УДК 378.162.33

А.Е. Булатова, Д.А. Евсевичев, О.В. Максимова, М.К. Самохвалов

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИМУЛЯТОРОВ СОВРЕМЕННЫХ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ

Булатова Анастасия Евгеньевна, окончила факультет летной эксплуатации и управления воздушным движением Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, аспирант кафедры авиационной техники УИГА им. Б.П. Бугаева. Область научных интересов: радиотехническое обеспечение полетов, авионика. [e-mail: bulatova26nastya@gmail.com].

Евсевичев Денис Александрович, кандидат технических наук, окончил радиотехнический факультет Ульяновского государственного технического университета, доцент кафедры авиационной техники УИГА им. Б.П. Бугаева. Имеет статьи и монографии в области систем автоматизированного проектирования, радиотехнического обеспечения полетов оптоэлектроники. [e-mail: denistk_87@mail.ru].

Максимова Оксана Вадимовна, кандидат технических наук, окончила радиотехнический факультет УлГТУ, начальник научно-исследовательского отдела УИГА им. Б.П. Бугаева. Имеет статьи и монографии в области систем автоматизированного проектирования, оптоэлектроники [e-mail: first32007@yandex.ru].

Самохвалов Михаил Константинович, доктор физико-математических наук, профессор, окончил физический факультет Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского, профессор кафедры «Проектирование и технология электронных средств» УлГТУ. Имеет статьи в области автоматизированного проектирования, оптоэлектроники. [e-mail: sam@ulstu.ru].

Аннотация

Основными радиотехническими средствами, используемыми авиационными специалистами, являются системы связи, радиолокации и радионавигации. Обучение студентов авиационных специальностей в данных направлениях является комплексной задачей, требующей значительного труда преподавателя. Для решения представленной задачи была разработана концепция проектирования тренажеров – симуляторов для внедрения в образовательный процесс специализированных учебных заведений гражданской авиации на основе гибридного подхода к проектированию виртуальных тренажеров. Такая концепция была использована для разработки методики проектирования симуляторов устройств радиотехнического обеспечения полетов, заключающейся в решении задачи селективного структурного синтеза проектных решений, которая описывается с помощью морфологического дерева и состоит в поиске ветви графа, обеспечивающей выполнение набора правил с заданными в процессе составления технического задания ограничениями, дополняемыми пользователем-разработчиком. В силу неупорядоченности ограничивающих параметров метод структурной оптимизации состоит в последовательном переборе возможных вариантов. На основе представленной методики была разработана система автоматизированного проектирования симуляторов систем радиотехнического обеспечения полетов. Разработка системы автоматизированного проектирования симуляторов средств радиосвязи, радиолокации и радионавигации позволяет эффективно осуществлять подготовку будущих пилотов и авиадиспетчеров.

Ключевые слова: автоматизация, авиадиспетчер, пилот, авиационная электросвязь, радиолокация, радионавигация, обучение.

doi: 10.35752/1991-2927-2020-4-62-131-139

PROGRAM DEVELOPMENT FOR DESIGNING SIMULATORS OF ADVANCED FLIGHT ELECTRONIC SUPPORT SYSTEMS

Anastasia Evgenevna Bulatova, Postgraduate Student of the Aviation Technology Department at the Ulyanovsk Civil Aviation Institute n.a. Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev; graduated from the Faculty of Flight Operations

and Air Traffic Control at the same Institute; an author of articles in the field of flight electronic support, avionics. e-mail: bulatova26nastya@gmail.com.

Denis Aleksandrovich Evsevichev, Candidate of Sciences in Engineering; graduated from the Radioengineering Faculty of Ulyanovsk State Technical University; Associate Professor of the Air Traffic Control and Navigation Department at the Ulyanovsk Civil Aviation Institute n.a. Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev; an author of articles and monographs in the field of computer-aided design, flight electronic support, and optoelectronics. e-mail: denistk_87@mail.ru.

Oksana Vadimovna Maksimova, Candidate of Sciences in Engineering; graduated from the Radioengineering Faculty of Ulyanovsk State Technical University; Head of the Research and Development Department at the Ulyanovsk Civil Aviation Institute n.a. Chief Marshal of Aviation B.P. Bugaev; an author of articles and monographs in the field of computer-aided design, optoelectronics. e-mail: first32007@yandex.ru.

