свидетельство об официальной регистрации базы данных №2002610136
«Автоматизированная обучающая система «Вертолеты МИ-8, МИ-8МТВ и их
модификации, версия 1.0», 2002.



РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ
РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО ПО ПАТЕНТАМ
И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ
(РОСПАТЕНТ)

СВИДЕТЕЛЬСТВО
Об официальной регистрации базы данных

№ 2002620136

На основании Закона Российской Федерации «О правовой охране программ для электронных вычислительных машин и баз данных», введенного в действие 20 октября 1992 года, Российским агентством по патентам и товарным знакам выдано настоящее свидетельство об официальной регистрации базы данных

**«Автоматизированная обучающая система
«Вертолеты МИ-8, МИ-8МТВ и их модификации, версия 1.0»
(АОС «Вертолеты МИ-8 и МИ-8МТВ, версия 1.0»)»**

Правообладатель(ли):
*Открытое акционерное общество
«Санкт-Петербургская авиаремонтная компания» (RU)*

Страна: Российская Федерация
по заявке № 2002620115, дата поступления: 10 июля 2002 г.
Автор(ы):
*Рыбкин Павел Николаевич, Перескоков Александр Николаевич,
Соколов Евгений Михайлович (RU)*



Зарегистрировано в Реестре баз данных
г. Москва, 6 августа 2002 г.

Генеральный директор
 *А.Д. Короткий*

П. 9.1. ПРИМЕРЫ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ВЕРТОЛЁТА Ми-8МТВ

Для комплексного лётного тренажёра был разработан комплект ММ ФС и передан в группу ПО. Список комплекта прилагается.

А К Т приёма-передачи имущества. ОАО «СПАРК» передаёт ЗАО «ТРАНЗАС» <i>«Сборник алгоритмов функционирования систем вертолёт Ми-8МТВ (Ми-17-1В)»:</i>		
№ пп	ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА И ОБОРУДОВАНИЕ	Кол-во стр.
1.	Система управления	9
2.	Гидросистема	8
3.	Топливная система	8
4.	Трансмиссия	6
5.	Воздушная система	3
6.	Противообледенительная система	12
7.	Противопожарная система	11
8.	Светотехническое оборудование	9
9.	Силовая установка	13
10.	Система регистрации параметров полёта САРПП-12	2
11.	ПЗУ	3
12.	Радиоаппаратура записи – Магнитофон МС-61 (П-503)	2
13.	Речевой информатор РИ-65Б	4
14.	ВСУ Аи-9В	7
15.	Аппаратура ИВ-500	3
16.	Ко-50	5
17.	Радиостанция «Ядро-1А»	4
18.	Переговорное устройство СПУ-7	6
19.	Аппаратура ДИСС-15	14
20.	Радиостанция «Баклан-20»	2
21.	Радиокомпас АРК-УД	7
22.	Радиовысотомер А-037	4
23.	Радиокомпас АРК-15М	5
24.	Автопилот АП-34	7
25.	Указатель ЭУП-53	1
26.	Измерители температуры и давления	3
27.	Система электроснабжения	8
28.	Курсовая система ГМК-1А	5
29.	Анероидно-мембранные приборы	5
30.	Авиагоризонты АГБ-3К	4
	ВСЕГО СТРАНИЦ:	180

От ЗАО «ТРАНЗАС»

От ОАО «СПАРК»

_____ Г. Емельянов

_____ П.Рыбкин

Некоторые ММ были использованы при разработке компьютерных тренажёров, вошедших в компьютерный проект «Функциональный тренажёр», рисунок П.9.1.

Рассмотрим, как это реализовано, на примере функциональной системы вертолёт – Системы электроснабжения. В раздел «Предполётные проверки» проекта «Функциональный тренажёр» включены 5 компьютерных тренажёров, каждый из которых посвящен отдельному этапу проверки. Ограничимся только одним тренажёром «Включение и проверка аккумуляторных батарей».

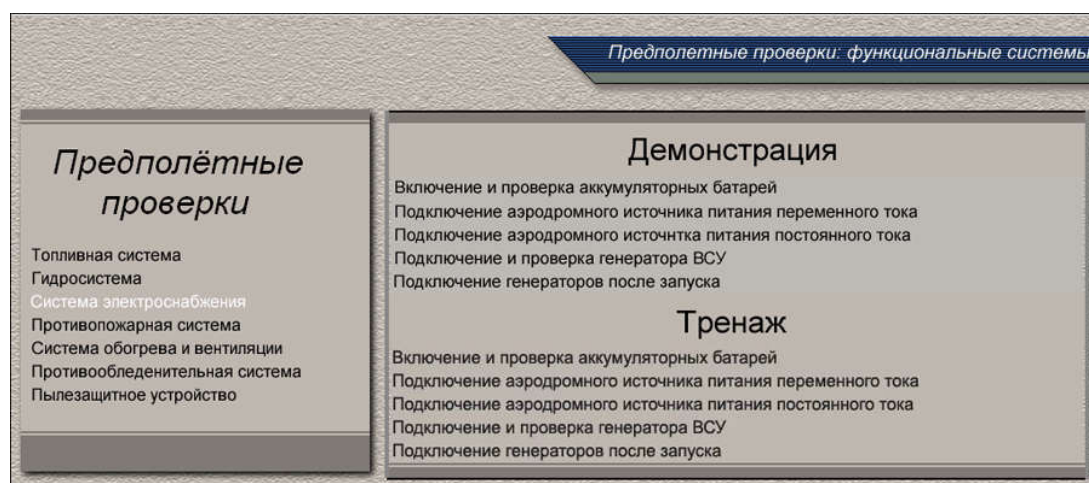


Рисунок П.9.1 – Меню функционального тренажёра

А. Математическая модель компьютерного тренажёра «Включение и проверка аккумуляторных батарей»

Действия слушателя при взаимодействии с тренажёром зависят от решаемых частных задач проверки аккумуляторов. Последовательность действий показана на рисунке П.9.2.

Действие 1. На фоновом изображении кабины все приборные доски, панели и щитки снабжены своими активными зонами, рисунок П.9.3.

Вызов нужных фрагментов производится «кликом» на одной из панелей приборных досок, где находятся приборы и тумблеры электросистемы. При «клике» на других панелях сообщается об ошибке.

На вызванных панелях расположены свои активные зоны, позволяющие выполнять действия по проверке аккумуляторов, рисунок П.9.4.

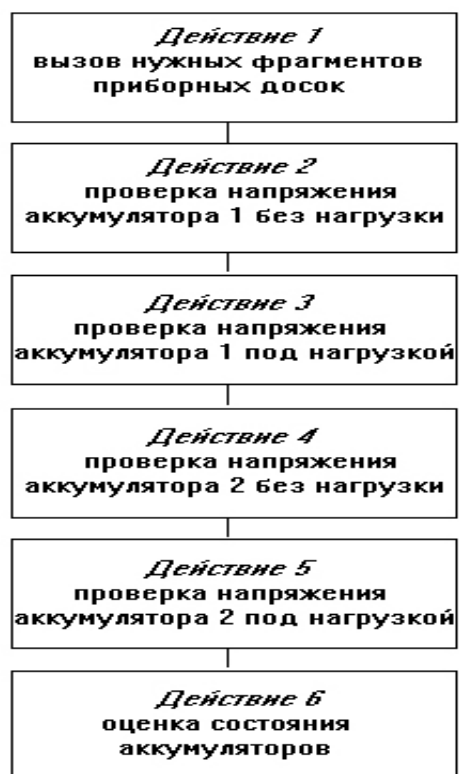


Рисунок П.9.2 – Алгоритм действий тренажёра «Проверка состояния аккумуляторов»



Рисунок П.9.3 – Активные зоны на фоновом изображении кабины



Рисунок П.9.4 – Вызов на экран фрагментов с электроизмерительными приборами и переключателями управления

Действие 2. Для проверки напряжения аккумулятора 1 без нагрузки необходимо «кликнуть» на активной зоне галетного переключателя АККУМУЛЯТОР I и на активной зоне переключателя-тумблера АККУМУЛЯТОР I в любой последовательности, рисунок П.9.5.

На вольтметре появится напряжение аккумулятора 1 без нагрузки. Величина напряжения сравнивается с нормой.

Действие 3. Для определения напряжения аккумулятора 1 под нагрузкой включается в работу подкачивающий топливный насос путём «клика» на соответствующей активной зоне переключателя насоса, рисунок П.9.6.

Далее проверяется: не выходит ли падение напряжения аккумулятора 1 за допустимое. Переключатель насоса возвращается в положение ВЫКЛ.

Действия 4 и 5. Эти действия аналогичны действиям 2 и 3, но применительно к аккумулятору 2. Причём, действия 2,3,4 и 5 могут выполняться в любой последовательности, но обязательно до перехода к действию 6.

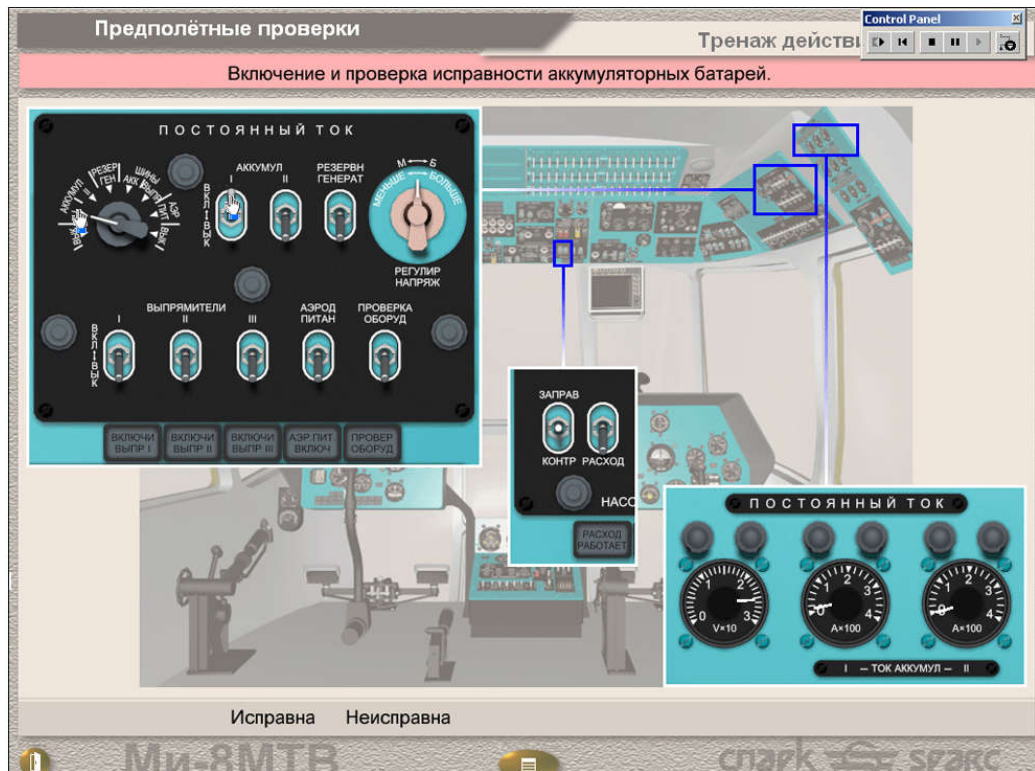


Рисунок П.9.5 – Проверка напряжения аккумулятора 1 без нагрузки



Рисунок П.9.6 – Проверка напряжения аккумулятора 1 под нагрузкой

Действие 6. Это завершающее действие упражнения на тренажёре. Слушатель, анализируя результаты действий 2,3,4,5, должен сделать заключение о состоянии аккумуляторов. Своё заключение слушатель сообщает «кликом» на надписях: ИСПРАВНА или НЕИСПРАВНА. При принятии ошибочного заключения слушатель получит об этом соответствующее сообщение.

