

На правах рукописи



ШАЛУПИН СТЕПАН ВЛАДИМИРОВИЧ

**МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБЛИКА
ТРЕНАЖЕРНОЙ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И
РЕМОНТА СРЕДСТВ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ
И АВИАЦИОННОЙ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ**

Специальность 2.9.6 – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники

автореферат диссертации
на соискание ученой степени кандидата технических наук

Москва – 2025

Работа выполнена в Федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) на кафедре «Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта».

Научный руководитель:

Доктор технических наук, профессор,
заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация
радиоэлектронного оборудования воздушного
транспорта» ФГБОУ ВО МГТУ ГА
Болелов Эдуард Анатольевич

Официальные оппоненты:

Доктор технических наук, профессор, профессор
кафедры «Вычислительная техника и
информационные системы» Федерального
государственного бюджетного образовательного
учреждения высшего образования «Воронежский
государственный лесотехнический университет им.
Г.Ф. Морозова»
Потапов Андрей Николаевич

Кандидат технических наук, старший научный
сотрудник 32 ОНИ 3 УНИ НИИ (военно-системных
исследований МТО ВС РФ) Федерального
государственного казённого военного
образовательного учреждения высшего образования
«Военная академия материально-технического
обеспечения имени генерала армии
А.В. Хрулёва» Министерства обороны Российской
Федерации

Халин Александр Федорович

Ведущая организация:

Федеральное автономное учреждение
«Государственный научно-исследовательский
институт авиационных систем» (ФАУ ГосНИИ АС)

Защита состоится «21» мая 2025 года в 16⁰⁰ часов на заседании диссертационного совета 42.2.001.01 на базе ФГБОУ ВО МГТУ ГА по адресу: 125993, г. Москва, Кронштадтский бульвар, 20.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) и на сайте www.mstuca.ru.

Автореферат разослан «____» _____ 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета 42.2.001.01
доктор технических наук, профессор



В.М. Самойленко

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Обеспечение безопасности полетов является важнейшим приоритетом в деятельности гражданской авиации. На уровень безопасности полётов существенное влияние оказывает качество радиотехнического обеспечения полётов воздушных судов.

Возможности современных средств радиотехнического обеспечения полётов и авиационной электросвязи (далее - РТОП), основу которых составляют весьма совершенные системы наблюдения, радионавигации и посадки, системы связи и передачи данных, во многом зависят от качества их эксплуатации. Техническая эксплуатация средств РТОП представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение их надёжного функционирования. Техническую эксплуатацию осуществляет служба эксплуатации радиотехнического оборудования и связи (ЭРТОС), одной из основных задач которой является обеспечение подготовки специалистов инженерно-технического персонала (ИТП) службы ЭРТОС в соответствии с нормативными квалификационными требованиями.

Анализ безопасности полётов по причинам, связанным с РТОП, позволил выявить долю инцидентов связанных с недостаточной профессиональной подготовкой ИТП служб ЭРТОС, а именно около трети инцидентов по причинам недостатков в РТОП связаны с недостаточной профессиональной подготовкой ИТП служб ЭРТОС.

Деятельность ИТП служб ЭРТОС в процессе эксплуатации средств РТОП характеризуется временем и качеством выполняемых работ по техническому обслуживанию и ремонту (ТОиР). В свою очередь, на временные и качественные характеристики существенно влияет уровень знаний и навыков, приобретённых ИТП в процессе обучения, повышения квалификации, технической учёбы и в повседневной деятельности.

Система подготовки ИТП служб ЭРТОС за последние десятилетия практически не претерпела изменений и использует традиционные формы и методы обучения, несмотря на широкое использование в процессе подготовки авиационного персонала (лётного состава, диспетчеров УВД, инженерно-авиационного персонала) тренажерных систем на всех этапах обучения.

Теория и практика построения авиационных тренажерных систем и комплексов получила значительное развитие благодаря научным исследованиям и практическим усилиям таких коллективов как: ГосНИИ АС, ГосНИИ ГА, ВУНЦ «ВВА им. проф. Н.Е. Жуковского и Гагарина», ПАО «Яковлев», АО «ВНИИ РА», ООО «Фирма НИТА», МАИ, МГТУ ГА и др. Проведённый в работе анализ системы теоретической и практической подготовки ИТП служб ЭРТОС, методов, форм и технических средств обучения свидетельствует о существующем **противоречии практического характера** между существующими традиционными методами, формами и техническими средствами подготовки ИТП и необходимостью повышения качества подготовки ИТП служб ЭРТОС в условиях возрастающей сложности средств РТОП.

Один из путей устранения данного противоречия связан с внедрением в практику обучения ИТП служб ЭРТОС тренажерных систем (ТрС) ТОиР средств РТОП. Центральной задачей разработки ТрС ТОиР средств РТОП является задача разработки методики формирования технического облика тренажерной системы ТОиР средств РТОП. Следствием этого является возникновение **противоречия научного характера** между необходимостью разработки методики формирования технического облика тренажерной системы ТОиР средств РТОП и отсутствием такой методики. Существующие методы и методики синтеза тренажерных систем и технических средств обучения не учитывают особенности подготовки ИТП служб ЭРТОС процедурам технического обслуживания и ремонта, тем более в условиях сложившейся смешанной системы технического обслуживания средств РТОП. Кроме этого, требуется разработать методики оценки эффективности теоретической и практической подготовки ИТП, методики определения уровня навыка в целях учета индивидуальных психофизических особенностей обучаемых и формирования индивидуальных планов практической подготовки ИТП на тренажерной системе ТОиР.

Для разрешения сформулированных противоречий практического и научного характера в диссертации решается актуальная **научно-техническая задача** разработки методики

формирования технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств РТОП, в рамках которой обосновывается технический облик ТрС, разрабатываются математические модели средств РТОП, учитывающие возможность обучения процедурам технического обслуживания и ремонта, а также разрабатываются методики оценки эффективности теоретической и практической подготовки ИТП служб ЭРТОС.

В настоящее время задача разработки методики формирования технического облика ТрС ТООИР средств РТОП в целом не решена. Не решены в полном объеме, в частности, задачи разработки математических моделей, адаптированных для использования в ТрС ТООИР средств РТОП, и методик оценки эффективности теоретической и практической подготовки ИТП служб ЭРТОС. В ряде работ излагаются подходы, позволяющие эффективно решать отдельные частные задачи имитации работы отдельных средств РТОП. Однако, эти подходы не обладают свойством системности и не адаптированы к изучению процедур ТООИР средств РТОП. Практически не существует методик оценки эффективности теоретической и практической подготовки ИТП служб ЭРТОС с использованием ТрС. В имеющихся методиках излагаются лишь общие вопросы оценки эффективности теоретической и практической подготовки ИТП.

Степень разработанности темы исследования. Большой вклад в решение широкого круга теоретических и прикладных вопросов построения авиационных тренажерных систем и подготовки ИТП внесли Алымов В.Н., Артемов А.Д., Ветошкин В.М., Воскобоев В.Ф., Годунов А.И., Дозорцев В.М., Золотовский В.Е., Красовский А.А., Митрофанов С.Ю., Потапов А.Н., Рухлинский В.М., Хафизов Ф.Ш. Чинючин Ю.М., Шишкин В.В., Щербак В.В. и др. Необходимо отметить также разработки ООО «Фирма НИТА» в области создания специализированного тренажера технической эксплуатации транспортного радиооборудования, в котором частично решены задачи теоретической и практической подготовки ИТП служб ЭРТОС. Таким образом, вопросы разработки и внедрения ТрС ТООИР в систему подготовки ИТП служб ЭРТОС нуждаются в дальнейшем развитии.

Целью диссертационной работы является повышение качества подготовки ИТП служб ЭРТОС в условиях возрастающей сложности средств РТОП.

Цель работы достигается решением **комплекса взаимосвязанных задач**, а именно:

1. Анализом системы технического обслуживания и ремонта средств РТОП с учётом уровня профессиональной подготовки ИТП служб ЭРТОС.
2. Разработкой методики формирования технического облика ТрС технического обслуживания и ремонта средств РТОП, в рамках которой обосновываются назначение и задачи, решаемые ТрС ТООИР средств РТОП, его состав и структура, программное обеспечение и информационное взаимодействие модулей ТрС.
3. Разработкой математических моделей ТрС ТООИР средств РТОП, учитывающих функционирование средства РТОП в исправном и неисправном состояниях и позволяющих эффективно решать задачи обучения ИТП служб ЭРТОС процедурам ТООИР.
4. Оценкой адекватности существующей тренажерной системы ИТП служб ЭРТОС.
5. Разработкой методик оценки эффективности теоретической и практической подготовки ИТП служб ЭРТОС при использовании ТрС.
6. Разработкой методики оценки навыка обучаемых и формирования программы индивидуальной практической подготовки.

Средством диссертационного исследования являются ТрС ТООИР средств РТОП.

Предметом диссертационного исследования являются:

- методика формирования технического облика ТрС технического обслуживания и ремонта средств РТОП;
- математические модели средств РТОП, адаптированные для использования в ТрС ТООИР и методики оценки эффективности теоретической и практической подготовки ИТП служб ЭРТОС при использовании ТрС ТООИР средств РТОП.

Методы исследования базируются на основных положениях теории вероятности и математической статистики, методах теории графов, а также включают методы математического и имитационного моделирования.

