

УДК 629.7.08

ББК 32.95

DOI 10.51955/2312-1327_2022_4_56

О ПОВЫШЕНИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОДГОТОВКИ ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТАВА СЛУЖБ ЭРТОС НА ОСНОВЕ МЕТОДА КОМПЬЮТЕРНОЙ ЭМУЛЯЦИИ РАДИООБОРУДОВАНИЯ

*Степан Владимирович Шалупин,
orcid.org/0000-0002-7841-4495,
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский бульвар, 20
Москва, 125993, Россия
step13w@mail.ru*

*Эдуард Анатольевич Болелов,
orcid.org/0000-0002-6138-3629,
доктор технических наук,
Московский государственный технический
университет гражданской авиации,
Кронштадтский бульвар, 20
Москва, 125993, Россия
e.bolelov@mstuca.aero*

*Вячеслав Владимирович Ерохин,
orcid.org/0000-0002-5549-3952,
доктор технических наук,
Московский государственный технический
университет гражданской авиации (Иркутский филиал),
ул. Коммунаров, 3
Иркутск, 664047, Россия
ww_erohin@mail.ru*

Аннотация. Качество эксплуатации объектов радиотехнического обеспечения полетов во многом определяет как их возможности по аэронавигационному обеспечению, так и безопасность полетов воздушных судов гражданской авиации. В свою очередь, качество выполняемых работ по обслуживанию объектов определяется уровнем профессиональной подготовки инженерно-технического персонала служб эксплуатации радиотехнического обеспечения полетов. Анализ системы подготовки кадров показал, что формы обучения практически не претерпели изменений и по-прежнему включают лекционные, групповые и практические занятия, тренажи на реальных объектах радиотехнического обеспечения полетов. Методическое сопровождение реализуемых форм обучения, проводимых в учебных подразделениях, составляет наглядные материалы в виде плакатов, муляжей, интерактивных средств и макетов, не обеспечивающих динамическое наполнение изучаемых методов функционирования и работ по обслуживанию и ремонту конкретных типов оборудования. Вместе с тем, для персонала служб эксплуатации особенно важными являются умения и навыки контроля технического состояния и режимов функционирования объектов радиотехнического обеспечения полетов, диагностики отказов и технологии проведения работ по техническому обслуживанию.

Радикальных изменений в системе подготовки работников и повышения её эффективности можно достичь при внедрении компьютерных тренажеров, основанных на методе эмуляции оборудования.

Настоящая статья посвящена анализу системы подготовки инженерно-технического персонала служб эксплуатации радиотехнического оборудования и средств связи, вскрытию ее недостатков и рассмотрению метода компьютерной эмуляции объектов радиотехнического обеспечения полетов, как основу построения тренажерных систем.

Ключевые слова: радиотехническое обеспечение полетов, техническое обслуживание, инженерно-технический персонал, повышение квалификации, эмуляция, компьютерный тренажер.

ON IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE TRAINING OF ENGINEERING AND TECHNICAL PERSONNEL OF RADIO EQUIPMENT AND RADIO COMMUNICATION SERVICES BASED ON THE METHOD OF COMPUTER EMULATION OF RADIO EQUIPMENT

*Stepan V. Shalupin,
orcid.org/0000-0002-7841-4495,
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
20, Kronshtadtsky Boulevard
Moscow, 125993, Russia
step13w@mail.ru.*

*Eduard A. Bolelov,
orcid.org/0000-0002-6138-3629,
Doctor of Technical Sciences,
Moscow State Technical University of Civil Aviation,
20, Kronshtadtsky Boulevard
Moscow, 125993, Russia
e.bolelov@mstuca.aero*

*Vyacheslav V. Erokhin,
orcid.org/0000-0002-5549-3952,
Doctor of Technical Science,
Moscow State Technical University of Civil Aviation
(Irkutsk Branch)
3, Communards
Irkutsk, 664047, Russia
ww_erohin@mail.ru*

Abstract. The quality of operation of objects of radio technical support for flights largely determines both their capabilities for air navigation support and the safety of flights of civil aviation aircraft. In turn, the quality of the work performed for the maintenance of facilities is determined by the level of professional training of the engineering and technical personnel of the services for the operation of radio technical flight support. The analysis of the personnel training system has shown that the forms of training have not changed much and still include lectures, group and practical classes, and exercises at real objects of radio technical support for flights. The methodological support of the implemented forms of training conducted in the training units is visual materials in the form of posters, dummies, interactive tools and layouts that do not provide dynamic filling of the studied methods of functioning and maintenance and repair of specific types of equipment. At the same time, for the personnel of the operation services, the skills and abilities of monitoring the technical condition and modes of operation of the objects of radio technical support for flights, diagnosing failures and technologies for carrying out maintenance work are especially important.