Напоминание – задание слушателя при работе на тренажёре проверить показания вольтметра в 4-х состояниях системы:

1. подключен к сети аккумулятор 1, галетный переключатель находится в положении аккумулятор 1, подкачивающий насос выключен;
2. подключен к сети аккумулятор 1, галетный переключатель находится в положении аккумулятор 1, подкачивающий насос включен;
3. подключен к сети аккумулятор 2, галетный переключатель находится в положении аккумулятор 2, подкачивающий насос выключен;
4. подключен к сети аккумулятор 2, галетный переключатель находится в положении аккумулятор 2, подкачивающий насос включен.

Напряжения, «предъявляемые» слушателю в перечисленных состояниях, могут соответствовать норме, а могут выходить за пределы нормы. Далее по величине «увиденных» напряжений слушатель оценивает работоспособность аккумуляторов и сообщает свою оценку.

В математическую модель данного тренажёра входят две группы независимых переменных и соотношения функционирования модели. Первая группа независимых переменных связана с положениями органов управления аккумуляторами: трёх двух позиционных переключателей – аккумулятор 1, аккумулятор 2 и насос расход, а также галетного переключателя с двумя задействованными позициями: аккумулятор 1 и аккумулятор 2. Положения органов управления задаёт слушатель и, следовательно, он задает значения переменных этой группы. Вторая группа независимых переменных задаётся «инструктором». «Инструктор» решает, какое значение напряжения показать слушателю в поименованных выше состояниях: в норме или не в норме.

В качестве «инструктора» в математической модели используется блок, в котором при каждом обращении к тренажёру случайным образом определяются предъявляемые слушателю напряжения. Процесс функционирования элемента электрической системы вертолёт: аккумуляторы – галетный переключатель – вольтметр весьма прост. На вольтметре появляется напряжение, если положение галетного переключателя и соответствующего тумблера находятся в положении аккумулятор 1(2). Функционально математическую модель можно разделить на несколько блоков, рисунок П.9.7.

Блок «Инструктор». В этом блоке случайным образом формируется один из трёх вариантов работоспособности аккумуляторов и идентификаторам работоспособности присваивается соответственно 0 или 1. При формировании варианта обеспечивается заданная вероятность, таблица П.9.1. Аккумулятор считается исправным, если напряжение и без нагрузки, и с нагрузкой не ниже 24 В.

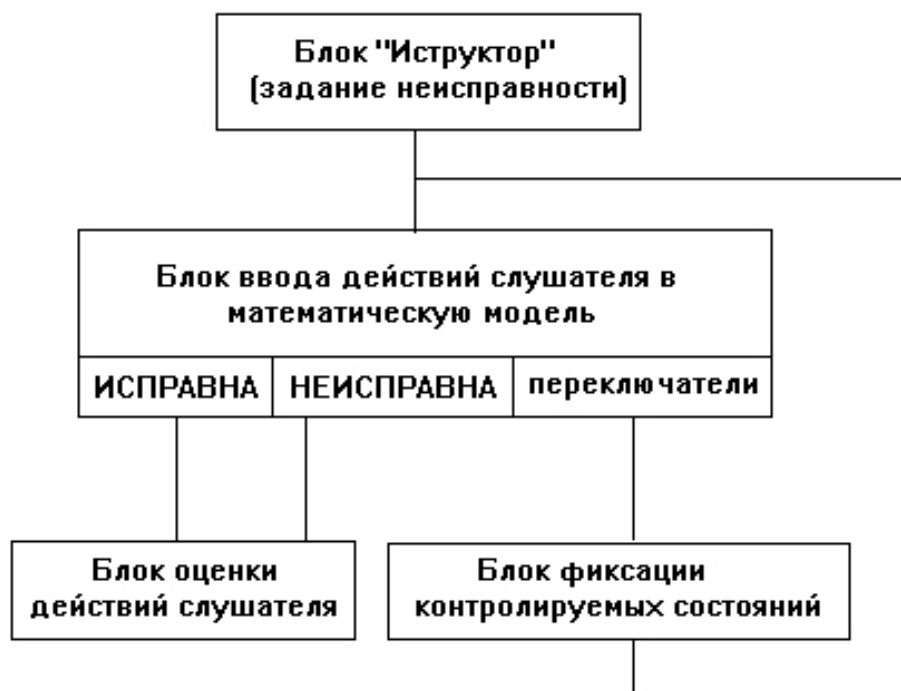


Рисунок П.9.7 – Взаимодействие функциональных блоков математической модели тренажёра «Проверка состояния аккумуляторов»

Таблица П.9.1 – Результаты работы блока «Инструктор»

Варианты работоспособности	Вероятность варианта	Идентификатор работоспособности аккумулятора 1	Идентификатор работоспособности аккумулятора 2	Напряжение аккумулятора 1 без нагрузки	Напряжение аккумулятора 1 с нагрузкой	Напряжение аккумулятора 2 без нагрузки	Напряжение аккумулятора 2 с нагрузкой
Аккумулятор 1 и аккумулятор 2 исправны	60%	$VI=1$	$V2=1$	25,5 В	24,5 В	25,5 В	24,5 В
Аккумулятор 1 неисправен, аккумулятор 2 исправен	20%	$VI=0$	$V2=1$	23,5 В	22,5 В	25,5 В	24,5 В
Аккумулятор 1 исправен, аккумулятор 2 неисправен	20%	$VI=1$	$V2=0$	25,5 В	24,5 В	23,5 В	22,5 В

Блок ввода действий слушателя в математическую модель. Каждое изменение положения переключателей изменяет значение соответствующих идентификаторов положения, таблица П.9.2.

Таблица П.9.2 – Таблица соответствия идентификаторов переключателей

Галетный переключатель			Тумблер Аккумулятор 1		Тумблер Аккумулятор 2		Тумблер «Насос»	
Положение Аккумулятор 1	$C1=1$	$C2=0$	Положение ВКЛ	$A1=1$	Положение ВКЛ	$A2=1$	Положение ВКЛ	$A3=1$
Положение Аккумулятор 2	$C1=0$	$C2=1$	Положение ВЫКЛ	$A1=0$	Положение ВЫКЛ	$A2=0$	Положение ВЫКЛ	$A3=0$

Воздействие курсором на активную зону «ИСПРАВНА» вызывает равенство $R1=1$, а на зону «НЕИСПРАВНА» – равенство $R2=1$. И в том, и в другом случае происходит переход в Блок оценки действий слушателя.

Блок фиксации контролируемых состояний. Этот блок обеспечивает имитацию функционирования элемента электрической системы вертолёт «аккумуляторы – галетный переключатель – вольтметр», т.е. показывает на вольтметре соответствующее напряжение тогда, когда установленные слушателем переключатели соответствуют одному из контролируемых состояний:

1. подключен к сети аккумулятор 1, галетный переключатель находится в положении аккумулятор 1, подкачивающий насос выключен;
2. подключен к сети аккумулятор 1, галетный переключатель находится в положении аккумулятор 1, подкачивающий насос включен;
3. подключен к сети аккумулятор 2, галетный переключатель находится в положении аккумулятор 2, подкачивающий насос выключен;
4. подключен к сети аккумулятор 2, галетный переключатель находится в положении аккумулятор 2, подкачивающий насос включен.

Величина «подаваемого» на вольтметр напряжения определена в Блоке «Инструктор». Попадание в каждое из перечисленных состояний фиксируется присвоением идентификаторам состояний ($S1, S2, S3, S4$) единицы.

Блок фиксации контролируемых состояний – суть циклическое выполнение следующих соотношений:

If ($C1=1$ and $A1=1$ and $A3=0$) then (If ($(V1=1$ then 25,5v) or ($V1=0$ then 23,5v)) and $S1:=1$);

If ($C1=1$ and $A1=1$ and $A3=1$) then (If ($(V1=1$ then 24,5v) or ($V1=0$ then 22,5v)) and $S2:=1$);

If ($C2=1$ and $A2=1$ and $A3=0$) then (If ($(V2=1$ then 25,5v) or ($V2=0$ then 23,5v)) and $S3:=1$);

If ($C2=1$ and $A2=1$ and $A3=1$) then (If ($(V2=1$ then 24,5v) or ($V2=0$ then 22,5v)) and $S4:=1$).

Блок оценки действий слушателя. Этот блок начинает работать, когда слушатель оценил работоспособность аккумуляторов и сообщил об этом ПК, «кликнув» на активной зоне «ИСПРАВНА» или «НЕИСПРАВНА». Если слушатель сообщает, что аккумуляторы исправны, в блоке проверяется, что они действительно исправны по заданию «Инструктора, и, что слушатель проверил оба аккумулятора без нагрузки и с нагрузкой. Работа Блока оценки действий слушателя при сообщении слушателя «НЕИСПРАВНА» зависит от сложности поставленной задачи по определению неисправности. Мы рассматриваем наиболее простую задачу – определение просто неисправности без какой-либо детализации. Прежде

всего, определяется, введена ли неисправность «Инструктором» и, если введена, то какая. Далее проверяется, устанавливал ли слушатель систему хоть в одно состояние, в котором проявляется введенная «Инструктором» неисправность. После «клика» на «ИСПРАВНА» для проверки используются следующие соотношения:

If (V1=0 or V2=0) then (сообщение об ошибочности решения и прекращение работы);

If (S1=1 and S2=1 and S3=1 and S4=1) then (сообщение о правильности решения, прекращение работы) else (сообщение о неполноте проверки, прекращение работы).

После «клика» на «НЕИСПРАВНА» используются следующие соотношения:

If (V1=1 and V2=1) then (сообщение об ошибочности решения и прекращение работы);

If (V1=0 and (S1=1 or S2=1)) then (сообщение о правильности решения, прекращение работы) else (сообщение о неполноте проверки, прекращение работы);

If (V2=0 and (S3=1 or S4=1)) then (сообщение о правильности решения, прекращение работы) else (сообщение о неполноте проверки, прекращение работы).

Б. Математическая модель функциональной системы вертолѐта для комплексного лѐтного тренажѐра вертолѐта Ми-8МТВ

Электрооборудование вертолѐта Ми-8МТВ (версия 21.08.2000 г.)

Первичная Система электроснабжения (система трехфазного переменного тока 204 В 400 Гц) включает в себя панель переменного тока, рисунок П.9.8, таблицы П.9.3 – П.9.7.