Научная новизна работы состоит в развитии теории и практики построения тренажерных систем технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов (РТОП). В настоящей работе разработана:

1. Методика формирования технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств РТОП, учитывающая в отличие от известных, особенности построения и технического обслуживания и ремонта средств РТОП.

2. Математическая модель средства РТОП в пространстве параметров, отличающаяся от известных, учетом: уровня восстановления средства РТОП; набора контролируемых параметров средств РТОП; процедур технического обслуживания и ремонта.

3. Методика оценки эффективности тренажерной системы технического обслуживания и ремонта для теоретической подготовки ИТП.

4. Методика оценки эффективности тренажерной системы технического обслуживания и ремонта для практической подготовки ИТП.

Практическая значимость результатов работы состоит в том, что внедрение ее результатов в разработку перспективных тренажерных систем технического обслуживания и ремонта средств РТОП позволит повысить уровень профессиональной подготовки инженерно-технического персонала служб ЭРТОС и совершенствовать подготовку инженеров по технической эксплуатации радиоэлектронного оборудования аэропортов и воздушных трасс в транспортных вузах РФ. Самостоятельную практическую значимость имеют методики оценки эффективности тренажерной системы технического обслуживания и ремонта для теоретической и практической подготовки ИТП.

Автором лично:

- разработана методика формирования технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств РТОП, учитывающая особенности подготовки инженерно-технического персонала служб эксплуатации радиотехнического оборудования и связи;

- разработана математическая модель средств РТОП в пространстве параметров, отличающаяся от известных моделей учетом процедур технического обслуживания и ремонта, учетом заданного уровня восстановления средства РТОП и набором технических параметров, подлежащих контролю;

- разработана методика и проведена оценка эффективности тренажерной системы технического обслуживания и ремонта для теоретической подготовки ИТП;

- разработана методика и проведена оценка эффективности тренажерной системы технического обслуживания и ремонта для практической подготовки ИТП.

Достоверность научных результатов основана на:

- глубоком анализе состояния проблем в системе подготовки и повышения квалификации инженерно-технического персонала служб ЭРТОС;

- корректном использовании известных теоретических методов теории графов при построении математических моделей средств РТОП для модуля практической подготовки тренажерной системы;

- сравнительном экспериментальном анализе качества подготовки обучаемых при использовании традиционных методов обучения и существующего специализированного тренажера технической эксплуатации транспортного радиооборудования.

Положения, выносимые на защиту:

1. Методика формирования технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств РТОП и требования к ТРС ТОиР средств РТОП;

2. Математическая модель средства РТОП, адаптированная для использования в модуле практической подготовки ТРС ТОиР средства РТОП;

3. Методики оценки эффективности теоретической и практической подготовки ИТП служб ЭРТОС при использовании в ТРС ТОиР средств РТОП.

Апробация работы. Основные результаты работы докладывались и обсуждались на 5-ти международных и всероссийских научных конференциях, 3-х научно-технических семинарах кафедры ТЭ РЭО ВТ МГТУ ГА.

Публикации. Основные результаты работы опубликованы в 12 печатных работах, в том числе: 7 научных статей в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК при Минобрнауки РФ; 1 научная статья в журнале, рецензируемом Scopus; 2 научные статьи, опубликованные в других изданиях; 2 отчета о НИР.

Реализация результатов работы проводилась при выполнении инициативных НИР в МГТУ ГА. Полученные теоретические результаты приняты к использованию в учебном процессе в МГТУ ГА, что подтверждается соответствующим актом.

Структура и объем диссертационной работы

Диссертация состоит из введения, четырех разделов и заключения. Основная часть работы содержит 132 страницы текста, включая 42 рисунка, 16 таблиц. Общий объем работы 145 страниц. Библиографический список включает 114 наименований работ. Приложения общим объемом 13 страниц содержат 1 приложение.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, выявлены противоречия практического и научного характера в области подготовки инженерно-технического персонала служб ЭРТОС, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, практическая значимость полученных результатов, определены границы исследований, сформулированы положения, выносимые на защиту, и изложено краткое содержание диссертации.

В первой главе проведен анализ процесса технического обслуживания и ремонта средств РТОП при существующей системе подготовки инженерно-технического персонала служб ЭРТОС. Проведенный анализ позволяет утверждать следующее. Конкретный тип средства РТОП, его влияние на безопасность полетов определяет систему технического обслуживания (СТО). Подавляющее большинство устаревших средств РТОП эксплуатируются по ресурсу (СТО-Р). Однако, для современных средств РТОП (например, СП-200, АРЛК «Лира-А10», АОРЛ-1АС и др.) СТО приобретает черты системы технического обслуживания по состоянию (СТО-С), когда периодичность и объем работ по ТО определяется фактическим состоянием средства РТОП по результатам контроля его параметров, причем ряд работ выполняется, как и прежде, по ресурсу, т.е. сохраняются элементы СТО-Р. Качество выполнения работ по ТО и их оперативность напрямую зависит от уровня квалификации ИТП служб ЭРТОС.

Анализ причин инцидентов при аэронавигационном обеспечении полетов (АНО), проводимый в ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» приведен на рисунке 1. Как видно, по причинам, связанным с РТОП, в 2016 и 2017 годах произошло примерно 9-10% случаев от общего количества инцидентов при АНО полетов. Детальный анализ причин инцидентов по причинам РТОП показал, что около 20% инцидентов происходят вследствие неграмотных действий ИТП служб ЭРТОС. Кроме этого, 10 % инцидентов происходят по причине не выполнения требований ФАП и 20% инцидентов происходят вследствие других причин. Следовательно, практически треть инцидентов связана с недостаточной подготовкой ИТП служб ЭРТОС.



Рисунок 1. Доля инцидентов по причинам, связанным с РТОП

Качество подготовки ИТП служб ЭРТОС зависят от используемых форм, методов и технических средств обучения, которые должны учитывать постоянную модернизацию техники и возрастающую сложность оборудования средств РТОП. Оценивая недостатки системы подготовки ИТП и причины их порождающие, можно заключить, что даже при наличии самых перспективных методов организации обучения существующая система подготовки ИТП служб ЭРТОС требует широкого внедрения современных технических (компьютерных) средств, а также перспективных методов и форм обучения, направленных на развитие продуктивного мышления, индивидуализацию процесса обучения и его интенсификацию. Указанные выше недостатки современной системы подготовки ИТП служб ЭРТОС могут быть устранены или существенно уменьшены путём внедрения в практику тренажерных систем (ТрС). На сегодняшний день существует тренажерная система производства ООО «Фирма НИТА», позволяющая проводить обучение ИТП. Данный тренажер используется при подготовке инженеров по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» в МГТУ ГА и его филиалах.

Известно, что одной из основных характеристик тренажерной системы является ее адекватность реальной системе. В диссертационной работе проведена оценка адекватности существующей тренажерной системы ООО «Фирма НИТА» в части касающейся средств РТОП. Для оценки адекватности тренажера использовался метод, получивший название «оценка адекватности «глазами обучаемого». Этот метод относится к экспертным методам, а в качестве экспертов выступают сами обучаемые. Применение этого метода возможно в том случае, если в учебной организации (вузе, центре повышения квалификации и т.д.) наряду с тренажером имеются и реальные средства РТОП. В этом случае обучаемые проходят подготовку как на тренажере, так и на реальных средствах РТОП, а, следовательно, могут оценить степень соответствия тренажера реальному средству, т.е. его адекватность. Оценка адекватности проводилась применительно к наземным системам радиосвязи ОВЧ диапазона и системе посадки. Оценка адекватности тренажера показала, что ее величина составила: для наземных систем радиосвязи ОВЧ диапазона - 0,46; для системы посадки - 0,47. Очевидно, что максимальное значение адекватности составляет 1 (тренажер полностью соответствует реальной системе).

Полученные результаты оценки адекватности тренажера позволяют сделать ряд важных выводов:

1. Тренажерная система ООО «Фирма НИТА» не обладает высокой адекватностью.
2. Практически полностью отсутствует возможность формирования навыков проведения ТО и поиска отказов.
3. Тренажерная система ООО «Фирма НИТА» не отвечает заявленным производителем возможностям и требует глубокой модернизации, связанной с:
 - расширением номенклатуры эмуляторов средств РТОП, прежде всего радиолокационных систем, многопозиционных систем наблюдения и АЗН-В;
 - возможностями формирования навыка проведения всех видов ТО на существующих средствах РТОП;
 - возможностями формирования навыка проведения процедур по поиску и устранению отказов.

В связи со сказанным, в целях повышения качества подготовки ИТП служб ЭРТОС в условиях возрастающей сложности средств РТОП, требуется:

1. Разработать методику формирования технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов и авиационной электросвязи.
2. Разработать методики оценки эффективности тренажерной системы ТОиР средств РТОП для теоретической и практической подготовки.

Во второй главе разработана методика формирования технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств РТОП.

Методика формирования технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств РТОП, структура которой представлена на рисунке 2, включает в себя три основных этапа, а именно:

- 1) анализ существующих тренажерных систем технического обслуживания и ремонта средств РТОП, оценку их адекватности;
- 2) разработку вариантов технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств РТОП;
- 3) оценку эффективности тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств РТОП.

