

ТРАНСПОРТ

05.22.01 – Транспортные и транспортно-технологические системы страны, ее регионов и городов, организация производства на транспорте;

05.22.08 – Управление процессами перевозок;

05.22.13 – Навигация и управление воздушным движением;

05.22.14 – Эксплуатация воздушного транспорта

УДК 621.396.96

DOI: 10.26467/2079-0619-2020-23-6-8-19

РАЗРАБОТКА ПЕРСПЕКТИВНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ, ИМЕЮЩИХ ГОЛОСОВУЮ ПОДДЕРЖКУ, С ФУНКЦИЕЙ АВТОМАТИЗАЦИИ ОЦЕНКИ НАВЫКОВ ДИСПЕТЧЕРОВ ПО УПРАВЛЕНИЮ ВОЗДУШНЫМ ДВИЖЕНИЕМ

В.Е. БОРИСОВ¹, В.А. БОРСОВ², А.А. БОНДАРЕНКО¹

¹Ульяновский институт гражданской авиации

им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, г. Ульяновск, Россия

²Институт аэронавигации, г. Москва, Россия

По данным Всемирной организации здравоохранения число потенциальных патогенов во всем мире очень велико, что повышает вероятность возникновения новой пандемии. Воздействие новой коронавирусной инфекции (Covid-19) на все сферы деятельности человека, в том числе и на авиатранспортную отрасль, показало, что необходимо учитывать возможности ее функционирования в новых условиях. В процессе исследования была рассмотрена возможность использования автоматизированных модульных тренажерных систем для подготовки диспетчеров УВД в режиме удаленного доступа. В известных тренажерах не реализована обоснованная инструментальная процедура измерения полученных навыков по обслуживанию воздушного движения, и оценку их освоения осуществляет инструктор, реагирующий на основе своего опыта на действия обучаемого. Инструктору сложно контролировать развитие отдельных навыков и приходится полагаться на свой опыт. Для моделирования контура «диспетчер-пилот ВС» привлекаются псевдо-пилоты, вручную осуществляющие ввод параметров полета ВС и имитирующие радиообмен с экипажами. Известные тренажеры не позволяют проводить самостоятельные тренировки. В результате был сформирован облик и разработан перспективный тренажер с функцией автоматизации подготовки и голосовой поддержкой. Была проведена проверка эффективности предложенных решений по сравнению с традиционным подходом к тренажерной подготовке. В результате установлено, что после использования специального тренажера ошибки студентов уменьшились. Впоследствии тренажер был использован для практической подготовки студентов при организации дистанционного обучения в условиях пандемии (Covid-19). Проект показал свою жизнеспособность и возможность проведения удаленных тренировок диспетчеров УВД после соответствующей доработки перспективного тренажера.

Ключевые слова: управление воздушным движением, тренажерная подготовка, голосовая система, автоматизация.

ВВЕДЕНИЕ

В 2020 г. широкое распространение новой коронавирусной инфекции (Covid-19) стало серьезным препятствием для нормального функционирования авиатранспортной отрасли. Однако, несмотря на пандемию, возросла потребность в срочной доставке медицинских препаратов и оборудования. Провайдеры аэронавигационных услуг продолжали обслуживать воздушное движение. В начале июня 2020 г. остро встал вопрос о прохождении курсов повышения квалификации диспетчеров по управлению воздушным движением (УВД) Госкорпорации по ОрВД. Распространение новой коронавирусной инфекции оказало влияние на все виды деятельности человека, в том числе на процесс подготовки и повышения квалификации авиационного персонала, что актуализировало поиск новых форм и методов подготовки. В докладе Министра науки и высшего

образования России В.Н. Фалькова в рамках VI заседания Общественного совета при Минобрнауки России отмечается, что при работе вузов в условиях пандемии проявилась необходимость разработки и реализации новой комбинированной модели образовательного процесса¹.

По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) число потенциальных патогенов во всем мире очень велико, а перечень заболеваний, имеющих эпидемический потенциал, не является исчерпывающим и в нем не указаны наиболее вероятные причины следующей эпидемии. В начале этого года ВОЗ опубликовала список патогенов, которые могут вызвать следующую глобальную пандемию². По данным университета Джона Хопкинса в дикой природе может существовать еще порядка 1,7 миллиона нераскрытых вирусов, а рост численности населения и стремительные экологические изменения повышают вероятность появления новой эпидемии уже в ближайшем будущем³. Это потребует готовности основных видов деятельности к новым вызовам.

В этих условиях необходимо совершенствование методов подготовки и повышения квалификации авиационного персонала с использованием дистанционных форм подготовки наряду с традиционным обучением. Здесь следует отметить, что подготовка диспетчеров УВД только с использованием дистанционных образовательных технологий недопустима, а их применение в качестве одного из элементов подлежит всесторонней оценке [1].