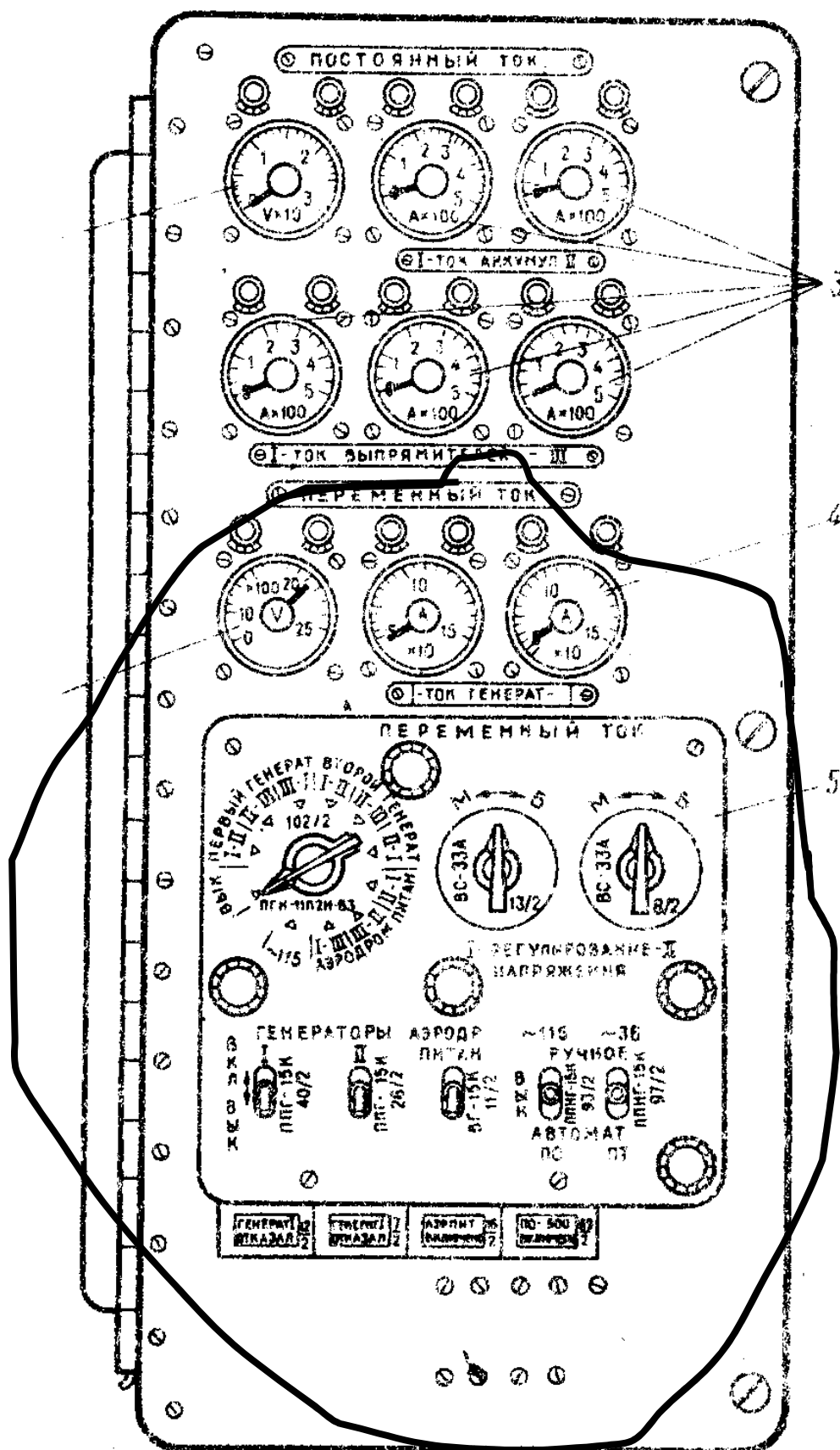


Рисунок П.9.8 – Панель переменного тока

Таблица П.9.3 – Входные параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Переключатель «ГЕНЕРАТОРЫ - 1»	Elec1	Выключен – 0	0
2	Переключатель «ГЕНЕРАТОРЫ - 2»	Elec2	Включен – 1	0
3	Галетный переключатель переменного тока	Elec3	Для каждого из двух генераторов имеется по три положения галетника для контроля напряжения по фазам	0
4	Два выносных сопротивления ВС-33А «РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ»	Elec4	В зависимости от положения ручек сопротивлений изменяется напряжение по фазам генераторов	
5	Переключатель «АЭРОДР. ПИТАН.»	Elec17	Выключен – 0 Включен – 1	0

Таблица П.9.4 – Выходные параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Табло «ГЕНЕР. 1 ОТКАЗАЛ»	Elec5	Табло не горит – 0	0
2	Табло «ГЕНЕР. 11 ОТКАЗАЛ»	Elec6	Табло горит – 1	0
3	Вольтметр	Elec7	Значения из расчетов	0
4	Амперметр «ТОК ГЕНЕР. 1»	Elec8		0
5	Амперметр «ТОК ГЕНЕР. 11»	Elec9		0
6	Работает левый генератор	Elec10	Генератор не работает – 0	0
7	Работает правый генератор	Elec11	Генератор работает - 1	0
8	Наличие питания на ПОС	Perem200	Питания нет – 0 Питание есть – 1	0
9	Наличие питания 204 В	Elec12	Питания нет – 0 Питание есть – 1	0
10	Табло «АЭР. ПИТ. ВКЛЮЧЕНО»	Elec18	Табло не горит – 0 Табло горит – 1	0

Таблица П.9.5 – Параметры, получаемые от других систем

№ п.п	Параметр	Из какой системы	Условное обозначение
1	«Контроль ламп»	Светотехническое оборудование	Control_light
2	«ПРОВЕРКА - МИГАЛКА»	Светотехническое оборудование	Control_migalka
3	Обороты несущего винта НВ более 86%	Силовая установка	Nv86
4	Наличие питания пост. тока	Система пост. тока	Post27

Таблица П.9.6 – Вспомогательные внутренние параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	«Время 4 секунды с момента включения переключателя «ГЕНЕРАТОР 1»	Elec13	Сигнала нет – 0 Сигнала есть – 1	0
2	«Время 4 секунды с момента включения переключателя «ГЕНЕРАТОР 11»	Elec14		0
3	Работает аэродромный источник питания	Elec19		0

Таблица П.9.7 – Параметры, вводимые с пульта инструктора

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Отказ первого генератора	Elec15	Сигнала нет – 0 Сигнала есть – 1	0
2	Отказ второго генератора	Elec16		0
3	Подключено аэродромное питание	Elec20		0

Краткое описание первичной системы электроснабжения

Первичной системой электроснабжения на вертолете является система трехфазного переменного тока напряжением 204 В и частотой 400 Гц.

Система состоит из двух независимых друг от друга каналов: канала генератора № 1 и канала генератора № 2, работающих отдельно каждый на свои шины, размещенные в отдельных распределительных устройствах.

Источником электроэнергии в каждом канале является генератор СГС-40ПУ мощностью 40 кВт, который работает совместно с комплектом аппаратуры защиты, включения и регулирования.

Максимальная нагрузка между каналами первичной системы трехфазного переменного тока напряжением 204 В и частотой 400 Гц распределена равномерно:

- от канала генератора № 1 питаются выпрямительное устройство ВУ-6А (у вертолета Ми-8МТВ - ВУ-6Б) № 1, трансформатор ТС310С04Б и противообледенительная система (ПОС) несущего и рулевого винтов;
- от канала генератора № 2 питаются выпрямительные устройства ВУ-6А (ВУ-6Б) № 2 и № 3, трансформатор ТС/1-2, ПОС стекол и ПЗУ.

При отказе канала одного из генераторов обеспечивается резервирование питания всех потребителей, кроме ПОС несущего и рулевого винтов, путем переключения вторичных источников ТС/1-2 и ТС310С04Б на канал исправного генератора.

При отказе каналов обоих генераторов питание потребителей, необходимых для завершения полета и безопасной посадки, осуществляется от резервных источников.

Управление и контроль за работой системы осуществляются с электрощитка электропульты пилотов.

Включение системы переменного тока производится при наличии напряжения на аккумуляторных шинах 27 В после запуска двигателей при оборотах несущего винта не ниже 86%, когда частота переменного тока будет достаточной для срабатывания коробки КОЧ-1А (360...390 Гц).

Для включения системы выключатели «ГЕНЕРАТОРЫ - I» и «ГЕНЕРАТОРЫ - II» необходимо установить в положение «ВКЛ». При этом загораются красные табло «ГЕНЕР. I ОТКАЗАЛ» и «ГЕНЕР. II ОТКАЗАЛ». Если генераторы и их цепи исправны, то не более чем через 6 с табло гаснут. Это свидетельствует о подключении генераторов к сети. После подключения генераторов к сети необходимо включить нагрузку и проверить напряжение на шинах. В качестве нагрузки должны быть включены выпрямительные устройства, максимально возможные потребители постоянного тока, радио- и навигационное оборудование.

Контроль напряжения осуществляется с помощью галетного переключателя по показаниям вольтметра ВФ-0,4-250. В системе предусмотрен контроль напряжения между фазами генераторов (линейного), напряжения аэродромного источника питания и напряжения на шинах ~ 115 В. Выносными сопротивлениями ВС-33А «I – РЕГУЛИРОВАНИЕ НАПРЯЖЕНИЯ – II» напряжение генераторов выставляется равным 204 В. В процессе эксплуатации системы электроснабжения напряжение между фазами генераторов (линейное) должно быть в пределах 200... 208 В.

Ток нагрузки генераторов контролируется по показаниям амперметра АФ1-150 «I - ТОК ГЕНЕРАТ. - II». При нормальных условиях работы системы ток нагрузки должен быть:

- для генератора I - не более 10 А в фазе;
- для генератора II - не более 15 А в фазе.

При полете в условиях обледенения ток нагрузки должен быть:

- для генератора I - не более 100 А в фазе;
- для генератора II - не более 30 А в фазе.

При отказе канала одного генератора в нормальных условиях ток нагрузки работающего генератора должен быть не более 30 А в фазе.

При отказе канала одного генератора в условиях обледенения ток нагрузки работающего генератора должен быть не более 110 А в фазе.

При подключении наземного источника питания переменного тока к бортовой сети (с пульта инструктора) загорается табло «АЭР. ПИТАН. ВКЛЮЧЕНО». После загорания табло необходимо включить выключатель «АЭРОДР. ПИТАН.».

Контроль напряжения внешнего источника переменного тока осуществляется по бортовому вольтметру ВФ-0,4-250 при установке галетного переключателя контроля напряжения переменного тока последовательно в положения «АЭРОДР. ПИТАН. I-II, II-III, III-I».

При включении выключателя «АЭРОДР. ПИТ.» загораются табло «ВКЛЮЧИ ВЫПР. I», «ВКЛЮЧИ ВЫПР. II» и «ВКЛЮЧИ ВЫПР. III», если при этом не подключен наземный источник постоянного тока.

Расчет выходных параметров первичной системы электроснабжения

Табло «ГЕНЕР. 1 ОТКАЗАЛ»

Табло горит, если есть питание пост. тока, **И** включен переключатель “ГЕНЕРАТОР - 1” (нет сигнала «Время 4 секунды с момента включения этого переключателя» **ИЛИ** есть сигнал «Отказ первого генератора», **ИЛИ** обороты НВ менее 86%, **ИЛИ** проверка ламп, **ИЛИ** проверка мигалки»)

$$\text{Elec5} = \text{post } 27 * \text{elec1} * (\text{elec13} + \text{elec15} + \text{Nv86} + \text{control\_light} + \text{Control\_migalka})$$

Табло «ГЕНЕР. 11 ОТКАЗАЛ»

Табло горит, если есть питание пост.тока, **И** включен переключатель “ГЕНЕРАТОР - 11”, **И** (нет сигнала «Время 4 секунды с момента включения этого переключателя» **ИЛИ** есть сигнал «Отказ второго генератора», **ИЛИ** обороты НВ менее 86%, **ИЛИ** проверка ламп, **ИЛИ** проверка мигалки»)

$$\text{Elec6} = \text{post } 27 * \text{elec2} * (\text{elec14} + \text{elec16} + \text{Nv86} + \text{control\_light} + \text{Control\_migalka})$$

Табло «АЭР ПИТ ВКЛЮЧЕНО»

Табло горит, если есть сигнал «Подключено аэродромное питание», **ИЛИ** проверка ламп

$$\text{Elec18} = \text{Elec20} + \text{control\_light.}$$

Параметр «Работает левый генератор»

Сигнал есть, если включен переключатель “ГЕНЕРАТОР - 1”, **И** обороты НВ более 86%, **И** есть сигнал «Время 4 секунды с момента включения этого переключателя», **И** нет сигнала «Отказ первого генератора», **И** есть питание 27 В

$$\text{Elec10} = \text{elec1} * \text{Nv86} * \text{elec13} * \text{elec15} * \text{Post27.}$$

Параметр «Работает правый генератор»

Сигнал есть, если включен переключатель “ГЕНЕРАТОР - 11”, **И** обороты НВ более 86%, **И** есть сигнал «Время 4 секунды с момента включения этого переключателя», **И** нет сигнала «Отказ второго генератора», **И** есть питание 27 В

$$\text{Elec11} = \text{elec2} * \text{Nv86} * \text{elec14} * \text{elec16} * \text{Post27.}$$

Параметр «Работает аэродромный источник питания»

Сигнал есть, если включен переключатель “АЭРОД. ПИТАН.”, **И** есть сигнал «Подключено аэродромное питание»

$$\text{Elec19} = \text{elec17} * \text{elec20}.$$

Параметр «Наличие питания 204 В»

Сигнал есть, если есть сигнал “Работает левый генератор”, **ИЛИ** сигнал “Работает правый генератор”, **ИЛИ** сигнал “Работает аэродромный источник питания”

$$\text{Elec12} = \text{elec10} + \text{elec11} + \text{Elec19}.$$

Параметр «Наличие питания на ПОС»

Сигнал есть, если (есть сигнал “Работает левый генератор”, **И** сигнал “Работает правый генератор”) **ИЛИ** сигнал “Работает аэродромный источник питания”

$$\text{Perem200} = (\text{elec10} * \text{elec11}) + \text{Elec19}.$$

Показания вольтметра зависят от положения галетного переключателя и от положения ручек управления выносных сопротивлений.