Radical changes in the system of training workers and increasing the effectiveness of this training can be achieved with the introduction of computer simulators based on the method of equipment emulation.

This article is devoted to the analysis of the training system for engineering and technical personnel of the services for the operation of radio equipment and communication facilities, the disclosure of its shortcomings and the consideration of the method of computer emulation of objects of radio technical support for flights, as the basis for building simulator systems.

Keywords: radio engineering support of flights, maintenance, engineering and technical personnel, advanced training, emulation, computer simulator.

Введение

Возможности современных средств радиотехнического обеспечения полетов и авиационной электросвязи (РТОП), основу которых составляют весьма совершенные системы наблюдения, радионавигации и посадки, системы связи и передачи данных, во многом зависят от качества их эксплуатации [Болелов и др., 2021]. Принятой системой эксплуатации средств РТОП в значительной мере определяется безопасность полетов воздушных судов (ВС) гражданской авиации (ГА).

По определению техническая эксплуатация объектов РТОП представляет собой комплекс организационных и технических мероприятий, направленных на обеспечение их надежного функционирования. Техническую эксплуатацию осуществляет служба эксплуатации радиотехнического оборудования и связи (ЭРТОС) [Радиотехническое ..., 2014]. Процесс эксплуатации объектов РТОП представляет собой целенаправленную деятельность инженерно-технического персонала (ИТП), в результате которой обеспечивается успешное использование их по назначению. Данный процесс можно представить в виде взаимосвязанных этапов (рис. 1), каждый из которых подразумевает определенную совокупность выполняемых работ. Важнейшая составляющая системы технической эксплуатации и ремонта – система технического обслуживания (СТО). Техническое обслуживание объектов РТОП включает в себя:

- оперативные формы обслуживания;
- периодические формы обслуживания;
- регламентные работы и летные проверки [Болелов и др., 2021].

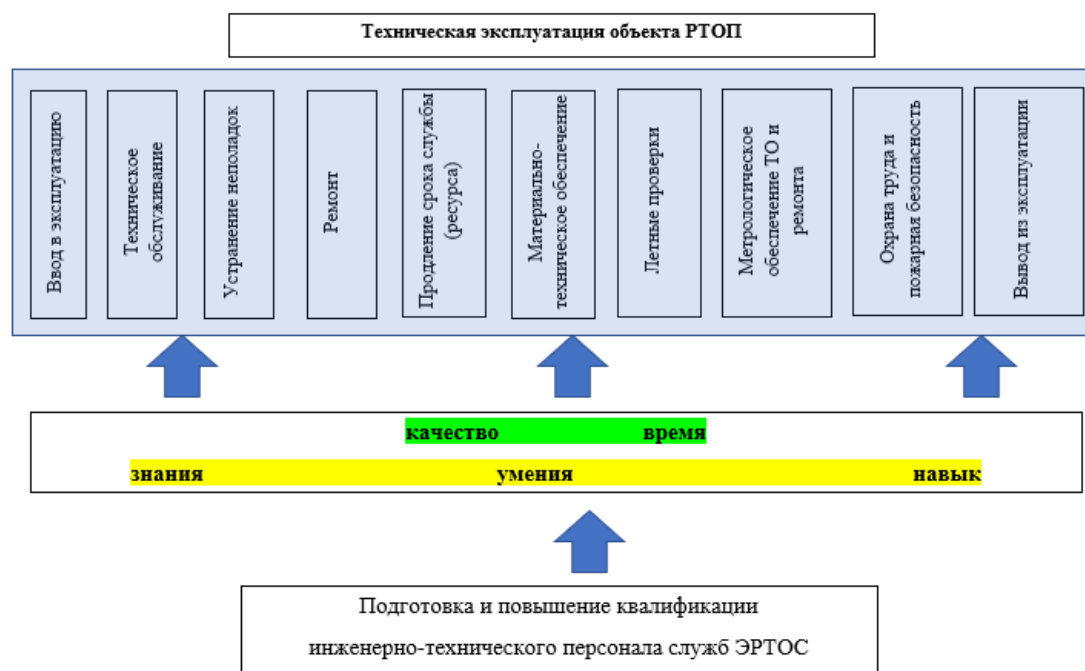


Рисунок 1 – Система технической эксплуатации объектов РТОП

В качестве примера в таблице 1 приведены формы технического обслуживания (ТО) некоторых объектов РТОП, а именно: радиолокатора обзора летного поля (РЛ ОЛП) «Атлантика», вторичного радиолокатора МВРЛ «Аврора-2» и системы посадки СП-200 [Лежанкин и др., 2018].