Mikhail Konstantinovich Samokhvalov, Doctor of Sciences in Physics and Mathematics, Professor; graduated from the Faculty of Physics of Saratov State University; Head of the Design and Technology of Electronic Devices Department at Ulyanovsk State Technical University; an author of articles and monographs in the field of computer-aided design, optoelectronics. e-mail: sam@ulstu.ru.

Abstract

The main radio equipment used by aviation specialists are communication, radar and radio navigation systems. Training of students in these areas is a complex task that requires significant efforts of lecturer. The article proposes a concept of simulator designing that are supposed to be adopted in the educational process of civil aviation institutions based on hybrid approach to the virtual simulators designing. Such concept was applied in the development of methodology for designing of simulators for flight electronic support, which involves solving the problem of selective structural synthesis. The problem of selective structural synthesis of design solutions is described using a morphological tree and implies finding the graph edge that ensures meeting a set of rules with the constraints specified in the process of specification drawing up, which is replenished by the developer-user. Due to random nature, the structural optimization method implies a sequential search for possible options. A computer-aided system of simulator designing for flight electronic support systems was developed based on the methodology. The development of a computer-aided system of simulator designing for radio communications, radar and navigation equipment makes it possible to provide effective training of future pilots and air traffic control officers.

Keywords: automation, air traffic control officer, pilot, aeronautical communications, radar, radio navigation, training.

ВВЕДЕНИЕ

Современная концепция CNS/ATM (Communication, Navigation, Surveillance / Air Traffic Management) заключается в решении проблем организации, обслуживания и управления воздушным движением – его менеджмента (ATM) за счет внедрения и цифровизации перспективных средств связи, наблюдения и навигации (CNS) [1, 2]. Сложность реализации такой концепции в интересах служб организации, обслуживания и управления воздушным движением гражданской авиации Российской Федерации заключается в широком спектре нерешенных вопросов.

К таким вопросам относят [2]:

- статистические – мониторинг и контроль за внедряемыми перспективными системами связи, наблюдения и навигации, обобщение опыта эксплуатации;
- технические – аппаратная и программная реализация инфраструктуры концепции;
- образовательные – обучение управлению современными средствами связи, навигации и наблюдения пилотов и авиадиспетчеров.

Рассматриваемая в данной статье проблематика прежде всего связана с образовательными вопросами концепции CNS/ATM. В настоящее время сложность подготовки пилотов и диспетчеров в авиационных учебных заведениях и центрах заключается в быстро устаревающем в современных условиях развития тренажерном оборудовании для изучения средств радиосвязи, радиолокации и радионавигации гражданской авиации.

Также проблемой является значительная инвариантность решаемых на тренажере задач. Данное обстоятельство приводит к невозможности проведения всех необходимых видов тренировок.

Возможным решением представленных проблем предлагается разработка комплекса программных продуктов, симулирующих работу систем радиосвязи, радиолокации и радионавигации. Однако стоит отметить, что подобных систем, применяемых в различных моделях самолетов, существует большое количество. Следовательно, необходимо определить общие элементы данных радиотехнических систем и систематизировать их. Такой подход позволит автоматизировать процесс

разработки симуляторов, применение которых в обучении позволит повысить его качество и комплексность.

СИСТЕМЫ РАДИОТЕХНИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПОЛЕТОВ (РТОП)

Развитие инфраструктуры системы CNS/ATM заключается в развитии средств РТОП и ведется по трем основным направлениям [3]:

1) Системы радиосвязи. Данные системы обеспечивают наземную и воздушную авиационную электросвязь [4].

К наземной или фиксированной авиационной связи типа «земля – земля» относятся телефонная и телеграфная связи, системы передачи данных, системы, обеспечивающие взаимодействие центров управления воздушным движением, и т. д. В качестве таких систем могут выступать как обычные телефоны, так и специализированные устройства, как например, система «Мегафон».