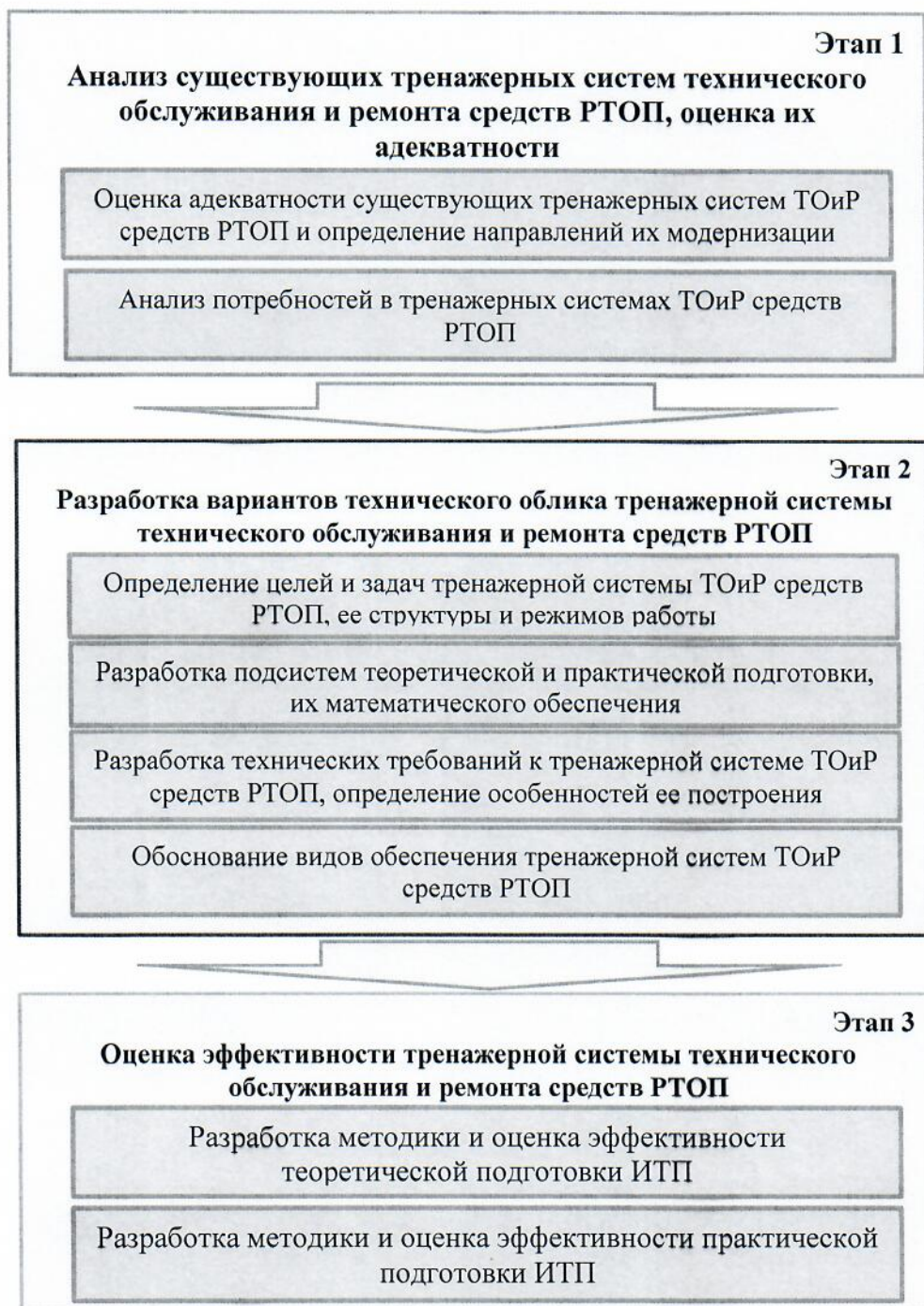


Рисунок 2. Структура методики формирования технического облика тренажерной системы ТОиР средств РТОП

В соответствии с методикой в диссертационной работе определена цель разработки тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств РТОП, ее назначение и решаемые задачи, состав и обобщенная структура тренажерной системы (рис.3). В состав ТРС ТООР должны входить: автоматизированное рабочее место инструктора (АРМ-И) с функцией контроля действий обучаемого; автоматизированное рабочее место обучаемого (АРМ-О), позволяющее имитировать органы управления и индикации средств РТОП, специализированные средства контроля технического состояния, средства измерения общего применения и т.п.; вычислительный комплекс (ВК) ТРС ТООР, включающий модули (подсистемы) теоретической и практической подготовки. Вычислительный комплекс, включающий модули теоретической и практической подготовки должен выполняться на базе стандартных серийных вычислительных средств и обеспечивать: общее функционирование тренажера и работу его подсистем; предоставление исчерпывающей информации о изучаемом средстве РТОП при теоретической подготовке; моделирование работы имитируемых средств РТОП при выполнении форм ТО; моделирование отказов имитируемых средств РТОП; моделирование поиска отказа и восстановления имитируемых средств РТОП при выполнении ремонта, а также моделирование работы специализированных контрольно-проверочных средств и средств измерения общего назначения; управление и наблюдение за процессом обучения.

Тренажерная система должна обеспечивать подготовку обучаемых в двух режимах: теоретическая подготовка; практическая подготовка.

Режим «Теоретическая подготовка» предназначен для формирования у обучаемых необходимых знаний по назначению, решаемым задачам, принципу работы, функционированию средства в целом и его составных частей, составу и конструктивным особенностям конкретных средств РТОП и их технической эксплуатации. В ТРС должны быть заложены теоретические сведения о всех находящихся в эксплуатации средствах РТОП, а также предусмотрена возможность расширения номенклатуры средств РТОП, которые вводятся в эксплуатацию. Подходы к конкретной реализации режима «Теоретическая подготовка» могут быть различными. Они зависят от сложности средства РТОП, конкретных используемых программных средств и систем. Режим «Практическая подготовка» предназначен для формирования у обучаемых умений и навыков по проведению всех форм ТО, поиску отказов и восстановлению средств РТОП. Режим практической подготовки является основным режимом работы тренажерной системы ТООР.

В диссертационной работе обоснованы общие технические и методические требования к ТРС ТООР средств РТОП.

Центральной задачей диссертационной работы является разработка структуры модели средства РТОП. Структура модели средства РТОП, представленная в виде совокупности математических моделей для модуля теоретической и практической подготовки средств РТОП приведена на рисунке 4.

В модуле теоретической подготовки должны быть предусмотрены исчерпывающие сведения о средстве РТОП: структурные, функциональные и принципиальные схемы средства и его составных частей; сведения о конструктивном исполнении средства РТОП, вплоть до элементной базы; регламент и правила технического обслуживания и ремонта средства РТОП; сведения о контрольно-проверочной аппаратуре общего назначения и сервисной. Основным элементом теоретического модуля должна являться модель, отражающая принцип работы средства РТОП и его взаимодействие с другими системами (формат данных).

Модуль практической подготовки модели средства РТОП включает в себя две части. Первая часть обеспечивает практическое обучение ИТП служб ЭРТОС при работе с исправным оборудованием средства РТОП. Элементами этой части являются виды работ по формам ТО, набор и последовательность выполняемых операций, набор контролируемых параметров, вид ТС. Во вторую часть, при работе с неисправным оборудованием средства РТОП, помимо элементов первой части, дополнительно включаются такие элементы, как алфавит отказов F , математическая модель средства РТОП Ψ , адаптированная к процессу изучения операций поиска отказа, набор контролируемых параметров (КП) B .