Таблица 1 – Формы технического обслуживания объектов РТОП

		Оперативные формы ТО	Периодические формы ТО	Принятая СТО
РЛ ОЛП «Атлантика»		Ежедневное ТО-1 Еженедельное ТО-2 Ежемесячное ТО-3	Полугодовое ТО-5*	СТО-Р
МВРЛ «Аврора 2»		Ежедневное ТО-1	Квартальное ТО-4 Полугодовое ТО-5	СТО-Р
СП-200	ГРМ	Ежедневное ТО-1 Еженедельное ТО-2	Квартальное ТО-4 Полугодовое ТО-5 Сезонное ТО-С	СТО-К
	КРМ	Ежедневное ТО-1 Еженедельное ТО-2	Квартальное ТО-4 Полугодовое ТО-5 Сезонное ТО-С	СТО-К

Как видно из таблицы, для объектов РТОП предусмотрены несколько видов ТО:

– оперативный ежедневный контроль технического состояния объекта РТОП (ТО-1), который для ряда объектов РТОП (в частности, для СП-200) может осуществляться дистанционно без выезда на объект;

– оперативный еженедельный контроль технического состояния объекта РТОП (ТО-2) осуществляется ИТП с проведением измерений технических параметров объекта через 170 часов наработки и предназначен для определения работоспособности, исправности средств РТОП и вспомогательного оборудования (дизель-генераторов резервного электропитания, линий связи и управления, систем охранной и пожарной сигнализации), состояния помещений и др., а также для устранения неисправностей, которые могут явиться причинами отказов объекта РТОП;

– оперативный ежемесячный контроль технического состояния объекта РТОП (ТО-3) через 750 часов наработки;

– периодический квартальный контроль технического состояния объекта РТОП (ТО-4) проводится через 2250 часов наработки;

– полугодовое (ТО-5) и годовое (ТО-6) техническое обслуживание объекта РТОП проводится через 4500 часов и 8800 часов наработки, соответственно;

– сезонное техническое обслуживание объекта РТОП (ТО-С), которое выполняется при переходе на зимнюю или летнюю эксплуатацию.

Подавляющее большинство современных объектов РТОП эксплуатируются по ресурсу (СТО-Р). Однако, для современных (и перспективных) объектов РТОП, например СП-200, СТО приобретает черты системы технического обслуживания по состоянию (СТО-С), когда периодичность и объем работ по ТО определяется фактическим состоянием объекта РТОП по результатам контроля его параметров, причем ряд работ выполняется, как и прежде, по ресурсу, т. е. сохраняются элементы СТО-Р.

Такая комбинированная СТО (СТО-К) вызывает определенные сложности в подготовке ИТП ЭРТОС, а именно:

– изложение теоретического материала для формирования знаний у обучаемых требует большего времени, что не всегда возможно в рамках повышения квалификации и переподготовке ИТП ЭРТОС;

– получение обучаемыми требуемых умений и навыков в техническом обслуживании и ремонте различных средств РТОП на основе единых подходов к обучению затруднено.

Вместе с тем качество выполнения работ по ТО и их оперативность напрямую зависит от уровня квалификации ИТП ЭРТОС [Болелов и др., 2021].

Анализ причин инцидентов при аэронавигационном обеспечении полетов (АНО), проводимый в ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», приведен на рис. 2.

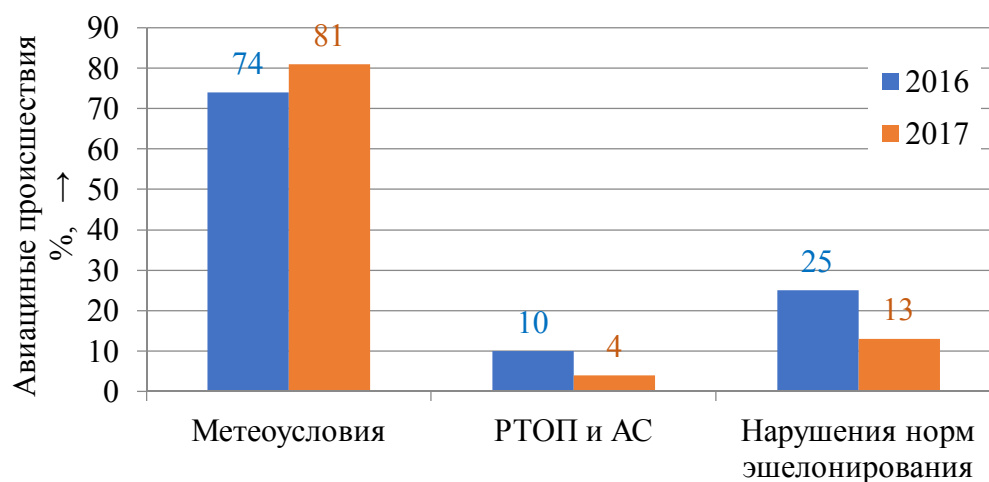


Рисунок 2 – Причины, определившие безопасность полетов при АНО

По причинам, связанным с РТОП, происходят сравнительно немного авиационных происшествий (АП) (4-10%). Вместе с тем более детальный анализ причин АП показал, что около 20% АП происходят вследствие неграмотных действий ИТП ЭРТОС. Кроме этого, до 10% АП случаются по причине невыполнения требований ФАП и до 20% АП – в результате неоказания специалистами служб ЭРТОС помощи диспетчеру при сбоях в работе средств РТОП, а подчас вследствие фактического бездействия ИТП ЭРТОС [Болелов и др., 2021].