При положении галетника по фазам первого генератора показания вольтметра должны быть

$$\text{Elec7} = \text{elec10} * (204 \pm \text{регулировка сопротивления 1}).$$

При положении галетника по фазам первого генератора показания вольтметра должны быть

$$\text{Elec7} = \text{elec11} * (204 \pm \text{регулировка сопротивления 11}).$$

При положении галетника по фазам источника аэродромного питания показания вольтметра должны быть

$$\text{Elec7} = \text{elec19} * 204.$$

Показания амперметра 1 зависят от величины подключенной нагрузки и от параллельной работы генераторов: - при неработающем генераторе 1 показания равны 0; – при работе только генератора 1 показания равны 10 А; – при работе обоих генераторов и неработающей ПОС винтов показания равны 5 А; – при работе обоих генераторов и работающей ПОС винтов показания равны 85 А;

$$\text{Elec8} = 0 * \text{elec10} + 10 * \text{elec10} * \text{elec11} + 5 * \text{elec10} * \text{elec11} * \text{Pos51} * \text{Pos52} * \text{Pos53} * \text{Pos54} + 85 * \text{elec10} * \text{elec11} * (\text{Pos51} + \text{Pos52} + \text{Pos53} + \text{Pos54}).$$

Показания амперметра II зависят от величины подключенной нагрузки и от параллельной работы генераторов (отличие – при работе ПОС ток равен 25 А).

$$\text{Elec9} = 0 * \text{elec11} + 10 * \text{elec11} * \text{elec10} + 5 * \text{elec10} * \text{elec11} * \text{Pos51} * \text{Pos52} * \text{Pos53} * \text{Pos54} + 25 * \text{elec10} * \text{elec11} * (\text{Pos51} + \text{Pos52} + \text{Pos53} + \text{Pos54}).$$

Панель Системы постоянного тока 27 В представлена на рисунке П.9.9, её основные параметры – в таблицах П.9.8 – П.9.12.

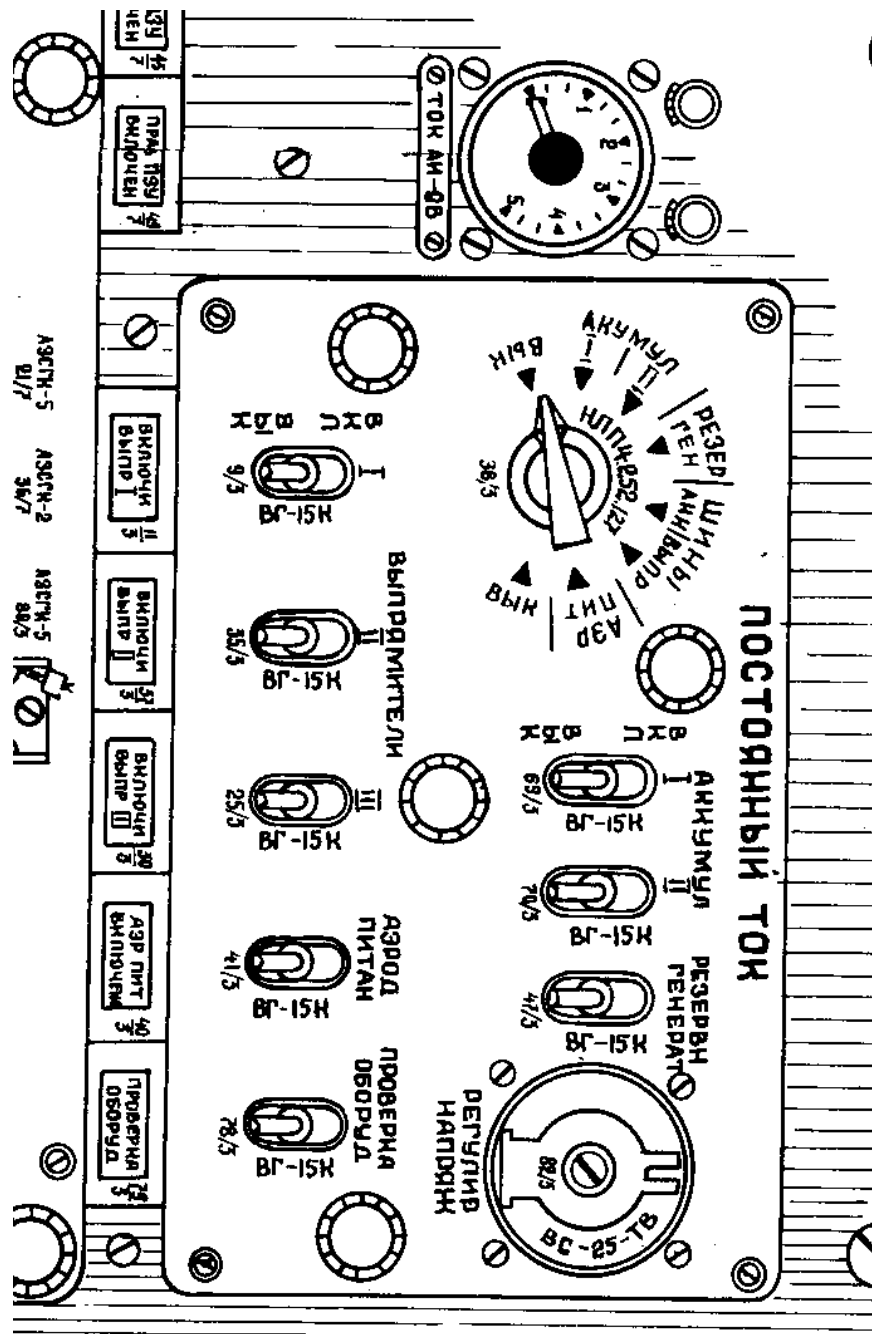


Рисунок П.9.9 – Панель параметров постоянного тока 27В

Таблица П.9.8 – Входные параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Выключатель «АККУМУЛ. - 1»	Elec21	Выключен – 0	0
2	Выключатель «АККУМУЛ. – 11»	Elec22	Включен – 1	0
3	Галетный переключатель постоянного тока	Elec23		0
4	Выключатель «ВЫПРЯМИТЕЛИ - 1»	Elec24	Выключен – 0 Включен – 1	0
5	Выключатель «ВЫПРЯМИТЕЛИ - 11»	Elec25		0
6	Выключатель «ВЫПРЯМИТЕЛИ - 111»	Elec26		0
7	Выключатель «РЕЗЕРВ ГЕНЕР»	Elec27		0
8	Выключатель «ПРОВЕРКА ОБОРУД»	Elec28		0
9	Выключатель «АЭРОД ПИТАН»	Elec29		0
10	Выносное сопротивление ВС-25 регулировки напряжения генератора ВСУ АИ-9В	Elec30	Регулирует напряжение генератора пост. тока ВСУ АИ-9В	
11	Выключатель «СЕТЬ НА ВУ» (на центральном пульте)	Elec47	Выключен – 0 Включен – 1	0

Таблица П.9.9 – Выходные параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Табло «ВКЛЮЧИ ВЫПР. 1»	Elec31	Табло не горит – 0 Табло горит – 1	0
2	Табло «ВКЛЮЧИ ВЫПР. 11»	Elec32		0
3	Табло «ВКЛЮЧИ ВЫПР. 111»	Elec33		0
4	Табло «АЭР ПИТ ВКЛЮЧЕН»	Elec34		0
5	Табло «ПРОВЕРКА ОБОРУД»	Elec35		0
6	Вольтметр пост. тока	Elec36	Значения из расчетов	0
7	Амперметр аккумулятора 1	Elec37		0
8	Амперметр аккумулятора 11	Elec38		0
9	Амперметр выпрямителя 1	Elec39		0
10	Амперметр выпрямителя 11	Elec40		0
11	Амперметр выпрямителя 111	Elec41		0
12	Амперметр АИ-9В	Elec42		0
13	Наличие питания постоянного тока	Post27	Сигнала нет – 0 Сигнал есть – 1	0
14	Табло «СЕТЬ ПИТ. ОТ АКУУМ»	Elec48	Табло не горит – 0 Табло горит – 1	0

Таблица П.9.10 – Параметры, получаемые от других систем

№ п.п	Параметр	Из какой системы	Условное обозначение
1	«Контроль ламп»	Светотехническое оборудование	Control_light
2	«ПРОВЕРКА - МИГАЛКА»	Светотехническое оборудование	Control_migalka
3	ВСУ работает на номинальном режиме	ВСУ	VSU

Таблица П.9.11 – Вспомогательные внутренние параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	ВСУ работает в генераторном режиме	Elec43	Сигнала нет – 0 Сигнала есть – 1	0
2	Аккумуляторная шина под напряжением	Elec51		0
3	Шина выпрямителей под напряжением	Elec52		0
4	Сеть работает от ВУ	Elec60		0
5	Работает ВУ 1	Elec61		0
6	Работает ВУ 2	Elec62		0
7	Работает ВУ 3	Elec63		0

Таблица П.9.12 – Параметры, вводимые с пульт инструктора

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Отказ первого выпрямителя	Elec44	Сигнала нет – 0 Сигнала есть – 1	0
2	Отказ второго выпрямителя	Elec45		0
3	Отказ третьего выпрямителей	Elec46		0
4	Отказ аппаратуры ДМР-200	Elec49		0
5	Включено аэрод. питание	Elec50		0

Краткое описание системы питания постоянного тока

Вторичная система постоянного тока и резервные источники постоянного тока образуют систему постоянного тока, которая предназначена для питания оборудования вертолета постоянным током напряжением 27 В.

Источниками электроэнергии в системе постоянного тока являются:

- три выпрямительных устройства ВУ-6А (Б);

- две аккумуляторные батареи 12САМ-28;
- стартер-генератор СТГ-3 двигателя АИ-9В.

Выпрямительные устройства ВУ-6А (Б) предназначены для преобразования трехфазного переменного тока напряжением 204 В и частотой 400 Гц в постоянный ток напряжением 27 В.

Аккумуляторные батареи 12САМ-28 предназначены для:

- автономного запуска двигателя АИ-9В;
- питания жизненно важных потребителей при отказе первичной и вторичных систем электроснабжения.

Стартер-генератор СТГ-3 двигателя АИ-9В служит:

- при работе в стартерном режиме для запуска двигателя АИ-9В;
- при работе в генераторном режиме в течение 30 мин для питания бортсети вертолета постоянным током совместно с аккумуляторными батареями для завершения аварийного полета или на земле (при внеаэродромном базировании).

Выпрямительное устройство №1 подключено к шинам генератора №1, выпрямительное устройство №2 - к шинам генератора №2, а выпрямительное устройство №3 подключается с помощью реле к шинам генератора №2 при работе канала генератора №2, а при отказе канала генератора №2 переключается на шины генератора №1.

Управление системой постоянного тока осуществляется с правой боковой панели электропульты пилотов.