К воздушной или радиосвязи типа «земля – воздух» или «воздух – воздух» относятся радиостанции диапазонов высоких и очень высоких частот, средства аварийной радиосвязи, цифровые линии связи и т. д. В качестве таких систем могут выступать различные радиостанции (например, Баклан, GTR 225, RS2500V) и система связи «диспетчер – пилот» по линии передачи данных (например, CPDLC – Controller–pilot data link communications).

2) Системы радионавигации. Данные системы обеспечивают определение направления движения воздушного судна, его скорости и прочих навигационных параметров [5].

К таким системам относятся метеорологические навигационные радиолокационные станции (например, системы Гроза, RDR4B, RDR4000), глобальные навигационные спутниковые системы (например, устройство KNS81, многоканальная система Topcon GR-5, работающая как с GPS, так и с ГЛОНАСС), радиоконпасы (например, APK-Y2, ADF-4000) и т. д.

3) Системы наблюдения или радиолокации. Данные системы обеспечивают определение местоположения воздушного судна в пространстве [6].

В гражданской авиации выделяют первичную и вторичную радиолокацию. К первичной радиолокации относятся средства, отправляющие в пространство активный запрос и принимающие пассивный ответ от объектов, например, воздушных судов. В качестве таких средств можно выделить обзорные трассовые и аэродромные радиолокаторы (например, Утес-Т, Сопка-2, Экран-85, АОПЛ-1АС), посадочные радиолокаторы (например, РП-5Г).

К вторичной радиолокации относятся средства, отправляющие в пространство активный запрос воздушному судну, оснащеному самолетным радиолокационным ответчиком, и принимающие активный ответ от него. Информация, которую передают воздушные суда, содержит данные о его местонахождении, бортовой номер, высоту полета, остаток топлива и прочие. Хотя

вторичные радиолокаторы и могут работать автономно, чаще всего они совмещаются и синхронизируются с системами первичной радиолокации. Примерами таких систем являются Корень-АС, МВРЛ-СВК.

Можно увидеть, что состав средств РТОП очень разнообразен. Для возможности проектирования симуляторов устройств радиолокации, радионавигации и связи в одной системе автоматизированного проектирования необходимо выделить общие элементы этих устройств для возможности унификации процесса проектирования симуляторов средств РТОП. Очевидной общностью таких средств являются компоненты управления и индикации.

Для решения задачи о выборе общих компонентов были рассмотрены как старые, но еще актуальные системы, так и современные системы связи, навигации и наблюдения гражданской авиации. Примеры этих систем приведены выше. В качестве элементов индикации во всех этих устройствах выступают знаковосинтезирующие или графические дисплеи, а также лампы (светодиодные или лампы накаливания у старых устройств). В качестве элементов управления выступают кнопки тумблеры, переключатели, ручки. Таким образом, создаваемые связи между элементами управления и индикации обеспечивают осуществление взаимодействия «человек-машина», а эмуляция этой связи позволит создать тренажерную систему. Описанная унификация в создании тренажерной симуляторной системы говорит о возможности автоматизации процесса проектирования симуляторов. Отсюда возникает вопрос о выборе подхода к проектированию симуляторов средств РТОП.

ПРАКТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ПРОЕКТИРОВАНИЮ СИМУЛЯТОРОВ СИСТЕМ РТОП

Согласно существующим концепциям, можно выделить несколько подходов к проектированию тренажеров [7]:

- автоматный подход;
- алгоритмический подход;
- сценарный подход;
- гибридный подход.

В основе концепции автоматного подхода лежат автоматные модели состояний симулятора. Они содержат в своем описании множество параметров, характеризующих состояние объекта, а также функции управления объектом. Основным недостатком такого подхода можно выделить ограниченность по универсальности использования для различных систем симуляции и, как следствие, невозможность использования унификации при создании тренажерной симуляторной системы. Однако это можно компенсировать за счет использования данной концепции совместно с другими методами.

Концепция алгоритмического подхода заключается в использовании специализированных методов численного анализа (например, метода конечных элементов) для моделирования сложных процессов, проходимых в

тренажерах. Такой подход нашел свое применение при решении задач в области механики, аэродинамики и т. д. К недостаткам такого подхода можно отнести трудоемкость разработки симулятора и узкую его специализацию.