Таким образом, недостаточная профессиональная подготовка ИТП ЭРТОС может приводить к АП, что обуславливает актуальность исследования методов достижения требуемого уровня безопасности полетов и качества СТО. При этом одно из эффективных направлений решения данной проблемы заключается в подготовке и повышении квалификации (ППК) ИТП ЭРТОС, которое является одной из важнейших составляющих технической эксплуатации объектов РТОП.

Цель работы: повышение эффективности подготовки инженерно-технического состава службы ЭРТОС путем обучения грамотной эксплуатации и эффективному применению средств РТОП на основе метода компьютерной эмуляции радиооборудования.

Анализ системы подготовки и повышения квалификации ИТП ЭРТОС

Основным документом, регламентирующим ППК ИТП ЭРТОС, является «Положение об организации дополнительного профессионального образования и профессионального обучения работников ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», введенное в действие приказом ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» №647 от 26.11.2014 г. В данном Положении указывается, что высокое качество дополнительного профессионального образования и профессионального обучения ИТП ЭРТОС зависит от применения современных средств обучения и внедрения передового опыта в области эксплуатации средств РТОП.

В настоящее время ППК ИТП ЭРТОС состоит из теоретической и практической подготовки. Анализ состояния ППК показал, что средства и методы ППК совершенствуются медленно и мало эффективно. На сегодняшний день основными формами обучения по-прежнему остаются [Айдаркин, 2014; Аксенов, 2003; Щёголев и др., 2006]:

- лекционные занятия;
- групповые и практические занятия;
- тренажи на объектах РТОП;
- самостоятельная подготовка.

Особенностями существующей системы ППК ИТП ЭРТОС является то, что в ней по-прежнему основными средствами обучения являются плакаты, стенды, компьютерные системы обучения (интерактивные доски, проекторы и т.д.), макеты различных изделий объектов РТОП, которые не дают возможности представить свойства и особенности функционирования объектов РТОП в динамике и тем более не позволяют проводить обучение ИТП проведению различных видов ТО и ремонта конкретных объектов РТОП [Болелов и др., 2021]. Также необходимо отметить, что модернизация эксплуатируемых объектов РТОП и введение в процесс функционирования современных систем РТОП, предусматривающих обслуживание по состоянию или комбинированные формы, требует внедрения новых средств обучения в систему ППК ИТП ЭРТОС.

Таким образом, эффективность и качество ППК ИТП ЭРТОС зависят от используемых форм и методов обучения, которые должны учитывать постоянную модернизацию техники и возрастающую сложность оборудования объектов РТОП [Болелов и др., 2021]. Основными характерными недостатками существующих форм и методов обучения ИТП ЭРТОС являются следующие:

- преобладание устного изложения материала при низкой степени использования всевозможных технических средств обучения. При этом эффективность приёма и переработки информации при слуховом восприятии значительно ниже, чем при зрительном и комбинированном;
- различный уровень квалификации инструкторов и преподавателей организаций, занимающихся ППК ИТП ЭРТОС;
- запаздывание контроля знаний и действий обучаемых специалистов;
- ограниченная возможность формирования соответствующих навыков и умений в условиях дефицита времени, выделенного для ППК;
- ограниченная возможность проведения индивидуального обучения.

В целом, традиционные формы и методы подготовки не являются достаточно эффективными и стимулирующими. По мнению ряда экспертов, наиболее существенными причинами низкой эффективности системы ППК ИТП ЭРТОС, следует считать:

- отсутствие возможности проведения обучения на объектах РТОП, находящихся в режиме типового функционирования;

- недостаточный объём и уровень учебно-методических пособий и разработок по ТО и ремонту объектов РТОП;
- низкий уровень индивидуализации обучения.

Оценивая эти недостатки и причины их порождающие, можно заключить, что даже при наличии самых перспективных методов организации обучения существующая система ППК ИТП ЭРТОС требует широкого внедрения современных технических средств, а также перспективных методов и форм обучения, направленных на развитие продуктивного мышления, индивидуализацию процесса обучения и его интенсификацию [Болелов и др., 2021].