Система постоянного тока включается при подключенном к борту наземном источнике переменного тока или после включения в работу системы переменного тока, при этом автоматы защиты выпрямительных устройств в левом и правом РК должны быть включены.

Выключатели аккумуляторов «АККУМУЛ. I» и «АККУМУЛ. II» необходимо установить в положение «ВКЛ.», загораются табло «ВКЛЮЧИ ВЫПР. I», «ВКЛЮЧИ ВЫПР. II», «ВКЛЮЧИ ВЫПР. III». После этого выключатели выпрямительных устройств «ВЫПРЯМИТЕЛИ I», «ВЫПРЯМИТЕЛИ II» и «ВЫПРЯМИТЕЛИ III», устанавливаются в положение «ВКЛ.». Табло «ВКЛЮЧИ

ВЫПР. I», «ВКЛЮЧИ ВЫПР. II» и «ВКЛЮЧИ ВЫПР. III» должны погаснуть. Это свидетельствует о подключении выпрямительных устройств к сети.

Проверка оборудования должна производиться от наземных источников постоянного или переменного тока. При отсутствии наземных источников (внеаэродромное базирование вертолета) проверка оборудования производится от стартер-генератора СТГ-3 двигателя АИ-9В.

Перед включением стартер-генератора СТГ-3 необходимо произвести запуск двигателя АИ-9В и после выхода его на нормальные обороты установить выключатель «РЕЗЕРВ. ГЕНЕРАТ.» в положение «ВКЛ». При этом срабатывает комплексный аппарат ДМР-200Д и подключает СТГ-3 к аккумуляторной шине. Для проверки оборудования от СТГ-3 включается выключатель «ПРОВЕРКА ОБОРУД.», загорается табло с красным светофильтром «ПРОВЕРКА ОБОРУД.» и шина ВУ соединяется с аккумуляторной шиной.

После проверки оборудования необходимо выключить выключатели «РЕЗЕРВН. ГЕНЕРАТ.» и «ПРОВЕРКА ОБОРУД.», выключить двигатель АИ-9В и выключить аккумуляторные батареи.

Напряжение аккумуляторных батарей контролируется до их подключения к бортовой сети при установке галетного переключателя в положение «АККУМУЛ. I» и «АККУМУЛ. II».

Напряжение на шине ВУ контролируется после включения выпрямительных устройств при установке галетного переключателя в положение «ШИНЫ ВЫПР».

Напряжение на аккумуляторной шине контролируется после подключения аккумуляторов к бортовой сети при установке галетного переключателя в положение «ШИНЫ АКК.».

Напряжение резервного генератора контролируется до его подключения к бортовой сети при установке галетного переключателя в положение «РЕЗЕР. ГЕН».

Подрегулировка напряжения резервного генератора производится сопротивлением ВС-25ТВ «РЕГУЛИР. НАПРЯЖ.».

Контроль токов осуществляется амперметрами А-1 при подключении нагрузки к шинам системы.

Средняя нагрузка на каждое выпрямительное устройство составляет 35...50А. Максимальная нагрузка (сложные метеоусловия, работает ПОС) на каждое устройство - не более 90А.

Ток нагрузки резервного генератора не должен превышать 100А.

На вертолетах выпуска с мая 1984 г. введена сигнализация отказа аппарата ДМР-200Д. Сигнализация неисправности в цепи питания аккумуляторной шины (отказ аппарата ДМР-200Д) предназначена для своевременного обнаружения экипажем в полете момента перехода питания потребителей от генераторов на аккумуляторы. Неисправность в цепи питания аккумуляторной шины определяется по загоранию красного табло «СЕТЬ ПИТ. ОТ АККУМ.», расположенного на левой приборной доске в кабине пилотов. Для исключения разрядки аккумуляторов в полете (в случае неисправности в цепи питания аккумуляторной шины) предусмотрено принудительное подключение аккумуляторной шины к шине ВУ с помощью выключателя «СЕТЬ НА ВУ», расположенного на центральном пульте пилотов.

Расчет выходных параметров системы постоянного тока

Табло «ВКЛЮЧИ ВЫПР. 1»

Табло горит, если выключен выключатель “ВЫПРЯМИТЕЛЬ 1” **И** (есть аэродромное питание переменного тока 200 В **ИЛИ** (включен выключатель “АКУУМУЛЯТОР 1” **И** включен выключатель “АКУУМУЛЯТОР 11”)) **ИЛИ** проверка ламп

$$\text{Elec31} = \text{elec24} * (\text{elec19} + (\text{elec21} * \text{elec22})) + \text{control\_light}.$$

Табло «ВКЛЮЧИ ВЫПР. 11»

Табло горит, если выключен выключатель “ВЫПРЯМИТЕЛЬ 11” **И** (есть аэродромное питание переменного тока 200 В **ИЛИ** (включен выключатель “АКУУМУЛЯТОР 1” **И** включен выключатель “АКУУМУЛЯТОР 11”)) **ИЛИ** проверка ламп

$$\text{Elec32} = \text{elec25} * (\text{elec19} + (\text{elec21} * \text{elec22})) + \text{control\_light}.$$

Табло «ВКЛЮЧИ ВЫПР. 111»

Табло горит, если выключен выключатель “ВЫПРЯМИТЕЛЬ 111” **И** (есть аэродромное питание переменного тока 200 В **ИЛИ** (включен выключатель “АКУУМУЛЯТОР 1” **И** включен выключатель “АКУУМУЛЯТОР 11”)) **ИЛИ** проверка ламп

$$\text{Elec33} = \text{elec25} * (\text{elec19} + (\text{elec21} * \text{elec22})) + \text{control\_light}.$$

Табло «АЭР ПИТ ВКЛЮЧЕН»

Табло горит, если есть сигнал с пульта инструктора “Вкл.чено аэрод. Питание”, **ИЛИ** проверка ламп

$$\text{Elec34} = \text{Elec50} + \text{control\_light}.$$

Табло «ПРОВЕРКА ОБОРУД»

Табло горит, если (включен выключатель “Резервн генератор” **И** включен выключатель “Проверка оборуд”, **И** есть сигнал “ВСУ работает на номинальном режиме”) **ИЛИ** контроль ламп

$$\text{Elec35} = \text{Elec27} * \text{Elec28} * \text{VSU} + \text{control\_light}.$$

Табло «СЕТЬ ПИТ НА АККУМ»

Табло горит, если есть сигнал “Отказ аппаратуры ДМР-200” **ИЛИ** контроль ламп **ИЛИ** контроль мигалки

$$\text{Elec48} = \text{Elec49} + \text{control\_light} + \text{control\_migalka}.$$

Амперметр генератора АИ-9В

Показания амперметра зависят от величины подключаемой нагрузки и от включенного генератора АИ-9В в работу

$$\text{Elec42} = \text{VSU} * (\text{Elec27} * \text{Elec28} * 10 + \text{Elec27} * \text{Elec28} * 45).$$

Параметр «ВСУ работает в генераторном режиме»

Сигнал есть, если ВСУ работает на номинальном режиме, и включен выключатель “РЕЗЕРВ ГЕНЕР”

$$\text{Elec43} = \text{VSU} * \text{Elec27}.$$

Параметр «Аккумуляторная шина под напряжением»

Сигнал есть, если (включен выключатель “АККУМ 1” **ИЛИ** включен выключатель “АККУМ 11”) **И** нет сигнала “Отказ ДМР-200” **ИЛИ** включен выключатель “РЕЗЕР ГЕНЕР” при работающем ВСУ

$$\text{Elec51} = (\text{Elec21} + \text{Elec22}) * \underline{\text{Elec49}} + \text{Elec27} * \text{VSU}.$$

Параметр «Работает ВУ 1»

Сигнал есть, если (включен выключатель “ВЫПР. 1” **И** работает генератор 1 **ИЛИ** аэродр. Источник 200 В) **И** нет отказа ВУ 1

$$\text{Elec61} = \text{Elec24} * (\text{Elec10} + \text{Elec19}) * \underline{\text{Elec44}}.$$

Параметр «Работает ВУ 11»

Сигнал есть, если (включен выключатель “ВЫПР. 11” **И** работает генератор 11 **ИЛИ** аэродр. Источник 200 В) **И** нет отказа ВУ 11

$$\text{Elec62} = \text{Elec25} * (\text{Elec11} + \text{Elec19}) * \underline{\text{Elec45}}.$$

Параметр «Работает ВУ 111»

Сигнал есть, если (включен выключатель “ВЫПР 111” **И** работает один из генераторов **ИЛИ** аэродр. Источник 200 В) **И** нет отказа ВУ 111

$$\text{Elec63} = \text{Elec26} * (\text{Elec10} + \text{Elec11} + \text{Elec19}) * \underline{\text{Elec46}}.$$

Параметр «Шина выпрямителей под напряжением»

Сигнал есть, если (работает один из ВУ **ИЛИ**, включен выключатель “РЕЗЕР. ГЕНЕР.” **И** включен выключатель “ПРОВЕРКА ОБОРУД.”, **И** ВСУ работает)

$$\text{Elec52} = (\text{Elec61} + \text{Elec62} + \text{Elec63}) + \text{Elec27} * \text{Elec28} * \text{VSU}.$$

Показания вольтметра зависят от работы источников постоянного тока и от положения галетного переключателя:

- при положениях переключателя ВЫКЛ показания равны 0 - $\text{Elec36} = 0$;
- при положении переключателя АККУМ 1 показания равны 25, если включен выключатель АККУМ 1 - $\text{Elec36} = 25 * \text{Elec21}$ (в процессе запуска ВСУ или двигателей напряжение падает до 20 В);
- при положении переключателя АККУМ 11 показания равны 25, если включен выключатель АККУМ 11 - $\text{Elec36} = 25 * \text{Elec22}$ (в процессе запуска ВСУ или двигателей напряжение падает до 20 В);

- при положении переключателя РЕЗЕРВ ГЕНЕР показания равны 27, если включен выключатель РЕЗЕРВ ГЕНЕР И ВСУ работает на номинальном режиме - $Elec36 = 27 * Elec27 * VSU$;

- при положении переключателя АККУМ ШИНА показания равны 26, если аккумуляторная шина находится под напряжением - $Elec36 = 26 * Elec51$ (в процессе запуска ВСУ или двигателей напряжение падает до 20 В);

- при положении переключателя ШИНА ВЫПР показания равны 27, если шина выпрямителей находится под напряжением - $Elec36 = 27 * Elec52$ (в процессе запуска ВСУ или двигателей напряжение падает до 20 В);

- при положении переключателя АЭР ПИТ показания равны 27, если есть сигнал “Аэродромное питание подключено” - $Elec36 = 27 * Elec50$ (в процессе запуска ВСУ или двигателей напряжение падает до 20 В).