Сценарный подход применяется при проектировании простых симуляторов отдельных устройств, направленных на решение конкретных задач. Такой подход неоднократно применялся авторским коллективом при проектировании симуляторов отдельных средств РТОП, направленных на решение задач в подготовке авиационных специалистов [3]. Подход заключается в проектировании тренажера, в основе работы которого лежит некоторый сценарий обучения. В сценарии предлагаются различные варианты действий обучаемых с различными результатами выполнения. Недостатком такого подхода является трудоемкость построения сложных тренажеров.

Концепция гибридного подхода объединяет остальные методы проектирования симуляторов. Чаще всего она является объединением автоматного и алгоритмического подходов. В основе концепции лежит построение симулятора с применением автоматного подхода с расширением сложной логики за счет алгоритмического моделирования. Данному подходу свойственны те же недостатки, что и алгоритмическому подходу – высокая трудоемкость и узкая специализация. Кроме того, гибридный подход не решает проблему диагностики ошибок обучаемого.

Проанализировав существующие подходы к проектированию тренажеров, можно сделать вывод о том, что для решения прикладной задачи по обучению небольшой группы слушателей простым взаимодействиям с системами РТОП вполне эффективным является сценарный подход. Однако гибридный подход обладает наибольшей перспективностью при разработке сложных систем виртуальных тренажеров, используемых для обучения большого числа слушателей при небольшом количестве экспертов [8]. Кроме того, гибридный подход позволяет автоматизировать процесс разработки тренажера, в то время как сценарный подход предназначен для каждого отдельного случая.

Разработка тренажерных систем на основе представленного подхода позволит не только создать симуляторы различных устройств связи, радиолокации и радионавигации, но и значительно упростить любую модификацию соответствующего симулятора. Важной особенностью разрабатываемой концепции является ее универсальность, то есть представленный подход может быть использован как для разработки симуляторов устройств связи, радиолокации и радионавигации в гражданской авиации, так и, после некоторой доработки, для симуляторов прочих радиоэлектронных систем [9].

Разработанная концепция универсальной методики проектирования систем симуляции может быть использована и на предприятиях, производящих авиационное оборудование.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИМУЛЯТОРОВ СИСТЕМ РТОП

Создание симулятора системы РТОП включает выбор типа, конструкции, размеров симулируемого устройства, выбор компонентов (элементов индикации и управления) и их свойств. Основная цель при этом – проектирование симулятора для проведения исследования устройства, организации тренажерной практики и контроля качества обучения.

Модель симулятора может быть описана следующим образом:

$$S = (DS, B, I, C, Fx). \quad (1)$$

DS является множеством проектных решений и может быть описано:

$$DS = \{DS_i | i = 1 \dots x\}, \quad (2)$$

где x – общий количественный показатель множества проектных решений.

B является множеством типов устройств и может быть описано:

$$B = \{N_B, P, Sz\}, \quad (3)$$

где N_B – название устройства, P – изображение устройства, Sz – размеры устройства.

I является множеством элементов индикации:

$$I = (Dis, Lm), \quad (4)$$

где Dis – множество элементов дисплеев, Lm – множество элементов ламп.

Множества Dis и Lm имеют отдельные значения, типы и параметры, но будут взаимодействовать с еще одним множеством C – множеством элементов управления:

$$C = (Bt, Hn), \quad (5)$$

где Bt – множество элементов кнопок и тумблеров, Hn – множество элементов ручек управления.

Fx является множеством интерпретирующих функций отношений между классами B, I, C . Множество Fx может быть описано:

$$Fx = \{Fun_dB, Fun_dI, Fun_dC, Fun_BI, Fun_BC, Fun_IC\}, \quad (6)$$

где Fun_dB – функция отображения типа устройства в проектное решение, $Fun_dB : B \rightarrow \{DS\}$;

Fun_dI – функция отображения элемента индикации в проектное решение, $Fun_dI : I \rightarrow \{DS\}$;

Fun_dC – функция отображения элемента управления в проектное решение, $Fun_dC : C \rightarrow \{DS\}$;

Fun_BI – функция привязки элемента индикации к типу устройства, $Fun_BI : I \rightarrow B$;

Fun_BC – функция привязки элемента управления к типу устройства, $Fun_BC: C \rightarrow B$;

Fun_IC – функция изменения параметров элемента индикации при взаимодействии с элементом управления, $Fun_IC: C \rightarrow I$.