Метод компьютерной эмуляции объектов РТОП

Наиболее эффективной считается следующая последовательность в обучении: знания – умения – навыки [Шукшунов, 2005]. Для ИТП ЭРТОС важными являются умения и навыки контроля технического состояния и режимов функционирования объектов РТОП, диагностики отказов и технологии проведения работ по ТО.

Современные объекты РТОП относятся к сложным техническим системам, поэтому их изучение и практическое освоение ИТП должно осуществляться с позиций системного подхода на базе комплексного использования технической базы обучения [Бондарай и др., 2019]. Техническая база обучения должна включать в себя, собственно, кроме традиционных средств (стенды, макеты объектов РТОП, собственно объекты РТОП, технические средства обучения общего применения и др.) и компьютерные тренажерные системы.

В частности, программа TRAINAIR PLUS (TPP) представляет сеть учебных организаций и отраслевых партнеров ICAO, охватывает авиационную подготовку по всем стратегическим целям ICAO с целью повышения безопасности и эффективности воздушного транспорта. Программа курсов ИКАО TRAINAIR PLUS содержит более чем 200 пакетов учебных материалов по девяти предметным областям, включая аэродромы, аэронавигационное обслуживание, воздушный транспорт, авиационное право, окружающую среду, безопасность полетов и управление безопасностью полетов, безопасность и упрощение формальностей, повышение квалификации и авиационный менеджмент [TRAINAIR PLUS, 2022, р. 78]. Учебный центр Московского аэропорта Домодедово 29 ноября 2021 г. получил статус Full member в программе ICAO – TRAINAIR PLUS.

Для поддержки исследований и разработок компьютерных эмулирующих тренажеров (НИОКР) ЕВРОКОНТРОЛЬ разрабатывает и оптимизирует инструментарий моделирования, начиная от математических моделей для работы в реальном времени до платформ эмуляции [Gillet et al., 2010].

В работах [Certification, 2018; Koblen et al., 2012; Manual of criteria..., 2016; Procedures..., 2015] представлены основные критерии и

сертификационные требования к авиационным тренажерам, разработанные на основе опыта их применения.

Несмотря на большие успехи в современном тренажеростроении и, в частности, авиационном тренажеростроении, следует отметить следующее.

Во-первых, практика применения авиационных тренажеров (АТ) в последнее время столкнулась с рядом проблем и трудностей. Это прежде всего выражается в росте стоимости АТ (особенно комплексных тренажеров), объема их программного обеспечения (ПО), числа входящих в их состав единиц оборудования и необходимой площади для размещения, что непосредственно ведет к значительному удорожанию обучения.

Во-вторых, на сегодняшний день автору известна только одна тренажерная система производства фирмы НИТА, позволяющая проводить обучение ИТП ЭРТОС [Болелов и др., 2021]. Данный тренажер используется при подготовке специалистов по специальности 25.05.03 «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» в МГТУ ГА и его филиалах. Вместе с тем данный тренажер не позволяет обучаемым в полном объеме получать знания, умения и навыки по вопросам функционирования объектов РТОП, правил и порядка проведения видов ТО, регламентных работ и ремонта объектов РТОП. Ограничены функции тренажера по вопросам контроля преподавателем обучаемого, а именно отработке его действий в условиях возникновения сбоев и отказов оборудования объекта РТОП. Также ограничена и номенклатура конкретных объектов РТОП, она представлена только такими системами как:

- радиопередатчик RS-2500V;
- дальномерный радиомаяк DME 2000;
- угломерный радиомаяк DVOR 2000;
- спутниковый навигационный приемник ГЛОНАСС/GPS.

Полностью отсутствуют в номенклатуре КТС радиолокационные объекты РТОП.

В-третьих, серьезной проблемой, особенно для учебных заведений, является поддержание используемых как макеты объектов РТОП в работоспособном состоянии и их восстановление при отказах.

Радикального снижения стоимости обучения при обеспечении высокого уровня его интенсификации и индивидуализации можно достичь при внедрении в процесс подготовки ИТП ЭРТОС перспективных компьютерных эмулирующих тренажеров (КЭТ), в основе построения которых лежит использование метода эмуляции оборудования [Башмаков, 2003; Боднер, 1978; Зубов и др., 2003; Красовский, 1995; Щёголев и др., 2006]. Эмуляция – это имитация функционирования одного устройства посредством другого устройства или устройств, при которой имитирующее устройство

воспринимает те же данные, выполняет ту же программу и достигает того же результата, что и имитируемое¹.

В области тренажеров потенциал применения компьютерной эмуляции (КЭ) достаточно обширен: на ее основе возможно создание систем, во многом обладающих свойствами полномасштабных, дорогостоящих тренажеров, различного рода человеко-машинных систем и систем диагностики.