Амперметр аккумулятора 1

Показания амперметра зависят от включенного состояния выключателей АККУМУЛЯТОР 1 и АККУМУЛЯТОР 11, работы шины ВУ и нагрузки от потребителей:

Elec21	Elec22	Elec52	Elec37
0	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	1	1	0
1	0	0	A
1	1	0	A/2
1	0	1	0
1	1	1	0

A - суммарная нагрузка от всех работающих потребителей

При отказе ДМР-200 показания будут: отрицательными –10 **ИЛИ** равны 5, если есть сигнал «Сеть работает от ВУ»

$$Elec37 = Elec21 * (-10) * Elec49 * \underline{Elec60} + 5 * Elec60.$$

Амперметр аккумулятора 11

Показания амперметра зависят от включенного состояния выключателей АККУМУЛЯТОР 1 и АККУМУЛЯТОР 11, работы шины ВУ и нагрузки от потребителей:

Elec22	Elec21	Elec52	Elec38
0	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	1	1	0
1	0	0	A
1	1	0	A/2
1	0	1	0
1	1	1	0

При отказе ДМР-200 показания будут: отрицательными –10 **ИЛИ** равны 5, если есть сигнал «Сеть работает от ВУ»)

$$\text{Elec38} = \text{Elec22} * ((-10) * \text{Elec49} * \underline{\text{Elec60}} + 5 * \text{Elec60})$$

Амперметр выпрямителя 1

Показания амперметра зависят от рабочего состояния всех ВУ и нагрузки от потребителей:

Elec61	Elec62	Elec63	Elec39
0	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	1	1	0
1	0	0	A
1	1	0	A/2
1	0	1	A/2
1	1	1	A/3

Амперметр выпрямителя 11

Показания амперметра зависят от рабочего состояния всех ВУ и нагрузки от потребителей:

Elec62	Elec61	Elec63	Elec40
0	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	1	1	0
1	0	0	A
1	1	0	A/2
1	0	1	A/2
1	1	1	A/3

Амперметр выпрямителя 111

Показания амперметра зависят от рабочего состояния всех ВУ и нагрузки от потребителей:

Elec63	Elec61	Elec62	Elec41
0	0	0	0
0	1	0	0
0	0	1	0
0	1	1	0
1	0	0	A
1	1	0	A/2
1	0	1	A/2
1	1	1	A/3

Параметр «Сеть работает от ВУ»

Сигнал есть, если включен выключатель “СЕТЬ НА ВУ” **И** есть сигнал, что шина ВУ под напряжением

$$\text{Elec60} = \text{Elec47} * \text{Elec52}.$$

Основные параметры **Системы однофазного переменного тока 115 В 400 Гц** представлены в таблицах П.9.13 – П.9.17.

Таблица П.9.13 – Входные параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Переключатель «115 РУЧНОЕ-АВТОМАТ»	Elec53	Нейтральное положение – 0 Верхнее (РУЧНОЕ) – 1 Нижнее (АВТОМАТ) – 2	0

Таблица П.9.14 – Выходные параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Табло «ПО-500 ВКЛЮЧЕН»	Elec54	Табло не горит – 0 Табло горит – 1	0
2	Наличие питания 115 В	Perem115	Сигнал есть – 1 Нет сигнала - 0	0

Таблица П.9.15 – Параметры, получаемые от других систем

№ п.п	Параметр	Из какой системы	Условное обозначение
1	«Контроль ламп»	Светотехническое оборудование	Control_light

Таблица П.9.16 – Вспомогательные внутренние параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Работает трансформатор 115 В	Elec55	Сигнала нет – 0	0
2	Работает преобразователь 115 В	Elec56	Сигнала есть – 1	0

Таблица П.9.17 – Параметры, вводимые с пульта инструктора

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Отказ трансформатора ТС/1-2 115 В	Elec57	Сигнала нет – 0 Сигнала есть – 1	0

Краткое описание системы питания постоянного тока

Система однофазного переменного тока напряжением 115 В 400 Гц получает питание от канала генератора № 2 первичной системы через трансформатор ТС/1-

2 мощностью 2 кВт и предназначена для питания всех потребителей однофазного переменного тока напряжением 115 В и частотой 400 Гц. На вертолете обеспечено резервирование питания трансформатора ТС/1-2 при отказе канала генератора № 2 путем переключения на канал генератора № 1.

При отказе каналов обоих генераторов или трансформатора ТС/1-2 и его цепей питания потребителей, обеспечивающих продолжение полета и безопасную посадку, осуществляется от резервного источника - преобразователя ПО-500А.

Включение трансформатора осуществляется установкой переключателя «115 РУЧНОЕ-АВТОМАТ» в положение «АВТОМАТ».

Включение преобразователя происходит автоматически при отказе трансформатора или двух генераторов (если положение переключателя «115 РУЧНОЕ-АВТОМАТ» - «АВТОМАТ») или вручную при установке переключателя в положение «РУЧНОЕ». При этом горит табло «ПО-500 ВКЛЮЧЕН».

Расчет выходных параметров системы переменного тока 115 В

Параметр «Работает трансформатор 115 В»

Сигнал есть, если есть сигнал о наличии питания 200В, **И** включен переключатель “РУЧНОЕ-АВТОМАТ” в положение “АВТОМАТ”

$$\text{Elec55} = \text{Elec12} * \text{Elec53}/2.$$

Параметр «Работает преобразователь 115 В»

Сигнал есть, если есть сигнал о наличии питания 27В **И** (включен переключатель “РУЧНОЕ-АВТОМАТ” в положение “РУЧНОЕ” **ИЛИ** если положение “АВТОМАТ” **И** (есть сигналы отказов двух генераторов **ИЛИ** есть сигнал об отказе трансформатора)

$$\text{Elec56} = \text{Post27} * (\text{Elec53} + \text{Elec53}/2 * \text{Elec15} * \text{Elec16} * \text{Elec57}).$$

(при работе преобразователя слышен шум его работы)

Параметр «Наличие питания 115 В»

Сигнал есть, если есть сигнал о работе трансформатора 115 В или преобразователя 115 В

$$\text{Perem115} = \text{Elec55} + \text{Elec56}.$$

Табло «ПО-500 ВКЛЮЧЕН»

Табло горит, если работает преобразователь 115 В или контроль ламп

$$\text{Elec54} = \text{Elec56} + \text{control\_light}.$$

Показания вольтметра равны 115 В при наличии питания 115 В и установке галетника в положение “115”

$$\text{Elec7} = 115 * \text{Perem115}.$$

Основные параметры **Системы трехфазного переменного тока 36 В 400 Гц** представлены в таблицах П.9.18 – П.9.19.

Таблица П.9.18 – Входные параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Переключатель «36 РУЧНОЕ-АВТОМАТ»	Elec58	Нейтральное положение – 0 Верхнее (РУЧНОЕ) – 1 Нижнее (АВТОМАТ) – 2	0

Таблица П.9.19 – Выходные параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Наличие питания трехфазного 36 В	Perem36_3	Сигнал есть – 1 Нет сигнала - 0	0
2	Работает преобразователь ПТ- 200	Elec70		0

Краткое описание системы питания постоянного тока

Система трехфазного переменного тока напряжением 36 В и частотой 400 Гц получает питание от канала генератора № 1 первичной системы через трансформатор ТС310С04Б мощностью 1 кВт и предназначена для питания всех потребителей трехфазного переменного тока напряжением 36 В и частотой 400 Гц.

На вертолете выполнено резервирование питания трансформатора ТС310С04Б при отказе канала генератора № 1 путем переключения питания на канал генератора № 2.

При отказе каналов обоих генераторов или трансформатора ТС310С04Б и его цепей питание потребителей, обеспечивающих продолжение полета и безопасную посадку, осуществляется от резервного источника - преобразователя ПТ-200Ц.

Включение трансформатора осуществляется установкой переключателя «36 РУЧНОЕ-АВТОМАТ» в положение «АВТОМАТ».

Включение преобразователя происходит автоматически при отказе трансформатора или двух генераторов (если положение переключателя «36 РУЧНОЕ-АВТОМАТ» - «АВТОМАТ») или вручную при установке переключателя в положение «РУЧНОЕ».

Расчет выходных параметров системы трехфазного переменного тока 36 В

Параметр «Работает преобразователь ПТ-200»

Сигнал есть, если включен переключатель “РУЧНОЕ-АВТОМАТ” в положение “РУЧНОЕ”, **И** есть питание постоянного тока

$$\text{Elec70} = \text{Post27} * \text{Elec58}.$$

(слышен шум работы)

Параметр «Наличие питания трехфазного 36 В»

Сигнал есть, если есть сигнал о наличии питания 200В, **И** включен переключатель “РУЧНОЕ-АВТОМАТ” в положение “АВТОМАТ”, **ИЛИ** работает преобразователь ПТ-200

$$\text{Perem36\_3} = \text{Elec12} * \text{Elec58}/2 + \text{Elec70}.$$

Основные параметры **Системы однофазного переменного тока 36 В 400 Гц** представлены в таблицах П.9.20 – П.9.21.

Таблица П.9.20 – Входные параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Переключатель «ТРАНСФОДИН» (на центральном пульте)	Elec59	Нейтральное положение – 0 Верхнее (ОСНОВ) или Нижнее (ЗАПАСН) – 1	0

Таблица П.9.21 – Выходные параметры

№ п.п	Параметр	Условное обозначение	Значение параметра	Исходное состояние
1	Наличие питания однофазного 36 В	Perem36_1	Сигнал есть –1 Нет сигнала - 0	0

Краткое описание системы питания постоянного тока

Система однофазного переменного тока напряжением 36 В и частотой 400 Гц получает питание от системы однофазного переменного тока напряжением 115 В и частотой 400 Гц через основной или резервный трансформатор ТР-115/36. От трансформатора ТР-115/36 питаются приборы контроля работы двигателей и трансмиссии. Включение трансформаторов осуществляется установкой переключателя «ТРАНСФОДИН» в положения «ОСНОВН.» или «ЗАПАСН.».

Расчет выходных параметров системы однофазного переменного тока 36 В

Параметр «Наличие питания трехфазного 36 В»

Сигнал есть, если есть сигнал о наличии питания 200В, **И** включен переключатель “РУЧНОЕ-АВТОМАТ” в положение “АВТОМАТ”, **ИЛИ** есть питание постоянного тока **И** положение “РУЧНОЕ”

$$\text{Perem36\_1} = \text{Post27} * \text{Elec59}$$

В таблице П.9.22 приведены данные по нагрузкам (А), связанным с основными потребителями системы постоянного тока.

Таблица П.9.22 – Значения нагрузок, связанных с основными потребителями системы постоянного тока

№ п.п.	Потребитель	Обозначение параметра	Величина нагрузки, А
1	Общая первоначальная нагрузка всех мелких потребителей	-	10
2	Преобразователь ПО-500	Elec56	20
3	Преобразователь ПТ-200	Elec70	10
4	Насос расходного топливного бака	Fuel28	6
5	Насос левого топливного бака	Fuel29	3
6	Насос правого топливного бака	Fuel30	3
7	Вентилятор КО-50	Ko9	30
8	Система КО-50	Ko12	4

В. Математическая модель компьютерного тренажёра «Запуск ВСУ АИ-9»

ММ тренажёра «Запуск ВСУ АИ-9» рассматривается как пример ММ, для которой зависимость между независимыми и зависимыми переменными определяется по данным, приведённым в РЛЭ вертолёта для реального полёта. Результаты моделирования, априори, будут идентичны реальным процессам.

Задание слушателя при работе на тренажёре: «запустить» ВСУ, следить за изменением параметров и табло и прекратить запуск, если процесс запуска отклонится от нормы. Последовательность действий слушателя показана на рисунке П.9.10. На рисунках П.9.11 и П.9.12 приведен вид экрана тренажёра «Запуск ВСУ АИ-9».

Действие 1. После «клика» на одном из мест расположения средств контроля или органов управления запуском на экран выводятся пульт управления запуском с соответствующими активными зонами и необходимые приборы контроля. Первое

действие – это проверка положения тумблера и установка его в положение ЗАПУСК, если он находится в другом положении.