Постановка задач

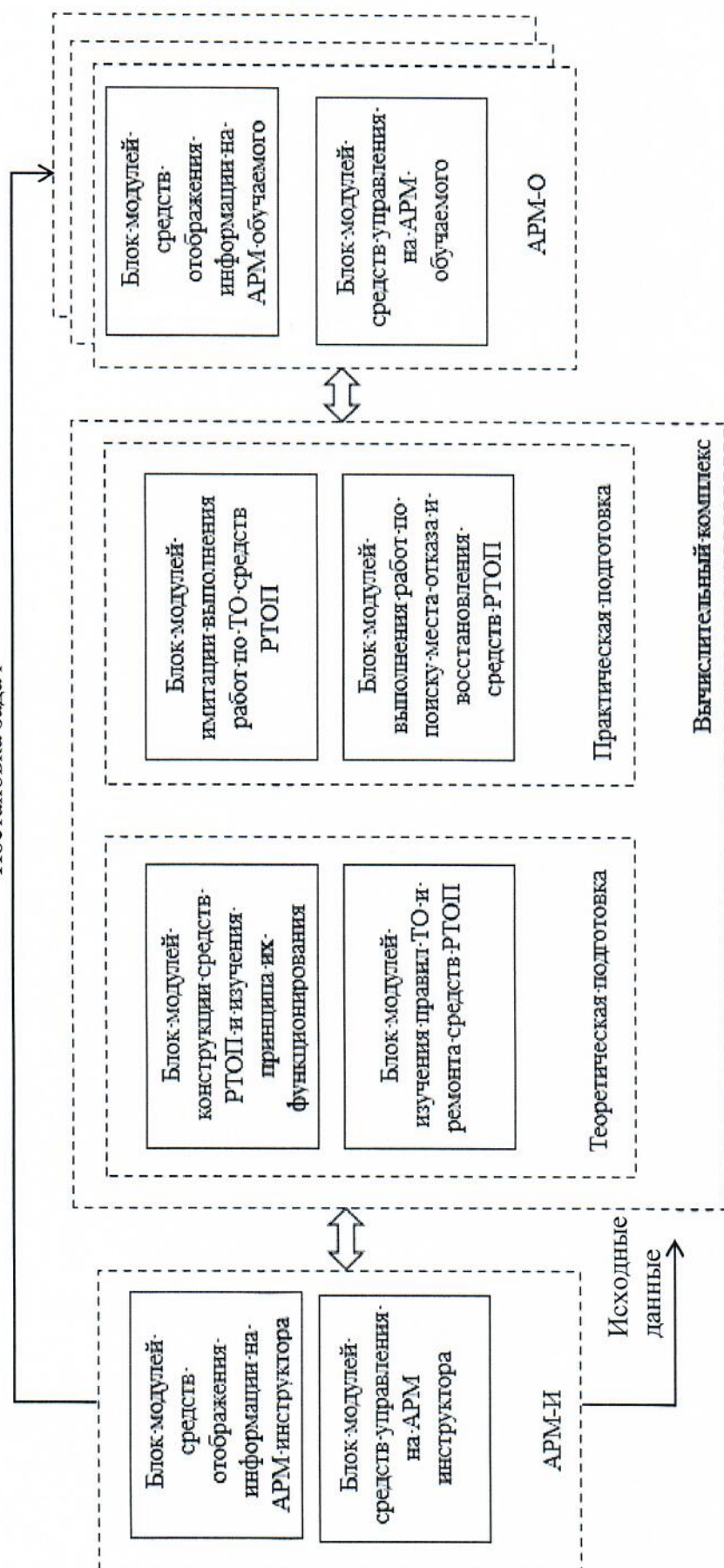


Рисунок 3. Структура тренажерной системы ТОиР средств РТОП

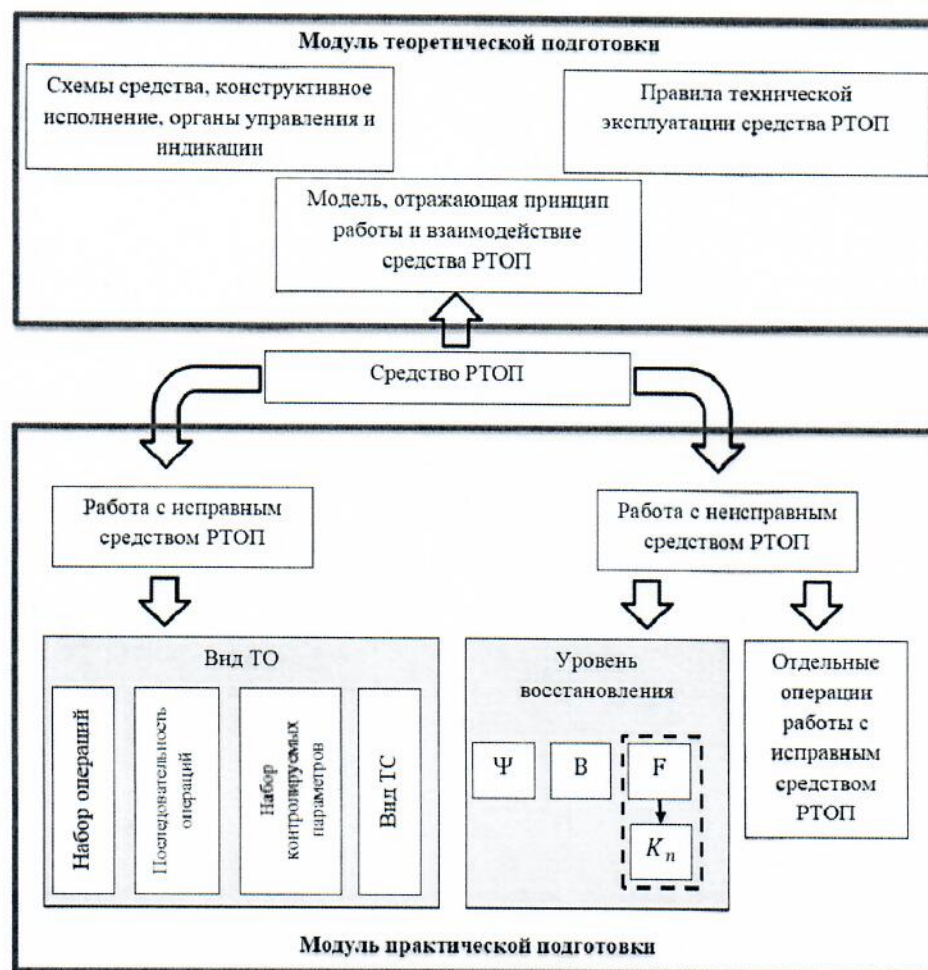


Рисунок 4. Структура модели средства РТОП

В третьей главе разработаны математические модели средств РТОП для модуля теоретической и практической подготовки на примере первичного обзорного аэродромного радиолокатора (ПОРЛ). На рисунке 5 приведена структура модели ПОРЛ для модуля теоретической подготовки, отражающая принцип работы радиолокатора и взаимосвязи его с другими системами. Модель включает в себя: модель воздушной обстановки, модель движения воздушного судна, модель внешних условий, модель алгоритма обнаружения, модель алгоритма измерения, модель погрешностей измерения. Перечисленные модели позволяют имитировать функционирование ПОРЛ, а также учитывать потери в антенных, приемно-передающих трактах ПОРЛ, потери при обработке радиолокационного сигнала, эксплуатационные потери, условия внешней среды. Функционирование модели ПОРЛ завершается формированием выходных информационных пакетов. Формат данных информационного пакета должен соответствовать формату данных реального радиолокатора.

При выполнении работ по ТО и поиске отказов в средстве РТОП важнейшей характеристикой является качество оценки S текущего технического состояния (ТС). На качество оценки ТС влияет принятая математическая модель средства РТОП Ψ , используемый набор контролируемых параметров B , определённый для данного уровня восстановления, алфавит

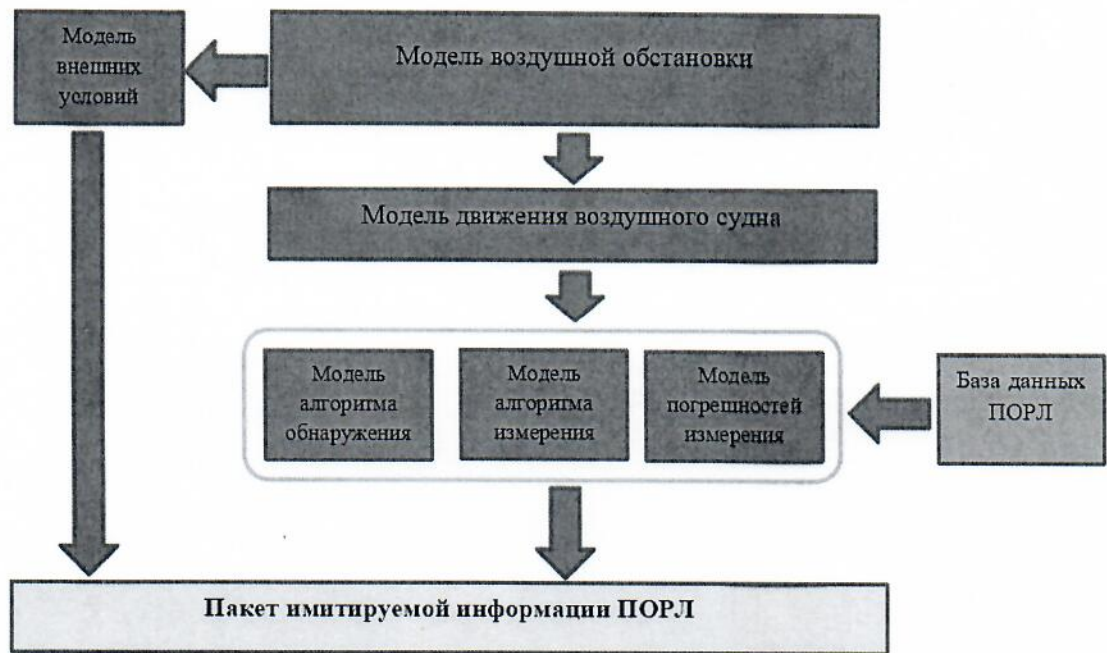


Рисунок 5. Обобщенная структурная схема модели ПОРЛ

отказов F и уровень профессиональной подготовленности ИТП I :

$$S = f(\Psi, B, F, I). \quad (1)$$

Уровень профессиональной подготовленности ИТП ЭРТОС зависит от информированности J его в профессиональной области деятельности, а также от оператора преобразования этой информированности в навыки h . Под информированностью ИТП будем понимать всю совокупность сведений о средстве РТОП, необходимых при его ТО и ремонте. Под оператором h будем понимать все средства, которые используются для преобразования информированности J в навыки, необходимые для быстрого и качественного выполнения работ (технические средства обучения, тренажер и т.д.). Тогда

$$I = I(h, J). \quad (2)$$

Входящий в (2) оператор h в данном случае представляет собой тренажерную систему ТОиР, именно он осуществляет преобразование информированности J в навыки, необходимые для быстрого и качественного выполнения работ по ТО и поиску отказов. В этом случае можно формализовать постановку задачи разработки математической модели средства РТОП для модуля практической подготовки. Требуется определить такую математическую модель Ψ^* , при заданном операторе h , наборе контролируемых параметров B и алфавите отказов F , при которых качество оценки технического состояния S^* будет выше той оценки, которая имеется при существующих Ψ , B , F и операторе h :

$$S^*(\Psi^*|h^*, B, F) > S(\Psi|h, B, F). \quad (3)$$

Решение задачи разработки математической модели ПОРЛ для модуля практической подготовки осуществлено на базе теории графов. На рисунке 6 представлена модель приемного канала первичного радиолокатора (ПКПР) АОРЛ-85 для модуля практической подготовки в виде граф-модели в пространстве параметров. Граф-модель, построенная в пространстве параметров, позволяет формализовать процесс функционирования ПКПР при его нормальном и аномальном функционировании, обеспечить анализ качества функционирования в целом и необходимую подробность анализа ТС на уровне функций. Процедура построения математической модели ПКПР на основе методов теории графов вполне формализована и включает следующие основные этапы:

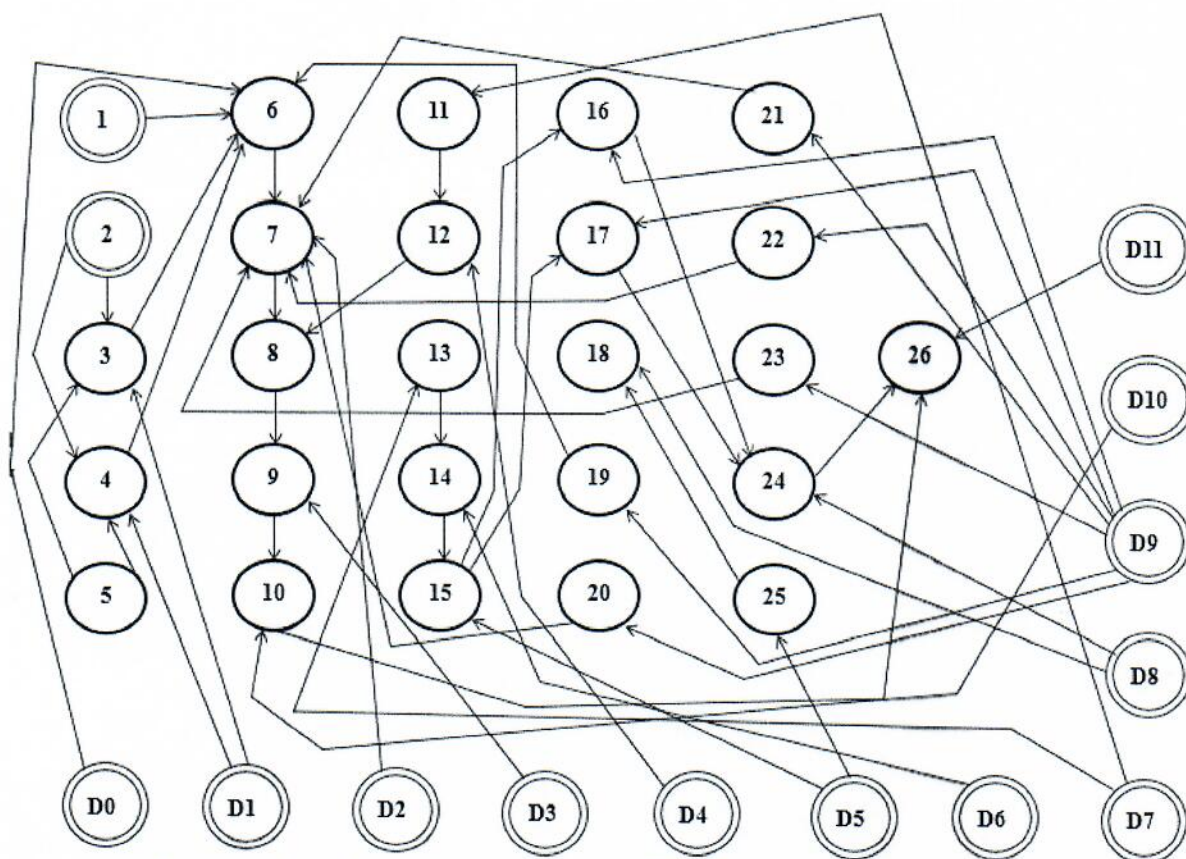


Рисунок 6. Математическая модель ПКПР АОРЛ-85 в пространстве параметров (аномальное функционирование)

- выбор множества свойств, существенных для функционирования ПК ПОРЛ, выделение причинно-следственных связей между свойствами ПК ПОРЛ;
- построение граф-модели ПК ПОРЛ;
- дополнение и уточнение первоначальной граф-модели ПК ПОРЛ отображениями отказов (вершины D_i) из сформированного алфавита отказов F .

Полученная граф-модель ПК ПОРЛ отображает все доступные обучаемому сведения о объекте и представляет собой формализованное описание, служащее основой для изучения процедур ТО и поиска отказа. В диссертационной работе рассмотрена задача определения минимально необходимого набора контролируемых параметров В.

В четвертой главе разработаны методики и проведена оценка качества теоретической и практической подготовки ИТП на ТРС ТОиР.

Методика оценки уровня эффективности тренажерной системы ТОиР в режиме «Теоретическая подготовка» приведена на рисунке 7. Методика оценки уровня эффективности состоит в следующем. Группа обучаемых разбивается на две части, в каждой из которых обеспечивается приблизительно одинаковый их подбор по успеваемости, а также и по известным индивидуальным особенностям, после чего проводится цикл обучения с одной группой по традиционной методике с использованием технических описаний средств РТОП, регламентов ТО, альбомов схем и т.п., с другой – с использованием модуля «Теоретическая подготовка» ТРС. Затем проводится контроль знаний. На следующем шаге вводится понятие идеального ответа в виде вектора, элементами которого являются все единицы (на все вопросы даны верные ответы), и наихудшего ответа в виде вектора, элементами которого являются нули (ни одного правильного ответа). Для анализа полученных ответов нужно провести оценку их отличия от идеального. В качестве меры расхождения текущего ответа i -го обучаемого от идеального используется расстояние Хемминга:

$$d_i = \sum_{k=1}^n |x_i^{(k)} - x|, \quad (4)$$

где n – количество контрольных вопросов, k – номер вопроса, x_i – значение нуля или единицы в зависимости от ответа: «истина–ложь», $x=1$ – значение идеального ответа.

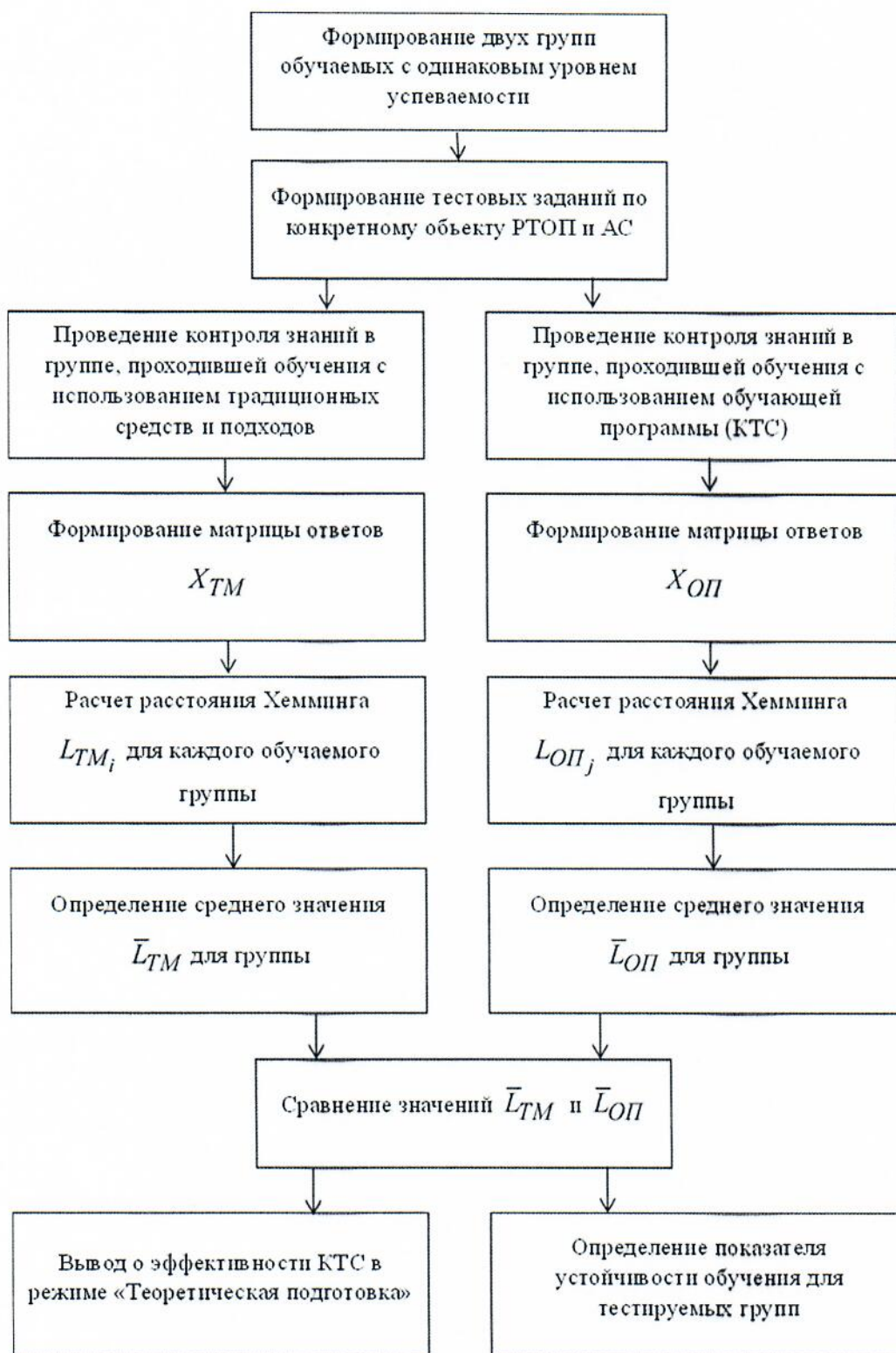


Рисунок 7. Методика оценки уровня эффективности тренажерной системы ТОиР в режиме «Теоретическая подготовка»

При этом высокому уровню обученности будет соответствовать наименьшее значение величины

$$L_j = \sum_{i=1}^n |x_{ij} - x^*|, \quad (5)$$

где $j = \overline{1, N}$, N – количество обучаемых в группе, x^* – компонент идеального вектора.