Результаты и обсуждение

Сущность обучения с применением метода эмуляции оборудования можно сформулировать следующим образом:

- обучаемому демонстрируются на экране с высокой разрешающей способностью детальные изображения оборудования, с которым ему предстоит работать;

- набор этих изображений может включать в себя, например, внешний вид блоков, панелей и пультов управления, кабелей и печатных плат, индикаторов, аппаратуры контроля;

- обучаемый может взаимодействовать с данными объектами точно так же, как и с реальными;

- обучаемый может контролировать показания приборов и отображаемую информацию, состояние ламп и переключателей, может нажимать кнопки и тумблеры, соединять и разъединять кабели, открывать блоки, перемещаться в пределах имитируемого оборудования и т. д.;

- в любой момент времени реакция имитируемого оборудования точно такая же, как в реальности.

Обучение на основе метода КЭ оборудования эффективно обеспечивает [Воскобоев и др., 1999; Красовский, 1989]:

- первоначальную теоретическую подготовку;
- подготовку под руководством инструктора, закрепление знаний, полученных обучаемым в процессе теоретической подготовки;
- углубленное изучение объекта РТОП;
- изучение оборудования рабочего места;
- отработку умений и навыков диагностики отказов;
- отработку умений и навыков распознавания неисправностей;
- моделирование внештатных ситуаций;
- отработку визуальных навыков и ряд других возможностей.

КЭТ обладают универсальностью и характеризуются следующими преимуществами:

¹ ГОСТ 15971-90 Системы обработки информации. Термины и определения: государственный стандарт СССР: дата введения 1992-01-01/ Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. – Изд. Официальное. – Москва, 1992. – 12 с.

– сравнительно невысокая стоимость тренажеров позволяет оборудовать несколько рабочих мест в пределах учебного класса, что, в свою очередь, открывает возможность организовать как групповое, так и индивидуальное обучение как с инструктором, так и в форме самостоятельной работы;

– при развертывании дополнительного рабочего места стоимость очередной копии ПО невысока, основные затраты связаны с дополнительными аппаратными средствами (ПК и требуемым количеством периферийного оборудования);

– реализация тренажеров на основе объектно-ориентированного ПО обеспечивает их высокую гибкость, позволяющую оперативно отслеживать все текущие изменения имитируемого объекта; для изменения функциональных возможностей КЭТ не требуется больших материальных затрат, что позволяет его использовать на различных этапах подготовки обучаемых;

– сравнительно невысокие требования к производительности вычислительных средств позволяют сделать КЭТ портативными и мобильными;

– КЭТ предоставляет обучаемому свободу действий, а это означает, что он может производить свои действия в любом порядке и темпе, который он считает наиболее целесообразным, не опасаясь делать ошибки и учась на допущенных ошибках; в процессе такого обучения обучаемый способен приобрести уверенность в результатах своей работы вне зависимости от уровня своих способностей;

– КЭТ обеспечивает имитацию неограниченного числа и различной сложности отказов и возможных последствий их проявления при функционировании системы РТОП; при этом он позволяет более точно имитировать неисправности, чем тренажеры на основе реального или моделируемого оборудования;

– КЭТ сам по себе содержит большой объем ценной информации о системе как таковой; в перспективе эмулирующий тренажер может стать неотъемлемой частью электронного руководства по эксплуатации той или иной технической системы РТОП;

– КЭТ реализован, по сути, чисто программными средствами, что позволяет существенно повысить эффективность процесса обучения.

Последнее из вышеуказанных преимуществ КЭТ обеспечивает следующие возможности:

– учесть различные учебные ситуации;

– тщательно отслеживать усвоение знаний, умений и навыков обучаемыми;

– записывать и воспроизводить полностью последовательность действий обучаемого, что особенно важно для последующего проведения детального анализа и разбора допущенных ошибок;

– проводить занятия по типовым ситуациям с группой обучаемых в автономном режиме их работы, когда ПК обучаемых функционируют без управления со стороны ПК инструктора.

Заключение

Общепринятой в настоящее время является точка зрения, что обучение и подготовка ИТП ЭРТОС должны быть максимально основаны на отработке практических умений и навыков. Широко также распространено мнение, что ТО является задачей механического выполнения последовательности некоторых действий. Однако на самом деле любое ТО включает в себя не только умения и навыки выполнять эти операции, но и способность принимать в некоторых ситуациях решения, что требует познавательных, интеллектуальных умений и навыков. Более того, в ряде случаев именно эти функции играют решающую роль. Так, в случае диагностики неисправностей от ИТП ЭРТОС требуется сочетание знания объекта РТОП как такового и умения принимать решения. При этом наиболее важными в этом процессе являются познавательные, интеллектуальные умения и навыки. Таким образом, привитие данных функций обучаемым является важнейшей задачей не только теоретической, но и практической подготовки ИТП ЭРТОС. Одним из путей решения этой задачи может быть использование КЭТ при обучении, в силу их универсальности, широких функциональных возможностей и высокой экономической эффективности.