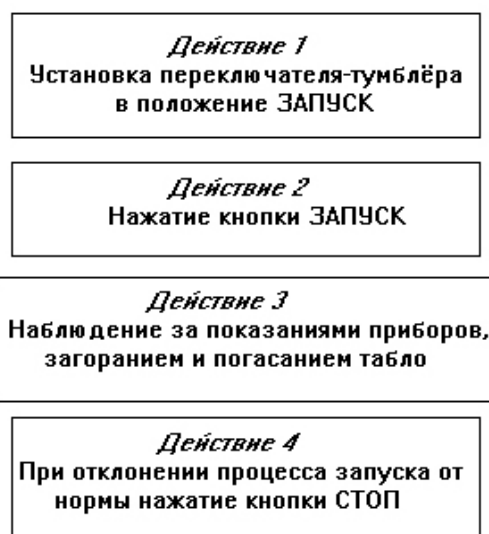


Рисунок П.9.10 – Действия слушателя при работе на тренажёре
«Запуск ВСУ АИ-9»

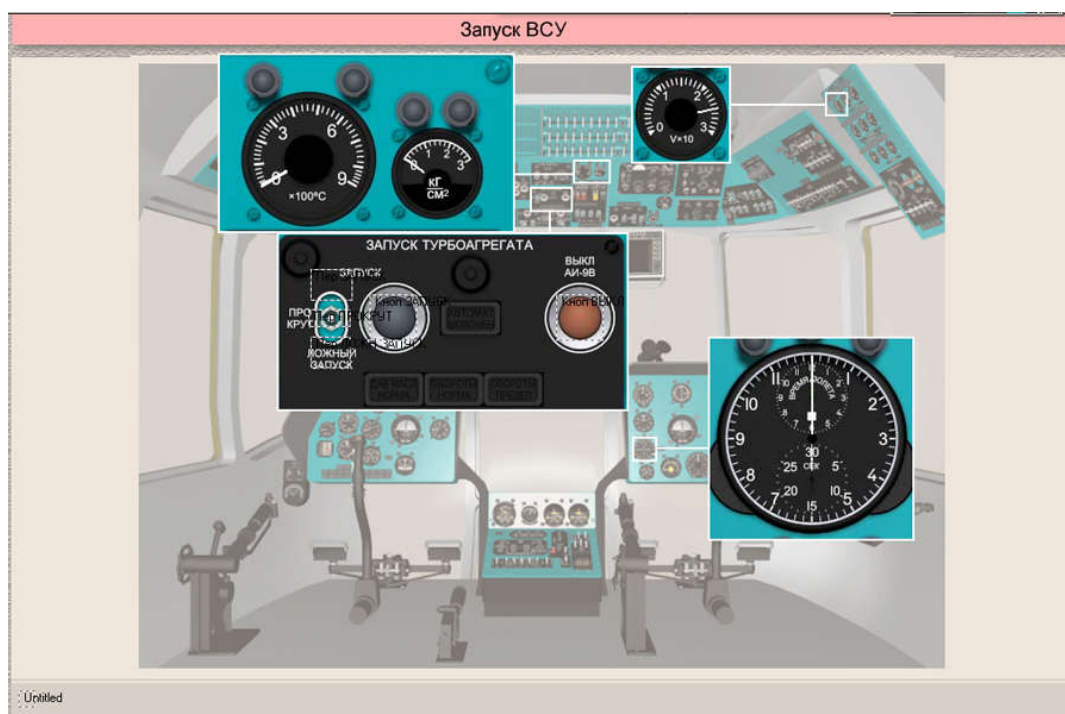


Рисунок П.9.11 – Вид экрана тренажёра «Запуск ВСУ АИ-9» после вызова
необходимых панелей и информационных фрагментов



Рисунок П.9.12 – Вид экрана тренажёра «Запуск ВСУ АИ-9»
на 13 секунде запуска

Действие 2. Нажатие кнопки ЗАПУСК инициирует работу систем, обеспечивающих запуск АИ-9. Математическая модель тренажёра начнёт выдавать информацию на экран, обеспечивая изменения параметров, аналогичные реальному процессу запуска.

Действие 3. Это действие – суть внимательное наблюдение за своевременными изменениями состояния табло и измеряемых параметров запуска. Наблюдаемые изменения сравниваются с нормами, приведенными в РЛЭ.

Действие 4. Это действие выполняется, если обнаружено отклонение процесса запуска от нормы. При обнаружении отклонения слушатель прекращает запуск, нажав кнопку ВЫКЛ АИ-9В.

В математическую модель данного тренажёра входят две группы независимых переменных.

Функционально математическую модель можно разделить на несколько блоков, рисунок П.9.13.

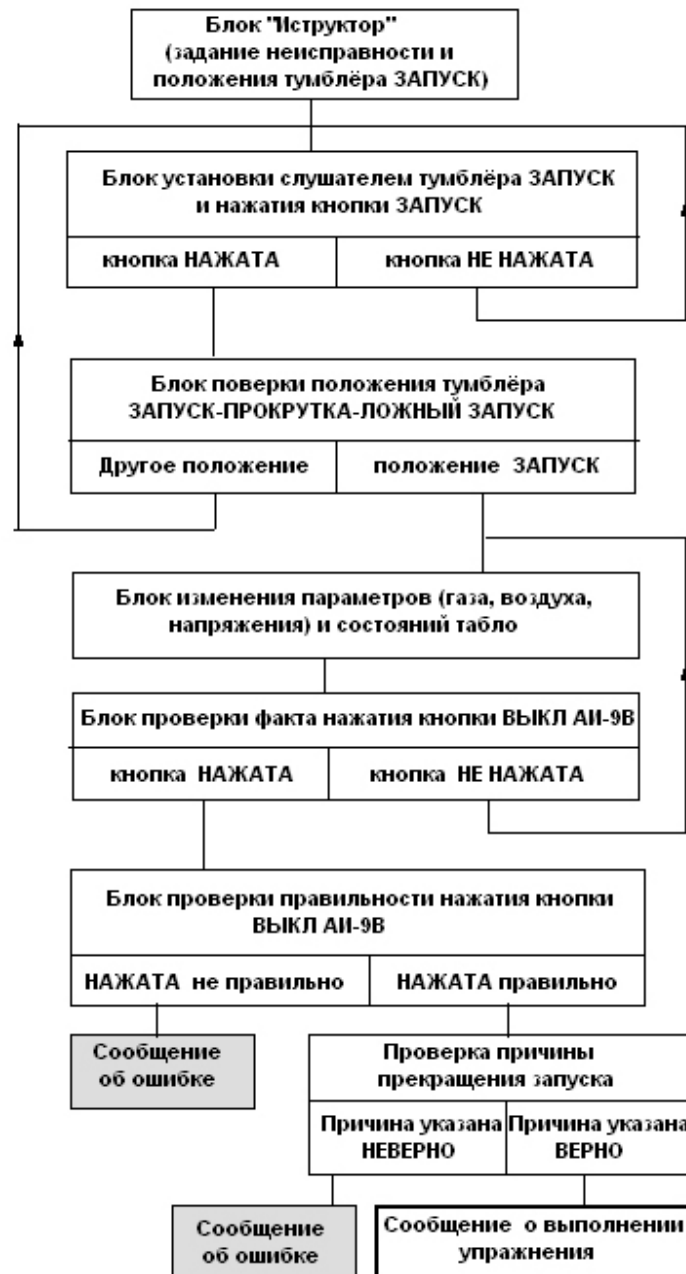


Рисунок П.9.13 – Взаимодействие функциональных блоков математической модели тренажёра «Запуск ВСУ АИ-9»

Первая группа независимых переменных связана с положениями органов управления запуском ВСУ – трех позиционного переключателя ЗАПУСК-ПРОКРУТКА-ЛОЖНЫЙ ЗАПУСК, кнопки ЗАПУСК и кнопки ВЫКЛ АИ-9В. Положения органов управления задаёт слушатель и, следовательно, он задает значения переменных этой группы. Вторая группа независимых переменных

задаётся «инструктором». «Инструктор» решает, «предъявить» слушателю нормальный запуск или ввести неисправность. В качестве «инструктора» в ММ модели используется блок, в котором при каждом обращении к тренажёру случайным образом определяется предъявляемый слушателю характер запуска.

Блок «Инструктор». В этом блоке случайным образом формируется характер запуска: либо запуск нормальный, либо запуск с одной из 7-ми неисправностей, поименованных в РЛЭ. В тренажёре «Запуск ВСУ АИ-9В» реализовано примерно одинаковая возможность этих двух вариантов с равной примерно вероятностью возникновения каждой конкретной неисправности. Каждому варианту присущи свои значения идентификаторов запуска, таблица П.9.23.

Таблица П.9.23 – Результаты работы блока «Инструктор» (неисправности)

Варианты запуска	Вероятность варианта	Идентификатор варианта запуска	
		Есть неисправность	Нет неисправности
Запуск нормальный (без неисправностей)	51%	$V0=1, V1=0 \dots\dots\dots V7=0$	
Нет роста температуры газов за турбиной	7%	$V1=1$	$V1=0$
Не загорается табло ДАВЛ. МАСЛА НОРМ	7%	$V2=1$	$V2=0$
Падение напряжения ниже 18 В	7%	$V3=1$	$V3=0$
Превышение температуры газов за турбиной выше 880°C	7%	$V4=1$	$V4=0$
На 30-ой секунде не гаснет табло АВТОМ ВКЛЮЧЕНА	7%	$V5=1$	$V5=0$
Загорается табло ОБОРОТЫ ПРЕДЕЛ	7%	$V6=1$	$V6=0$
Самопроизвольное выключение двигателя	7%	$V7=1$	$V7=0$

В этом же блоке задаётся первоначальное положение трех позиционного тумблера ЗАПУСК – ПРОКРУТКА – ЛОЖНЫЙ ЗАПУСК путём присвоения идентификатору положения единицы с равной вероятностью, таблица П.9.24.

Таблица П.9.24 – Результаты работы блока «Инструктор»
(положение переключателя)

Задаваемое положение тумблера	Вероятность	Значения идентификаторов
ЗАПУСК	34%	$V8=1, V9=0, V10=0$
ПРОКРУТКА	33%	$V8=0, V9=1, V10=0$
ЛОЖНЫЙ ЗАПУСК	33%	$V8=0, V9=0, V10=1$

Блок установки слушателем тумблера ЗАПУСК и нажатия кнопки ЗАПУСК. В этом блоке в цикле просматриваются соответствующие положению тумблера и кнопки ЗАПУСК идентификаторы. Изменение положения слушателем органов управления запуском вызывает изменение значений идентификаторов положения, таблица П.9.25.

Таблица П.9.5 – Таблица соответствия

Действия слушателя	Значения идентификаторов
Установка переключателя в положение ЗАПУСК	$V8=1, V9=0, V10=0$
Установка переключателя в положение ПРОКРУТКА	$V8=0, V9=1, V10=0$
Установка переключателя в положение ЛОЖНЫЙ ЗАПУСК	$V8=0, V9=0, V10=1$
Нажатие кнопки ЗАПУСК	$V11=1$
Нажатие кнопки ВЫКЛ АИ-9В	$V12=1$

Работа блока заключается в циклической проверке следующих равенств:

If $V11=0$ then (продолжение цикла опроса);

If $V11=1$ then (проверка положения тумблера ЗАПУСК);

If V8=1 then (переход в Блок изменения параметров) else (сообщение о необходимости поставить тумблер в положение ЗАПУСК).

Блок изменения параметров и состояния табло. В этом блоке формируется и в течение процесса запуска выводится на экран вся визуальная информация о ходе запуска. Это изменение температуры газов за турбиной, изменение давления воздуха в магистрали запуска основных двигателей ТВЗ-117ВМ и изменение напряжения аккумуляторов. Эти параметры непрерывно замеряются стрелочными приборами. Слушатель должен внимательно следить за показаниями этих приборов и в соответствии с указаниями РЛЭ определять неисправности, если они возникают. Часть параметров ВСУ контролируется в процессе запуска дискретно путём загорания или погасания в определённые моменты запуска сигнальных табло. На щитке запуска ВСУ расположены табло: АВТОМАТ ВКЛЮЧЕН, ДАВ МАСЛ НОРМА, ОБОРОТЫ НОРМА, ОБОРОТЫ ПРЕДЕЛ. Для фиксации моментов загорания и погасания табло на экран выведены авиационные часы. В качестве временных зависимостей параметров запуска без неисправностей, выводимых на щиток запуска ВСУ, использованы временные зависимости этих параметров, снятые в процессе нормального запуска реального АИ-9В, рисунок П.9.14.