После вычисления расстояния L для каждого ответа определяются их средние значения для обеих групп. С целью выявления эффективности того или иного средства обучения вводится статистический критерий различимости средних значений расстояния L . Идея заключается в следующем. Для полученных средних значений расстояния L проводится проверка наличия значимого отличия между ними. Это выполняется на основе гипотезы о равенстве двух центров распределения. Требуется определить истинность выражения:

$$\sigma_1^2 - \sigma_2^2 > z_q \cdot \sigma(\bar{L}_1 - \bar{L}_2),$$

где σ_1^2 и σ_2^2 – дисперсии случайных величин L при соответствующем средстве обучения, z_q – q -процентный предел отклонения критической области, определяемой правой частью неравенства, величина $\sigma(\bar{L}_1 - \bar{L}_2)$ определяется выражением:

$$\sigma(\bar{L}_1 - \bar{L}_2) = \sqrt{\frac{\sigma_1^2}{N_1} + \frac{\sigma_2^2}{N_2}}.$$

В итоге, проверяя истинность вышеуказанного неравенства делается вывод о том, что различие между полученными средними значениями расстояния L значимо.

В качестве дополнительной оценки эффективности можно использовать устойчивость обучения. Для этого определяются наибольшее и наименьшее значения вектора L по каждой группе и вычисляются соответствующие разности. Меньшая разность будет указывать на то, что в данной группе полученные знания и умения более устойчивые.

В качестве экспериментальной группы были привлечены студенты 5 и 6 курсов по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» МГТУ ГА. Группа студентов была разделена на две части, в каждой из которых обеспечен одинаковый подбор студентов по успеваемости и индивидуальным особенностям. После проведения теоретической подготовки по АОРЛ с одной группой по традиционной методике (ТМ) с использованием для обучения технического описания АОРЛ, альбомов схем, регламента технического обслуживания и т.п., с другой – с использованием обучающей программы (ОП) был проведён контроль приобретённых знаний. Результаты расчетов приведены на рисунке 8.

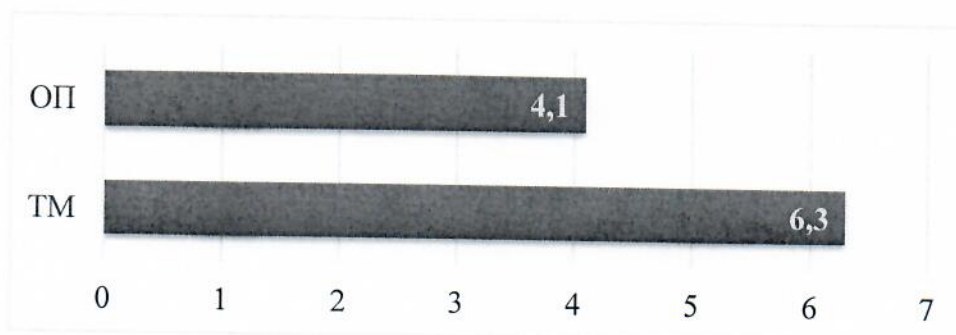


Рисунок 8. Диаграмма значений $\bar{L}_{ТМ}$ и $\bar{L}_{ОП}$.

Вычисленные разности

$$L_{\max}^{ТМ} - L_{\min}^{ТМ} = 5,$$

$$L_{\max}^{OP} - L_{\min}^{OP} = 4,$$

дают оценку устойчивости обучения. Различие между наибольшими и наименьшими значениями L в каждой подгруппе указывает на то, что во второй подгруппе полученные знания более устойчивые. Можно сделать вывод, что использование ТРС ТООР для теоретической подготовки ИТП служб ЭРТОС обеспечивает более высокое, чем традиционные методы, качество освоения изучаемого материала.

Методика оценки уровня эффективности тренажерной системы ТООР в режиме «Практическая подготовка» состоит в следующем. Пусть N - общее число действий обучаемого по ТООР средства РТОП. Это число действий может быть определено на основании технологических карт проведения работ по ТООР конкретного средства РТОП. Под N_C будем понимать число правильных (корректных) действий обучаемого по ТООР средства РТОП. Тогда можно записать:

$$h = \frac{N_C}{N}. \quad (6)$$

Величина h будет характеризовать уровень правильных действий обучаемого по ТООР, которые сформировались у него при проведении практических занятий. Помимо правильных действий обучаемого N_C у него могут сформироваться и ошибочные действия E_r . Правильные и ошибочные действия составляют полную группу событий. Уровень сформированного навыка является показателем качества практического обучения ИТП. Для каждого обучаемого была сформирована опросная карта. В карте отмечались результаты освоения операций по техническому обслуживанию (технологическая карта) АОРЛ. Расчеты, проведенные по формуле (6), учитывали, что начальный уровень навыка обучаемых равен нулю. Среднее значение приобретенного навыка для обучаемого составило $h = 0,68$, а доля приобретенного навыка за одну тренировку, с учетом 12 учебных занятий, составило $\Delta h_1 = 0,056$. Обучаемые показали различный уровень приобретенного навыка. Примем, что высокий уровень навыка соответствует $h \geq 0,9$, средний уровень навыка $- 0,7 \leq h < 0,9$, низкий уровень навыка $- h < 0,7$. Такое разбиение, конечно не является единственным. Здесь принято разбиение с учетом градаций навыка «высокий-средний-низкий». Учитывая, что обучаемый до практических занятий уже имеет определенный уровень навыка по ТООР средств РТОП h_n , а также учитывая показатель, характеризующий долю получаемого правильного навыка за одно практическое занятие Δh_1 запишем выражения для определения уровня правильного навыка:

$$h = 1 - (1 - h_n)(1 - \Delta h_1)^{n_{mp}}. \quad (7)$$

Выражение (7) позволяет рассчитать значение уровня навыка при известных h_n , Δh_1 и заданном количестве тренировок n_{mp} .

Очевидно, что задавая требуемый уровень правильных навыков $h_{зад}$ на основе выражения (7) можно получить выражение для расчета количества потребных практических занятий на ТРС n_{mp} необходимых для достижения заданного уровня $h_{зад}$

$$n_{mp} = \frac{\ln(1 - h_{зад}) - \ln(1 - h_n)}{\ln(1 - \Delta h_1)}, \quad (8)$$

с учетом уровня начального навыка.

Все приведенные выше расчетные выражения справедливы для случая, когда практические занятия проводятся на реальном средстве РТОП. Любая ТРС всего лишь некоторое приближение к реальному средству. Уровень адекватности ТРС А при практическом обучении будет оказывать прямое влияние на уровень навыков, как правильных, так и ошибочных.

Определим выражения для расчета уровня навыков, приобретаемых на ТрС с учетом ее адекватности:

$$h_C^{mc} = Ah_C, \quad (9)$$

$$h_{Er}^{mc} = Ah_{Er}. \quad (10)$$

Очевидно, что при $A=1$ получим $h_C^{mc} = h_C$ и $h_{Er}^{mc} = h_{Er}$.

Из-за частичного или полного отсутствия имитации некоторых процессов ТООР средств РТОП в ТрС возможна такая ситуация, когда доля навыков $\Delta\tilde{h}_1$, приобретаемая на ТрС на одну тренировку, может оказаться несколько выше, чем доля навыков Δh_1 , приобретаемая на реальном средстве РТОП. С учетом этого оценку уровня навыков, приобретаемых на тренажере за n тренировок, следует определять следующим образом:

$$h_C^{mc}(n) = A - (A - h_n)(1 - \Delta\tilde{h}_1)^n, \quad (11)$$

$$h_{Er}^{mc}(n) = (A - h_n)(1 - \Delta\tilde{h}_1)^n. \quad (12)$$

Важной на практике является задача определения потребного количества тренировок на ТрС для достижения обучаемым заданного уровня навыка. Выражение (8) может быть записано в виде

$$n_{mp} = \frac{\ln(1 - h_{зад}) - \ln(1 - h_n)}{\ln(1 - \Delta\tilde{h}_1)}. \quad (13)$$

На рисунке 9 и рисунке 10 приведены зависимости правильных навыков от количества практических занятий на ТрС для различных значений адекватности.