Представленное математическое описание поставленной задачи было использовано при разработке методики селективного структурного синтеза симуляторов системы РТОП.

Проектирование симулятора системы РТОП — многовариантная задача. Для описания множества альтернативных решений наиболее удобным является использование морфологического И–ИЛИ графа (рис. 1).

В вершинах такого дерева отображены этапы проектирования симулятора системы РТОП. Сплошная линия означает связь типа «И» (компонент обязательно войдет в проектируемый процесс), пунктирная линия – связь типа «ИЛИ» (войдет только один из набора вариантов).

Задача разработанного селективного структурного синтеза проектных решений симуляторов системы РТОП состоит в поиске ветви графа, обеспечивающей выполнение набора правил с заданными в процессе составления технического задания ограничениями, дополняемыми пользователем-разработчиком. В силу неупорядоченности ограничивающих параметров метод

структурной оптимизации состоит в последовательном переборе возможных вариантов.

На основе представленной графической математической модели (рис. 1) была разработана методика проектирования симуляторов системы РТОП, включающая следующие этапы.

1. Ввод данных о проектируемом симуляторе.
2. Выбор типа устройства. Проведение семантической и синтаксической проверки с уточнением сведений в диалоговом режиме.
3. Выбор элементов индикации с привязкой их к элементам устройства. Проведение семантической и синтаксической проверки с уточнением сведений в диалоговом режиме.
4. Выбор элементов управления с привязкой их к элементам устройства и назначением функции взаимодействия с элементом или элементами индикации. Проведение семантической и синтаксической проверок с уточнением сведений в диалоговом режиме.

Рис. 1. Морфологическое И–ИЛИ-дерево проектирования симулятора системы РТОП

Рис. 2. Интерфейс программы автоматизированного проектирования симуляторов устройств РТОП в режиме редактирования

5. Синтез проектного решения симулятора системы РТОП.

6. Верификация сформированного проектного решения пользователем-разработчиком.

7. Сохранение спроектированного устройства.

На основе представленной методики были сформированы алгоритм и программа автоматизации проектирования симуляторов системы РТОП.

ПРОГРАММНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СИМУЛЯТОРОВ УСТРОЙСТВ РТОП

Автоматизированная система проектирования симуляторов устройств РТОП представляет собой прикладное программное обеспечение, запускаемое из ОС Windows (рис. 2). Программа написана на строго типизированном объектно-ориентированном языке программирования Java. Программа работает непосредственно с пользователем, устанавливая необходимые связи для проведения проектирования.

При запуске исполняемого файла на экране монитора появляется окно, разделенное на функциональные области:

- область управления проектом, где осуществляется редактирование, выбор настроек и переключение режимов редактирования и демонстрации;
- область визуализации устройства, где отображается внешний вид устройства, которое служит основой будущего симулятора;
- область проектирования индикаторов и органов управления, где осуществляется выбор элементов индикации и управления, а также задаются необходимые связи между ними (согласно формулам, описанным в (1)–(6)).

Работа программы начинается с выбора фона, то есть отображения внешнего вида устройства, симулятор которого проектируется. Здесь же выбирается размер эле-

Рис. 3. Интерфейс выбора отображения внешнего вида симулятора устройства РТОП в системе автоматизированного проектирования

мента – оригинальный или растянутый на рабочее поле. Нажатие кнопки «Добавить фон» на вкладке выбора фона открывает интерфейс выбора отображения внешнего вида симулятора, представленный на рисунке 3.

Выбор элемента индикации осуществляется на вкладке «Эл. вывода». Здесь осуществляется выбор вида индикатора (дисплей или лампа), правила его функционирования, определяется цветовая схема выходного устройства и проводится поиск ошибок в записи (например, проверяется соответствие начального значения типу выбранного значения для индикатора). Внешний вид окна добавления дисплея в системе автоматизированного проектирования представлен на рисунке 4.