На основании накопленного опыта по применению вычислительной техники в учебном процессе и результатов экспериментов, проведенных во многих учебных заведениях, в том числе, МГТУ ГА, сегодня может быть разработана технология создания КЭТ для ИТП ЭРТОС, которая включает следующие виды обеспечения: методическое, математическое, информационное, программное и техническое.

Библиографический список

- Айдаркин Д. В.* Разработка и применение автоматизированных систем для профессиональной подготовки летного состава гражданской авиации: монография. Ульяновск: УВАУ ГА, 2014. 111 с.
- Аксенов В. Д.* Систематизация требований и классификация технических средств подготовки и обучения авиационных специалистов // Тренажерные технологии и обучение: новые подходы и задачи: сборник статей международной конференции. М.: ЦАГИ, 2003. С. 32–38.
- Башмаков А. И.* Разработка компьютерных учебников и обучающих систем. М.: Информационно-издательский дом «Филинь», 2003. 616 с.
- Боднер В. А.* Авиационные тренажеры / В. А. Боднер, Р. А. Закиров, И. И. Смирнова. М.: Машиностроение, 1978. 192 с.
- Болелов Э. А.* Задача разработки математического обеспечения компьютерной тренажерной системы для инженерно-технического персонала служб ЭРТОС / Э. А. Болелов, С. В. Шалупин, И. Б. Губерман // Научный вестник ГосНИИ ГА. 2021. № 37. С. 107-116. – EDN DHSSYT.
- Бондарай А. А.* Системный анализ процесса измерения угла места воздушной цели трассовым многочастотным радиолокационным комплексом / А. А. Бондарай, Б. В. Лежанкин // Актуальные проблемы и перспективы развития гражданской авиации :

Сборник трудов VIII Всероссийской с международным участием научно-практической конференции, Иркутск, 14–16 октября 2019 года. Иркутск: Иркутский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования "Московский государственный технический университет гражданской авиации", 2019. С. 104-114. – EDN ESJMYF.

Воскобоев В. Ф. О выборе диагностических параметров радиоэлектронных комплексов летательных аппаратов / В. Ф. Воскобоев, П. Б. Мельник // Научный вестник МГТУ ГА. 1999. № 19. С. 39.

Зубов Н. П. Применение тренажерных систем, реализующих активные методы профессиональной подготовки: проблемы и пути их решения / Н. П. Зубов, Н. О. Кобельков // Тренажерные технологии и обучение: новые подходы и задачи: сборник статей международной конференции. М.: ЦАГИ, 2003. С. 115–124.

Красовский А. А. Основы теории авиационных тренажеров. М.: Машиностроение, 1995. 304 с.

Красовский А. А. Математическое моделирование и компьютерные системы обучения и тренажа // Тр. ВВИА им. Н.Е. Жуковского. М., 1989. 255 с.

Лежанкин Б. В. Демодуляция сигналов канала вторичной радиолокации в системе ADS-b / Б. В. Лежанкин, М. А. Межетов, С. В. Туринцев // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2018. № 1. С. 32-44. – EDN FWZOZC.

Радиотехническое обеспечение полетов воздушных судов и авиационная электросвязь в гражданской авиации: Федеральные авиационные правила, утверждены приказом Минтранса РФ от 20.10.2014, № 297.

Тренажерные комплексы и тренажеры: технологии разработки и опыт эксплуатации / В. Е. Шукшунов и др.; под ред. проф. В. Е. Шукшунова. М.: Машиностроение, 2005. 383 с.

Щёголев В. Н. К оценке влияния уровня профессиональной подготовленности инженерно-технического состава на показатели эффективности системы технической эксплуатации и ремонта / В. Н. Щёголев, Н. В. Гевак // Научный вестник МГТУ ГА. 2006. № 93. С. 102-107.

Certification Specifications for Aeroplane Flight Simulation Training Devices 'CS-FSTD(A)' Issue 2 3 May 2018 1. European Aviation Safety Agency.

Gillet S., Nuic A. and Mouillet V., "Enhancement in realism of ATC simulations by improving aircraft behaviour models," 29th Digital Avionics Systems Conference, 2010, pp. 2.D.4-1-2.D.4-13, doi: 10.1109/DASC.2010.5655482.

Koblen I., Kováčová J. Selected information on flight simulators - main requirements, categories and their development, production and using for flight crew training in the both Slovak Republic and Czech Republic conditions. INCAS BULLETIN. 2012. Vol. 4, Issue 3. pp. 73 – 86.

Manual of criteria for the qualification of flight simulation training devices. Doc 9625 fourth edition corrigendum no. 1 (english and russian only) 28.10.16.

Procedures for air navigation services Training. Second edition, 2015, Doc 9868.