В расчётах принято, что ТрС имеет высокий уровень адекватности, если $A \geq 0,9$, средний уровень адекватности ТрС будет соответствовать уровню $0,7 \leq A < 0,9$, а ТрС с низким уровнем адекватности - $A < 0,7$.

Результаты расчетов позволяют сделать следующие выводы: уровень адекватности ТрС существенно влияет на уровень навыка, формируемого у обучаемого. При низком уровне адекватности ТрС ($A = 0,5$) достичь даже среднего уровня навыка не представляется возможным. Высокий уровень адекватности ТрС позволяет достичь среднего уровня навыка при $n \approx 18$, что вполне приемлемо в рамках обучающих программ вузов, но может стать неприемлемым для программ повышения квалификации ИТП служб ЭРТОС. Очевидно, что достижение среднего или высокого уровня навыка зависит от психофизических особенностей обучаемого и его начальной подготовки (начальный уровень навыка).

Значение начального навыка равно нулю соответствует случаю, когда обучаемый начинает осваивать системы РТОП на практических занятиях и учебных практиках. У обучаемого может быть сформирован только низкий уровень навыка, причем его значение существенно зависит от адекватности тренажера. Для ТрС близкой к реальному средству РТОП уровень навыка обучаемого после 30 практических занятий на ТрС только приближается к среднему уровню навыка. Для ИТП, проходящего повышение квалификации характерен низкий или средний уровень навыка. В этом случае число практических занятий на ТрС будет определяться индивидуально для каждого обучающегося.

ИТП имеющий высокий уровень начального навыка $h_n = 0,9$ вряд ли будет нуждаться в занятиях на ТрС. Как видно из рисунка 10 значение навыка в этом случае практически не зависит от количества практических занятий. Здесь уместно говорить лишь о поддержании уровня навыка на заданном уровне.

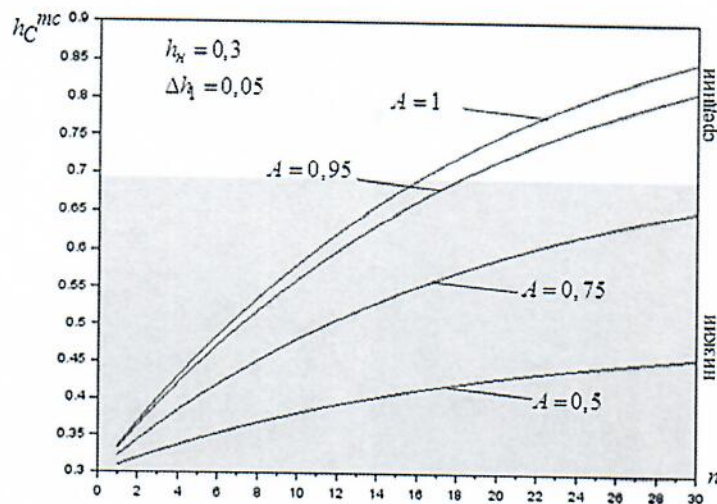


Рисунок 9. Зависимость уровня навыка от количества тренировок для ТрС с различной степенью адекватности

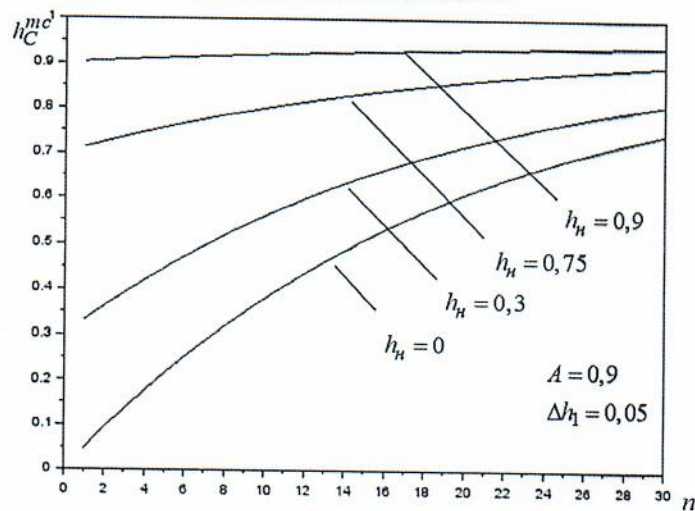


Рисунок 10. Зависимость уровня навыка от количества тренировок для различного уровня начального навыка обучаемых

На рисунке 11 представлена зависимость требуемого количества практических занятий на ТрС от уровня начального навыка обучаемого при различных требованиях к уровню формируемого навыка.

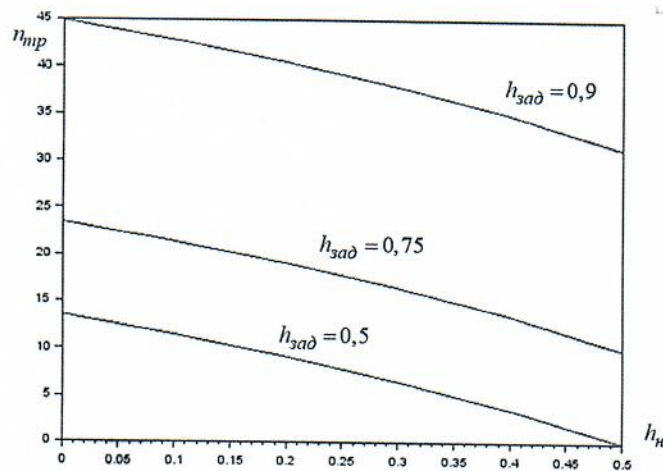


Рисунок 11. Зависимость требуемого количества практических занятий на ТрС от уровня начального навыка обучаемого при различных требованиях к уровню формируемого навыка

Высокие требования к уровню навыка обучаемого в конце практического цикла обучения на ТрС требуют большего количества тренажей и существенно зависят от начального уровня навыка. Так, для обучаемого имеющего низкий уровень начального навыка при требовании $h_{зад} = 0,9$ потребуется примерно 30-45 практических занятий на ТрС, что может оказаться не приемлемым в рамках программ повышения квалификации, которые рассчитаны, как правило, на 36-72 часа. Если требования к уровню навыка по окончании обучения соответствуют среднему уровню навыка ($h_{зад} = 0,75$), то число требуемых практических занятий не превышает 25, что вполне может быть обеспечено в рамках программ обучения и повышения квалификации. Ситуация, когда $h_{зад} = 0,5$ наиболее характерна для практической подготовки студентов в вузе в рамках учебных практик.

Таким образом, на основании проведенных исследований и оценке эффективности модуля практической подготовки ТрС можно утверждать следующее. ТрС ТООР должна обладать высоким уровнем адекватности. Только в этом случае могут быть успешно решены задачи практической подготовки ИТП как в вузах гражданской авиации и учебных центрах, так и в эксплуатирующих подразделениях. Требование высокой адекватности ТрС должно быть основным при формировании технического задания на разработку ТрС ТООР средств РТОП.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения диссертационных исследований цель достигнута, решена научно-техническая задача разработки методики формирования технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов и авиационной электросвязи.

В диссертационной работе получены следующие основные результаты:

1. Современная система подготовки ИТП служб ЭРТОС использует по-прежнему традиционные формы, методы и технические средства обучения, которые не являются достаточно эффективными в условиях возрастающей сложности средств радиотехнического обеспечения полетов. Так результаты факторного анализа безопасности полетов по причинам, связанным со средствами РТОП показали, что на долю РТОП приходится около 20% инцидентов связанных с неграмотными действиями ИТП служб ЭРТОС и до 10 % инцидентов происходят по причине не выполнения требований ФАП. То есть, практически треть инцидентов, связанных с РТОП, происходят, так или иначе, по причинам, связанным с недостаточной профессиональной подготовкой ИТП служб ЭРТОС.

Проведенный в работе анализ современной системы подготовки инженерно-технического персонала служб ЭРТОС позволил обоснованно доказать перспективность использования тренажерных систем технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов и авиационной электросвязи для совершенствования учебно-материальной базы системы подготовки ИТП служб ЭРТОС.

2. Тренажерная система характеризуется определенными показателями, отражающими ее эффективность. Наиболее значимой характеристикой тренажерной системы является адекватность, под которой понимается степень ее соответствия реальной системе. В диссертационной работе определена адекватность существующего тренажёра технической эксплуатации транспортного радиооборудования ООО «Фирма НИТА» и показано, что данный тренажер обладает низкой адекватностью. Адекватность имитаторов наземных систем радиосвязи ОВЧ диапазона составила $A^* = 0,46$, а систем посадки - $A^* = 0,47$. Кроме этого, выявлен ряд существенных недостатков тренажера, которые ограничивают его использование для подготовки ИТП служб ЭРТОС, а именно:

- полностью отсутствует возможность формирования навыка проведения всех видов ТО на существующих средствах РТОП;
- полностью отсутствует возможность формирования навыка проведения процедур по поиску и устранению отказов в средствах РТОП;
- ограничена номенклатура имитаторов средств РТОП, прежде всего систем наблюдения;

- отсутствуют имитаторы специализированных систем контроля средств РТОП.

3. Разработана методика формирования технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов, которая может послужить основой для формирования технического задания на разработку и производство тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов.