Выбор элемента управления осуществляется на вкладке «Эл. управления». При нажатии кнопки «Добавить элемент» появляется окно добавления элемента управления, как представлено на рисунке 5. Здесь осуществляется выбор вида переключателя (кнопка, тумблер, ручка управления) и правила его функционирования – каждый элемент управления соотносится с

элементом индикации и задаются правила изменения соотношений в дисплеях или лампах, добавленных в проект ранее. В случае выбора ручки управления и дисплея можно задать закон, по которому будут изменяться значения на индикаторе при прямом и обратном повороте. В случае выбора в качестве элемента управления кнопки или тумблера, а в качестве элемента вывода – дисплея, можно задать изменение значения на индикаторе путем добавления или изменения текста (как числового, так и строчного). В случае выбора в качестве элемента управления кнопки или тумблера, а в качестве элемента вывода – лампы, можно задать изменение параметра «активность» у лампы, что означает включение и выключение индикатора. На данном этапе также проводится поиск ошибок.

После добавления всех элементов отображения, управления и индикации в проект все элементы можно вынести на рабочее поле программы, как показано на рисунке 2. После установки всех элементов в нужных местах области отображения и определения их размеров программа может перейти в режим презентации, как показано на рисунке 6.

В режиме презентации объекты, обозначающие элементы управления, становятся невидимыми, а объекты, обозначающие элементы индикации, остаются видимыми, но обрезаются до самих цифровых или текстовых значений. Нажатие левой или правой кнопкой мыши в области ручек управления приводит к изменению значений индикатора в соответствии с заданными законами при прямом или обратном повороте ручек соответственно.

Разработанный проект, его настройки и созданные элементы могут быть сохранены в отдельном специализированном файле формата *.pli. Выгрузка данного файла полностью восстанавливает разработанный проект и все созданные элементы, что позволяет сразу переходить в режим презентации.

При дальнейшем развитии проекта планируется реализация системы управления базами данных, что поможет упростить поиск необходимых элементов управления и индикации при проектировании устройства, а также планируется создание функции выгрузки разработанного симулятора в отдельный файл, запускаемый самостоятельно без представленной системы проектирования.

Разработка симуляторов устройств РТОП с помощью представленной системы автоматизированного проектирования симуляторов средств радиосвязи,

радиолокации и радионавигации в гражданской авиации позволяет эффективнее осуществлять подготовку будущих пилотов и авиадиспетчеров в авиационных учебных заведениях высшего и среднего образования.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представленные в данной работе результаты научного исследования были апробированы в учебном процессе в Ульяновском институте гражданской авиации имени Главного маршала авиации Б.П. Бугаева при подготовке

Рис. 4. Интерфейс выбора элемента дисплея для симулятора устройства РТОП в системе автоматизированного проектирования

Рис. 5. Интерфейс выбора элемента управления для симулятора устройства РТОП в системе автоматизированного проектирования

Рис. 6. Интерфейс программы автоматизированного проектирования симуляторов устройств РТОП в режиме презентации

курсантов пилотов и авиадиспетчеров. Интерактивное взаимодействие со средствами РТОП позволяет всесторонне исследовать данные устройства, в том числе изучить основные принципы их функционирования.

К недостаткам представленных виртуальных тренажеров можно отнести сложность реорганизации задач, задаваемых преподавателем при использовании сценарного подхода к проектированию тренажеров. Кроме того, значительный вклад в развитие представленных тренажеров-симуляторов может внести внедрение адаптивной обучающей системы [10], которая позволит управлять процессом обучения с учетом индивидуальных особенностей пользователей, сократить время и повысить эффективность процесса обучения.