Каждой введённой в блоке «Инструктор» неисправности соответствует свой набор временных зависимостей параметров запуска и, как следствие, своя картина показаний приборов и табло, рисунок П.9.15. Именно по картине показаний приборов и табло слушатель определяет возникшую неисправность. Например, для неисправности «превышение температуры газов за турбиной свыше 880°C» временная зависимость температуры газов нормального запуска будет заменена на другую, рисунок П.9.16.

Для некоторых неисправностей изменяется диаграмма загорания и погасания табло. Например, при неисправности «Превышение оборотов» загорается соответствующее табло, рисунок П.9.17.

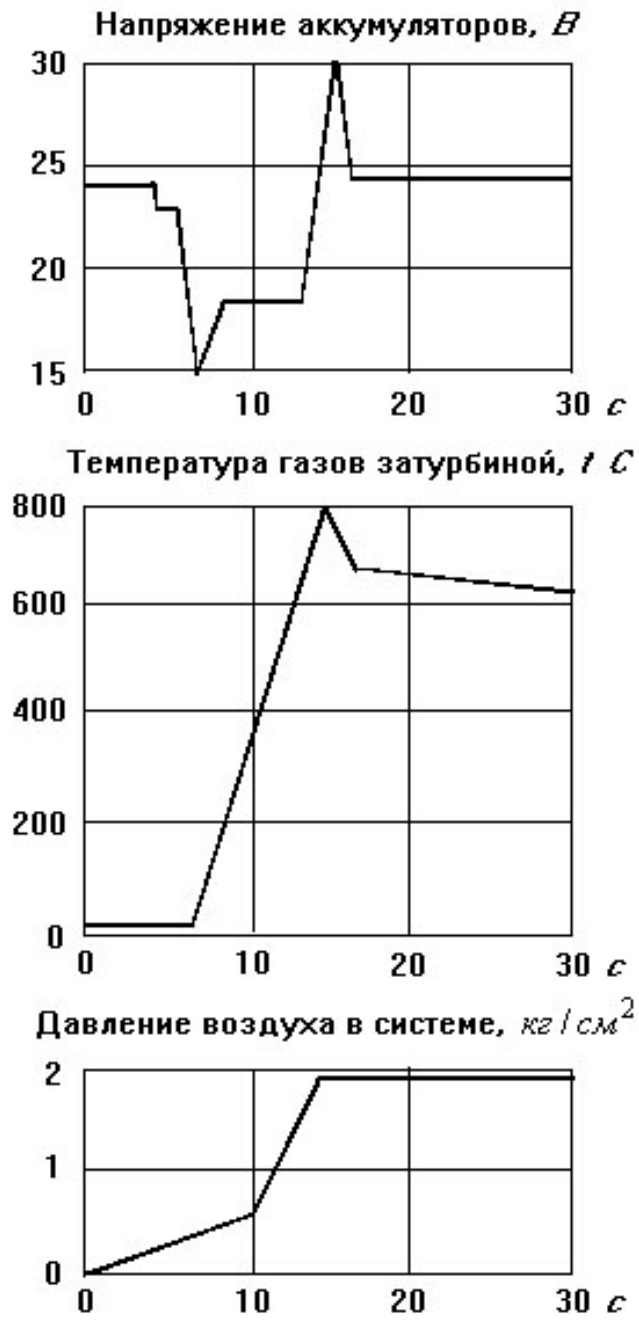


Рисунок П.9.14 – Изменение параметров, выводимых на приборы щитка запуска ВСУ, в процессе нормального запуска

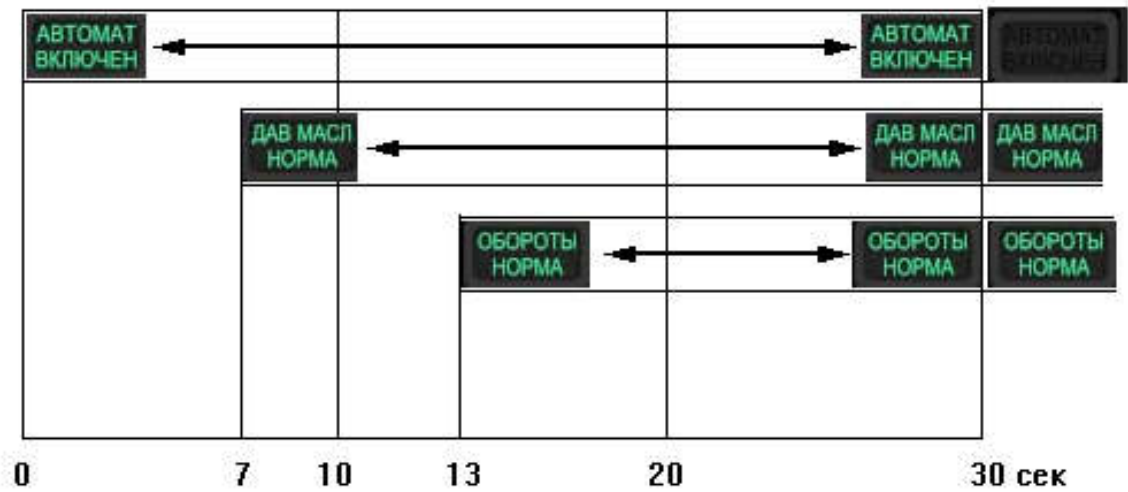


Рисунок П.9.15 – Диаграмма загорания и погасания сигнальных табло в процессе нормального запуска

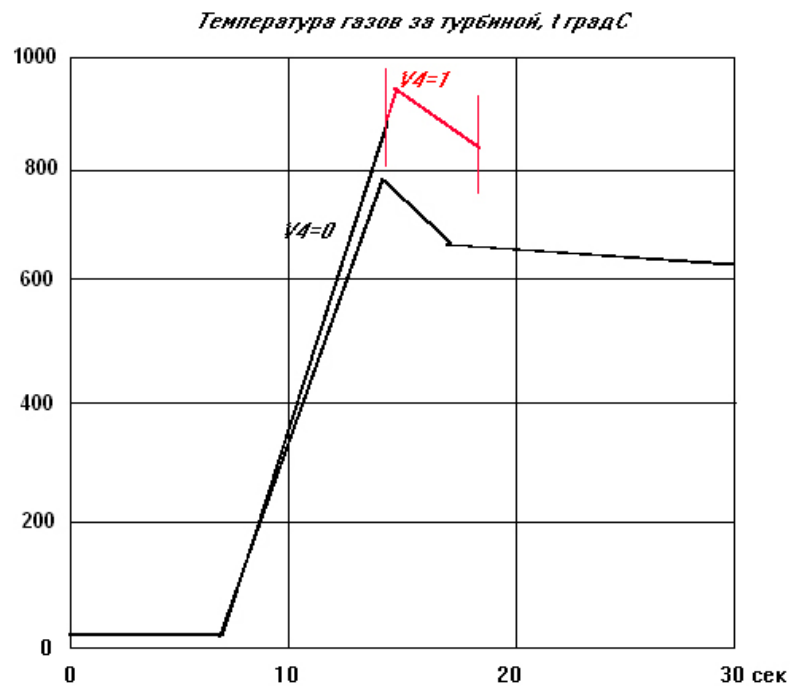


Рисунок П.9.16 – Зависимость температуры газов за турбиной при неисправности «превышение температуры газов свыше 880 °C»

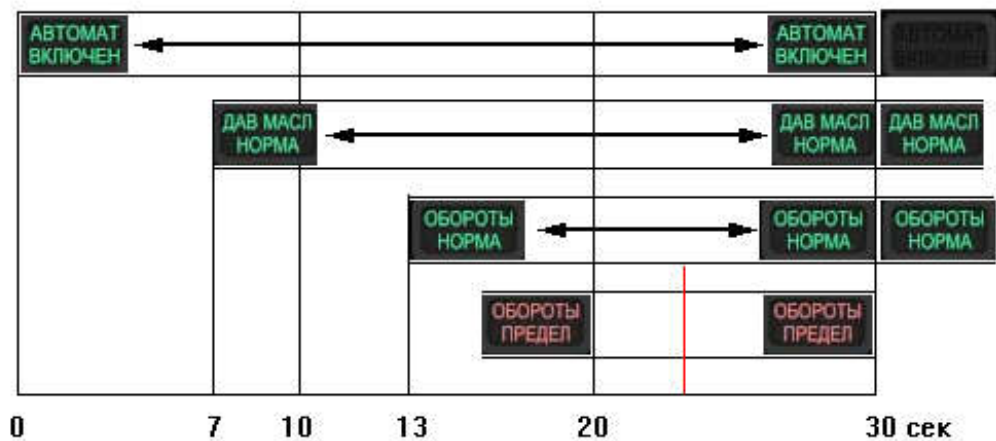


Рисунок П.9.17 – Диаграмма загорания и погасания сигнальных табло в процессе запуска при неисправности «Превышение оборотов»

В блоке в цикле с частотой не более 1/24 сек (не реже 24 кадров в секунду) выводится на экран визуальная информация о ходе запуска (стрелочные приборы и табло). Выводимая информация соответствует выбранному в блоке «Инструктор» варианту запуска: нормальному запуску без неисправностей или запуску с одной из заложенных неисправностей. Слушатель по показаниям приборов и состоянию табло должен определить характер запуска. Если запуск нормальный – в ход запуска не вмешиваться. Если обнаружена поименованная в РЛЭ неисправность – запуск прекратить нажатием кнопки ВЫКЛ АИ-9В. Факт нажатия слушателем кнопки ВЫКЛ АИ-9В проверяется в цикле после каждого вывода информации на экран. При нажатии кнопки начинает работать следующий блок.

Блок проверки правильности нажатия кнопки ВЫКЛ АИ-9В. Факт нажатия кнопки приводит к появлению равенства $V12=1$ (пока не нажата, $V12=0$). Если запуск нормальный или неисправность ещё не проявилась, слушателю сообщается об ошибочности прекращения запуска:

If $V0=1$ then (сообщение об ошибке);

If $V0=0$ and $V1=0$ and and $V7=0$ then (сообщение об ошибке).

Если запуск с неисправностью, слушателю предлагается указать причину прекращения запуска. Если слушатель указывает не на ту неисправность, которая введена в блоке «Инструктор», ему сообщается об ошибке. Если указывает на ту – сообщается об успешном завершении упражнения.

П. 9.1. ПРИМЕРЫ АКТОВ ОЦЕНОК КОМПЛЕКСНОГО ЛЁТНОГО ТРЕНАЖЁРА ПРИ ЕГО СЕРТИФИКАЦИИ

АКТ

оценки количественных параметров вертолета Ми-8МТВ

№№ п/п	Выдерживаемые параметры	Числовое значение	Наименование критерия	Числовое значение
1.	<i>Характеристика поведения вертолета на различных этапах полета</i>			

АКТ

объективной оценки тренажера вертолета Ми-8МТВ (Ми-8АМТ)

№ п/п	Наименование критерия	Числовое значение летных испытаний	Числовое значение летных испытаний тренажера	Значение норматива по точности моделирован ия	Значение точности моделиров ания тренажера	Соот- ветствие
1	2	3	4	5	6	7
1.	<i>Характеристика поведения вертолета на различных этапах полета</i>					

АКТ

летных испытаний тренажера Ми-8МТВ (Ми-8АМТ)

№№ п/п	Выдерживаемые параметры	Числовое значение	Наименование критерия	Числовое значение
1.	<i>Характеристика поведения вертолета на различных этапах полета</i>			

АКТ**субъективной оценки тренажера Ми-8МТВ (Ми-8АМТ)**

Ф.И.О. эксперта:

Должность _____

Образование _____

Налет на Ми-8МТВ _____

Дата начала

летной оценки

Дата окончания

летной оценки

Кол-во полетов

Общее время

налета

№№ п/п	Наименование оцениваемых характеристик (режимов полета)	Летная оценка характеристики			Замечания по оцениваемым характеристикам
		положительная	допустимая	Отрицательная	
1.	Комплексная оценка имитации полета				