TRAINAIR PLUS Operations Manual. ICAO, 2022, p. 78.

References

Aidarkin, D.V. (2014). Development and application of automated systems for professional training of civil aviation flight personnel. *Monographiya*. Ulyanovsk: UVAU GA Publ.: 111 p. [in Russian]

Aksenov, V.D. (2003). Systematization of requirements and classification of technical means of training and training of aviation specialists. *Trenazhernye tekhnologii i obuchenie: novye podhody i zadachi. Sbornik statej mezhdunarodnoj konferencii*. Moscow. TsAGI Publ.: 32-38. [in Russian]

Bashmakov, A.I. (2003). Development of computer textbooks and training systems. Moscow. Information and publishing house "Filin": 616 p. [in Russian]

Bodner, V.A., Zakirov, R.A., Smirnova, I.I. (1978). Aviation simulators. Moscow: Mashinostroenie Publ.: 192 p. [in Russian]

- Bolelov, E.A., Shalupin, S.V., Guberman, I.B. (2021). The task of developing mathematical support for a computer simulator system for engineering and technical personnel of ERTOS services. *Nauchnyj vestnik GosNII GA*. 37: 107-116. [in Russian]
- Bondarai, A.A., Lezhankin, B.V. (2019). System analysis of the process of measuring the angle of an air target by a multi-frequency radar tracking system. *Aktual'nye problemy i perspektivy razvitiya grazhdanskoj aviacii*: Sbornik trudov VIII Vserossijskoj s mezhdunarodnym uchastiem nauchno-prakticheskoy konferencii, Irkutsk: Irkutskij filial federal'nogo gosudarstvennogo byudzhetnogo obrazovatel'nogo uchrezhdeniya vysshego obrazovaniya "Moskovskij gosudarstvennyj tekhnicheskij universitet grazhdanskoj aviacii: 104-114. [in Russian]
- Certification Specifications for Aeroplane Flight Simulation Training Devices 'CS-FSTD(A)' Issue 23 May 2018 1. European Aviation Safety Agency.
- Gillet, S., Nuic, A., Mouillet, V. (2010). Enhancement in realism of ATC simulations by improving aircraft behaviour models. European Organisation for the Safety of Air Navigation - EUROCONTROL, Brétigny/Orge, France. 29th Digital Avionics Systems Conference October 3-7, 2010.
- Koblen, I., Kováčová, J. (2012). Selected information on flight simulators - main requirements, categories and their development, production and using for flight crew training in the both Slovak Republic and Czech Republic conditions. *INCAS BULLETIN*, Volume 4, Issue 3: 73 – 86.
- Krasovsky, A.A. (1989). Mathematical modeling and computer systems of training and coaching. *Trudy VVIA im. N.E. Zhukovskogo*. Moscow: 255 p. [in Russian]
- Krasovsky, A.A. (1995). Fundamentals of the theory of aviation simulators. Moscow: Mashinostroenie Publ.: 304 p. [in Russian]
- Lezhankin, B.V., Mezhetov, M.A., Turintsev, S.V. (2018). Demodulation of secondary radar channel signals in the ADS-b system. *Crede Experto: transport, society, education, language*. 1: 32-44. [in Russian]
- Manual of criteria for the qualification of flight simulation training devices. Doc 9625 fourth edition corrigendum no. 1 (english and russian only) 28/10/16.
- Procedures for air navigation services. Training. Second edition, 2015, Doc 9868.
- Radiotekhnicheskoe obespechenie poletov vozdukhnyh sudov i aviacionnaya elektrosvyaz' v grazhdanskoj aviacii: Federal'nye aviacionnye pravila, utverzhdeny prikazom Mintransa RF ot 20.10.2014, No. 297. [in Russian]
- Shchegolev, V.N., Gevak, N.V. (2006). To assess the impact of the level of professional preparedness of engineering and technical personnel on the performance indicators of the system of technical operation and repair. *Nauchnyj vestnik MGTU GA*. 93: 102-107. [in Russian]
- Shukshunov, V.E. (2005). Training complexes and simulators: development technologies and operational experience. Moscow: Mashinostroenie Publ.: 383 p. [in Russian]
- TRAINAIR PLUS Operations Manual. ICAO, 2022, p. 78.
- Voskoboev, V.F., Melnik, P.B. (1999). On the choice of diagnostic parameters of radio-electronic complexes of aircraft. *Nauchnyj vestnik MGTU GA*. 19: 39 p. [in Russian]
- Zubov, N.P., Kobelkov, N.O. (2003). The use of simulator systems implementing active methods of professional training: problems and ways to solve them. Simulator technologies and training: new approaches and tasks. *Trenazhernye tekhnologii i obuchenie: novye podhody i zadachi: sbornik statej mezhdunarodnoj konferencii*. Moscow: CAGI: 115–124. [in Russian]