По результатам проведенных исследований среди курсантов пилотов и авиадиспетчеров можно утверждать, что использование симуляторов средств РТОП в значительной степени упрощает решение задач обучения и подготовки авиационных специалистов, а использование системы автоматизированного проектирования симуляторов устройств РТОП в значительной степени упрощает процесс подготовки занятий и обучения новым системам, что является актуальным в условиях быстрого развития систем в концепции CNS/ATM. Кроме того, изучение бортовых средств диспетчерами, а наземных диспетчерских средств – пилотами позволяет улучшить профессиональное взаимодействие экипажей и диспетчерских служб.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Системы CNS/ATM : учеб. пособие / сост. В.А. Казаков. 2-е изд. перераб. и доп. Ульяновск : УВАУ ГА, 2008. 103 с.
2. Концепция создания и развития Аэронавигационной системы России // Инф. бюлл. по вопросам организации воздушного движения / ФГУП ГосНИИ «Аэронавигация». 2006. №2. С. 123–130.
3. Борисов В.Е., Евсевичев Д.А. Автоматизация управления процессом обучения при подготовке авиадиспетчеров // Автоматизация процессов управления : сб. науч. тр. Молодеж. науч.-техн. конф., Ульяновск, 15–16 мая 2018 г. : В 2 ч. / отв. за вып. А.Л. Савкин. Ульяновск : ФНПЦ АО «НПО «Марс», 2018. Ч. 1. С. 13–20.
4. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации «Авиационная электросвязь». Т. 2. Правила связи, включая правила, имеющие статус PANS. Издание шестое, июль 2006 г. Монреаль : Международная организация гражданской авиации, 2014. 105 с.
5. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации «Авиационная электросвязь». Т. 1. Радионавигационные средства. Издание шестое, июль 2006 г. Монреаль : Международная организация гражданской авиации, 2014. 628 с.
6. Приложение 10 к Конвенции о международной гражданской авиации «Авиационная электросвязь». Т. 4. Системы обзорной радиолокации и предупреждения столкновений. Издание шестое, июль 2006 г. Монреаль : Международная организация гражданской авиации, 2014. 232 с.
7. Афанасьев А.Н., Войт Н.Н., Канев Д.С. Модель и метод разработки и анализа компьютерных тренажеров // Автоматизация процессов управления. 2015. № 2 (40). С. 64–71.
8. Евсевичев Д.А., Самохвалов М.К. Автоматизация расчета эргономических параметров средств отображения информации на рабочем месте авиадиспетчера // Автоматизация процессов управления. 2017. № 3 (49). С. 70–78.
9. Борисов В.Е., Евсевичев Д.А., Костиков Е.А. Система изучения метеорологической навигационной РЛС // Автоматизация процессов управления : сб. науч. тр. Молодеж. науч.-техн. конф., Ульяновск, 15–16 мая 2018 г. : В 2 ч. / отв. за вып. А.Л. Савкин. Ульяновск : ФНПЦ АО «НПО «Марс», 2018. Ч. 1. С. 21–27.
10. Разработка методов и средств компьютерных систем обучения автоматизированному проектированию

машиностроительных объектов / А.П. Пинков, А.Н. Афанасьев, Н.Н. Войт, Д.С. Канев // Автоматизация процессов управления. 2017. № 1 (47). С. 75–84.