4. Предложен вариант технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов. Раскрыты принципы построения тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов, определены структура и режимы функционирования тренажерной системы, сформулированы требования к тренажерной системе технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов.

Тренажерная система технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов должна обеспечивать подготовку обучаемых в режимах теоретической и практической подготовки, которые обеспечиваются соответствующими модулями тренажерной системы.

Режим «Теоретическая подготовка» предназначен для формирования у обучаемых необходимых знаний по назначению, решаемым задачам, принципу работы, составу и конструктивным особенностям конкретных средств РТОП и их технической эксплуатации.

Режим «Практическая подготовка» предназначен для формирования у обучаемых навыков по проведению всех форм ТО, поиску отказов и восстановлению средств РТОП. Режим практической подготовки является основным режимом ТРС ТОиР средств РТОП.

5. Узловой задачей при формировании технического облика тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов является обоснование структуры математической модели средства РТОП, которая должна состоять из двух частей.

Первая часть должна обеспечивать теоретическое обучение. Для этого в модуле теоретической подготовки должны быть предусмотрены исчерпывающие сведения об средстве РТОП: структурные, функциональные и принципиальные схемы средства и его составных частей; сведения о конструктивном исполнении средства РТОП; регламент и правила технического обслуживания и ремонта средства РТОП; сведения о контрольно-проверочной аппаратуре. Кроме этого, модуль теоретической подготовки должен содержать модели, отражающие принцип работы средств РТОП и его взаимодействие с другими системами (формат данных).

Вторая часть должна обеспечивать практическую подготовку. Для этого в модуле практической подготовки должно быть предусмотрено:

- практическое обучение ИТП процедурам технического обслуживания, т.е. работе с исправным оборудованием средств РТОП. Элементами этой части являются виды работ по формам ТО, набор и последовательность выполняемых операций, набор контролируемых параметров, вид ТС, математическая модель РТОП в пространстве параметров при нормальном функционировании средства.

- практическое обучение ИТП работе с неисправным оборудованием средства РТОП, при этом, помимо элементов первой части, дополнительно включаются такие элементы, как алфавит отказов, математическая модель средства РТОП в пространстве параметров при аномальном функционировании средства, набор контролируемых параметров для определения места отказа.

6. Применительно к проблематике диссертации результативно использованы методы теории графов для построения математических моделей средства РТОП, позволяющие формализовать процесс функционирования средства РТОП при проведении работ по техническому обслуживанию и ремонту.

Процедура построения математической модели средства РТОП содержит основные этапы:

- образование множества вершин, существенных для обеспечения нормального функционирования средства РТОП и позволяющих выявить все отказы при моделировании той или иной внештатной ситуации;

- формирование множества ребер, определяющих причинно-следственные связи между элементами множества вершин;
- отображение составленного алфавита отказов путём дополнения указанных выше множеств вершинами и ребрами, соответствующими элементам заданного алфавита;
- определение параметров математической модели средства РТОП.

Разработанная математическая модель позволяет повысить уровень информированности ИТП о состоянии средства РТОП и более эффективно преобразовать этот уровень информированности в навыки.

7. Разработана методика оценки эффективности тренажерной системы для режима «Теоретическая подготовка». Методика основана на определении показателя эффективности в виде расстояния Хемминга, количественно оценивающего уровень усвоения знаний обучаемыми.

Выполненная оценка уровня знаний ИТП показала, что уровень полученных знаний при использовании тренажерной системы в 1,5 раза превышает уровень знаний при использовании традиционных средств и форм обучения. Кроме этого, анализ различий между наибольшими и наименьшими значениями показателя эффективности в подгруппах обучаемых (ИТП) позволяет фиксировать факт более высокого уровня устойчивости знаний у ИТП, проходящих обучение на тренажерной системе.

8. Разработана методика эффективности тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов в режиме «Практическая подготовка», основанная на определении навыка, получаемого при проведении занятий на тренажерной системе.

Выполненная оценка уровня навыка обучаемого показала, что формируемый уровень навыка ИТП в значительной мере зависит от адекватности тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств РТОП. Успешно использовать тренажерную систему в режиме «Практическая подготовка» для формирования заданного уровня навыка обучаемого можно лишь при ее адекватности, превышающей 0,9. Если тренажерная система имеет адекватности ниже 0,7, то у обучаемого может быть сформирован уровень навыка не выше среднего, причем для этого потребуются достаточно большое количество практических занятий.

9. Установлено, что на потребное количество практических занятий на тренажерной системе, кроме его адекватности, существенное влияние оказывает начальный уровень навыка обучаемого. Так, значение начального навыка равное нулю соответствует случаю, когда обучаемый начинает осваивать системы РТОП на практических занятиях и учебных практиках. У обучаемого может быть сформирован только низкий уровень навыка. Для ИТП, проходящего повышение квалификации характерен низкий или средний уровень начального навыка. В этом случае число практических занятий на тренажерной системе будет определяться индивидуально для каждого обучающегося. ИТП имеющий высокий уровень начального навыка вряд ли будет нуждаться в занятиях на тренажерной системе. Здесь уместно говорить лишь о поддержании уровня навыка на заданном значении, при этом не важно будет использоваться тренажерная система или реальное средство РТОП.

10. Высокие требования к уровню навыка обучаемого в конце практического цикла обучения на тренажерной системе требуют большего количества практических занятий и существенно зависят от индивидуальных особенностей обучаемых. Рассчитывая значение доли навыка, приобретаемого за одно практическое занятие, можно в ходе обучения корректировать индивидуальный план подготовки обучаемого.

11. Использование в системе подготовки ИТП служб ЭРТОС тренажерной системы технического обслуживания и ремонта средств радиотехнического обеспечения полетов позволит вывести подготовку ИТП на качественно новый уровень, повысив при этом показатели качества эксплуатации средств РТОП и уровень безопасности полетов гражданской авиации.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ДИССЕРТАЦИИ ОПУБЛИКОВАНЫ В СЛЕДУЮЩИХ РАБОТАХ

Публикации в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ

1. Болелов Э.А., Сбитнев А.В., **Шалупин С.В.** Математическая модель сигналов на выходе бортовых радионавигационных систем, учитывающая их внезапные отказы. // Научный вестник МГТУ ГА, №210, 2014. С.160-162.
2. Болелов Э.А., Матюхин К.Н., Сбитнев А.В., **Шалупин С.В.** Информационно-технические состояния автоматизированной системы управления воздушным движением. // Научный вестник МГТУ ГА, №217(7), 2015. С.108-112.
3. Болелов Э.А., Матюхин К.Н., Сбитнев А.В., **Шалупин С.В.**, Ципилев А.С. Математические модели векторов состояния и наблюдения применительно к задаче синтеза бортовой комплексной системы определения высоты полета воздушного судна. Научный вестник МГТУ ГА, №217(7), 2015.
4. Болелов Э.А., **Шалупин С.В.**, Губерман И.Б. Задача разработки математического обеспечения компьютерной тренажерной системы для инженерно-технического персонала служб ЭРТОС. Научный вестник ГосНИИ ГА, №37, 2021, с.107-117.
5. Болелов Э.А., **Шалупин С.В.**, Фридзон М.Б., Губерман И.Б., Рубцов В.Д. Алгоритм управления техническими параметрами авиационных радиоэлектронных систем. Научный вестник ГосНИИ ГА, №41, 2022, с. 57-68.
6. **Шалупин С.В.**, Болелов Э.А. О повышении эффективности подготовки инженерно-технического состава служб ЭРТОС на основе метода компьютерной эмуляции радиооборудования. Crede Experto, №4, 2022, с. 56-69.
7. Болелов Э.А., **Шалупин С.В.**, Воскресенский Н.Ю., Губерман И.Б., Ещенко А.А. Методика определения области работоспособности пилотажно-навигационного комплекса на множестве инвариантных контрольных соотношений. Авиакосмическое приборостроение, №11, 2022, с.12-18.

Публикации в других изданиях

8. Болелов Э.А., Сбитнев А.В., **Шалупин С.В.**, Ципилев А.С., Цыкарев А.В. Управление техническим состоянием бортового пилотажно-навигационного комплекса в полете в условиях роста интенсивности воздушного движения. // Проблемы безопасности российского общества, №3, 2015. С.44-51.
9. **Шалупин С.В.** Структура математического обеспечения тренажерных систем обучения авиационного персонала гражданской авиации. Сборник научных статей 55-х Научных чтений памяти К.Э. Циалковского, ч.1. Калуга, 2020, с.345-348.
10. Eduard Bolelov, **Stepan Shalupin**, Nikolay Malisov. The Technique of Determining the Operability Scope of an Airborne Flight Navigation Complex on a Set of Invariant Control Ratios. Proceedings of 10th International Conference on Recent Advances in Civil Aviation, Springer, 2021, p. 179-187. (Scopus)

Научно-исследовательские работы

11. Исследование влияния тренажерных систем для инженерно-технического персонала на показатели качества технического обслуживания и ремонта авиационной техники. Отчет по НИР №АААА-А19-119092490055-1/ Руководитель Э.А. Болелов. – М.: МГТУ ГА, 2021.
12. Алгоритмы диагностирования радиоэлектронного оборудования самолета SSJ-100. Отчет по НИР №АААА-А19-119100890020-7/ Руководитель Э.А. Болелов. М.: МГТУ ГА, 2019.

Соискатель:



С. В. Шалупин