REFERENCES

1. *Sistemy CNS/ATM*. Ucheb. posobie, sost. V.A. Kazakov. 2-e izd. pererab. i dop. [CNS/ATM Systems. Textbook, ed. V.A. Kazakov, 2nd edition revised and enlarged]. Ulyanovsk, UVAU GA Publ., 2008. 103 p.
2. Kontseptsiiia sozdaniia i razvitiia Aeronavigatsionnoi sistemy Rossii [The Creation and Development Concepts of the Russian Aircraft Navigation System]. *Inf. biull. po voprosam organizatsii vozdušnogo dvizheniia* [News Bull. on Air-Traffic Management Issues]. FGUP GosNII "Aeronavigatsiia", 2006, no. 2, pp. 123–130.
3. Borisov V.E., Evsevichev D.A. Avtomatizatsiia upravleniia protsessom obucheniia pri podgotovke aviadispatcherov [Control Automation when Air Traffic Controller Training]. *Avtomatizatsiia protsessov upravleniia. Sb. nauch. tr. Molodezh. nauch.-tekhn. konf. Ulyanovsk*, 15–16 maia 2018. V 2 ch. Otv. za vyp. A.L. Savkin [Proc. of the Youth Sci.-and-Tech. Conf. on Automation of Control Processes in 2 volumes. Ulyanovsk, May 15–16, 2018. Publications Assistant A.L. Savkin]. Ulyanovsk, FRPC JSC 'RPA 'Mars' Publ., 2018, vol. 1, pp. 13–20.
4. *Prilozhenie 10 k Konventsii o mezhdunarodnoi grazhdanskoi aviatsii "Aviatsionnaia elektrosviaz". T. 2. Pravila sviazi, vkluchaia pravila, imeiushchie status PANS*. Izdanie shestoe, iul 2006 g. [Annex 10. The Convention on International Civil Aviation "Aeronautical Telecommunications". Vol. II. Communication Procedure including those with PANS Status. The 6th Edition, July, 2006]. Monreal, Mezhdunarodnaia organizatsiia grazhdanskoi aviatsii Publ., 2014. 105 p.
5. *Prilozhenie 10 k Konventsii o mezhdunarodnoi grazhdanskoi aviatsii "Aviatsionnaia elektrosviaz". T. 1. Radionavigatsionnye sredstva*. Izdanie shestoe, iul 2006 g. [Annex 10. The Convention on International Civil Aviation "Aeronautical Telecommunications". Vol. I. Radio Navigation Aids. The 6th Edition, July, 2006]. Monreal, Mezhdunarodnaia organizatsiia grazhdanskoi aviatsii Publ., 2014. 628 p.
6. *Prilozhenie 10 k Konventsii o mezhdunarodnoi grazhdanskoi aviatsii "Aviatsionnaia elektrosviaz". T. 4. Sistemy obzornoj radiolokatsii i preduprezhdeniia stolknovenii*. Izdanie shestoe, iul 2006 g. [Annex 10. The Convention on International Civil Aviation "Aeronautical Telecommunications". Vol. IV. Surveillance Radar and Collision Avoidance Systems. The 6th Edition, July, 2006]. Monreal, Mezhdunarodnaia organizatsiia grazhdanskoi aviatsii Publ., 2014. 232 p.
7. Afanasev A.N., Voit N.N., Kanev D.S. Model i metod razrabotki i analiza kompiuternykh trenazherov [The Development and Analysis Method and the Model of Computer Simulator]. *Avtomatizatsiia protsessov upravleniia* [Automation of Control Processes], 2015, no. 2 (40), pp. 64–71.
8. Evsevichev D.A., Samokhvalov M.K. Avtomatizatsiia rascheta ergonomicheskikh parametrov sredstv otobrazheniia informatsii na rabochem meste aviadispatchera [Automated Calculation of Ergonomic Parameters of the Information Display Means at the Workplace of the Air Traffic Controller]. *Avtomatizatsiia protsessov upravleniia* [Automation of Control Processes], 2017, no. 3 (49), pp. 70–78.
9. Borisov V.E., Evsevichev D.A., Kostikov E.A. Sistema izucheniiia meteorologicheskoi navigatsionnoi RLS [Learning System Weather Navigation Surveillance Radar]. *Avtomatizatsiia protsessov upravleniia. Sb. nauch. tr. Molodezh. nauch.-tekhn. konf.*, Ulyanovsk, 15–16 maia 2018 g. V 2 ch. Otv. za vyp. A.L. Savkin [Proc. of the Youth Sci.-and-Tech. Conf. on Automation of Control Processes in 2 volumes. Ulyanovsk, May 15–16, 2018. Publications Assistant A.L. Savkin]. Ulyanovsk, FRPC JSC 'RPA 'Mars' Publ., 2018, vol. 1, pp. 21–27.
10. Pinkov A.P., Afanasev A.N., Voit N.N., Kanev D.S. Razrabotka metodov i sredstv kompiuternykh sistem obucheniia avtomatizirovannomu proektirovaniu mashinostroitelnykh obektov [Development of Methods and Means of Computer Systems for Machine Objects CAD Training]. *Avtomatizatsiia protsessov upravleniia* [Automation of Control Processes], 2017, no. 1 (47), pp. 75–84.