Преыдушие исследования в области применения дистанционного обучения при подготовке авиационного персонала в основном были направлены на автоматизацию теоретической подготовки и внедрение автоматизированных обучающих систем (АОС). При этом методы автоматизации процесса приобретения навыков по обслуживанию воздушного движения с помощью автоматизированных тренажерных систем исследованы недостаточно.

Направлениями совершенствования практической подготовки диспетчеров УВД с использованием тренажеров являются организация самостоятельной подготовки студентов с контролем со стороны инструкторов, в том числе в режиме удаленного доступа, и разработка перспективных тренажеров, имеющих голосовую поддержку, с функцией автоматизации оценки навыков.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В процессе исследования была рассмотрена возможность использования автоматизированных модульных тренажерных систем для подготовки диспетчеров УВД. Практическое обучение диспетчеров УВД на тренажере заключается в выработке сложных навыков по обслуживанию воздушного движения (ОВД), декомпозируемые на более простые навыки [2]. Применительно к обучению диспетчеров УВД можно выделить три типа навыков: моторные, когнитивные и метакогнитивные, которые развиваются со временем в процессе их практического освоения. На начальном этапе обучения новые задачи воспринимаются диспетчером УВД как когнитивно требовательные, но по мере их освоения некоторые из когнитивных действий становятся автоматизированными и поэтому навык требует меньше усилий для его выполнения. В процессе дальнейшего обучения это дает обучаемому возможность и способность находить решения для более сложных задач⁴. В известных тренажерах не реализована обоснованная инструмен-

¹ Министерство науки и высшего образования Российской Федерации. Материалы VI заседания общественного совета при Минобрнауки России 03.07.2020. [Электронный ресурс]. URL: https://minobrnauki.gov.ru/ru/press-center/card/?id_4=2777 (дата обращения: 15.07.2020).

² Всемирная организация здравоохранения. Определение приоритетности болезней для научных исследований и разработок в чрезвычайных ситуациях [Электронный ресурс]. URL: <https://www.who.int/activities/prioritizing-diseases-for-research-and-development-in-emergency-contexts> (дата обращения: 15.07.2020).

³ Live Science. Why Scientists Are Rushing to Hunt Down 1.7 Million Unknown Viruses The Learning Company [Электронный ресурс]. URL: <https://www.livescience.com/61848-scientists-hunt-unknown-viruses.html> (дата обращения: 15.07.2020).

⁴ Руководство по обучению и оценке диспетчеров УВД на основе компетенций. Doc.10056. ICAO, 2016.

тальная процедура измерения полученных навыков и степень освоения навыков по ОВД осуществляет инструктор, реагирующий на основе своего опыта на действия обучаемого в процессе моделирования воздушного движения [3].

Исследования реальных процессов ОВД позволяют утверждать, что изменение интенсивности воздушного движения $\lambda_{вд}$ и плотности потока ВС $\rho_{вс}$ с течением времени можно рассматривать как одномерные стационарные Марковские процессы и редкие выбросы, характеризующие усложнение воздушной обстановки [4]. Взяв их за основу при моделировании тренажерной подготовки, можно создать обучающие последовательности, формирующие необходимую степень подготовки, состоящую из заданной последовательности навыков $S = \{S_1, S_2, \dots, S_n\}$.

Процесс приобретения профессиональных навыков диспетчером УВД с достаточной степенью приближения можно описать уравнением:

$$\frac{1}{\alpha} \frac{dS}{dT} + S = Z, \quad (1)$$

где S – степень подготовки; Z – заданный уровень подготовки; T – общее время на тренажерную подготовку; α – параметр процесса обучения, характеризующий его скорость.

Заданный уровень подготовки можно рассматривать как составной комплексный критерий, представленный как совокупность частных показателей, которые в свою очередь характеризуют подготовку диспетчера УВД по различным критериям. Некоторые параметры поддаются инструментальной оценке как частные показатели, полученные в результате сравнения измеряемых параметров [5]. Каждому частному показателю соответствуют весовые коэффициенты, характеризующие меру значимости каждого показателя. Весовые коэффициенты значимости частных показателей определяют суммарное значение комплексного критерия уровня подготовки. Причем базовые значения весовых коэффициентов различны для каждого этапа подготовки и изменяются при проигрыше контрольного упражнения k в зависимости от сложности упражнений [6, 7]. Расчет параметров подготовки диспетчера УВД может быть представлен в виде выражения:

$$Z_k = \sum_{n=1}^S W_n^k I_n, \quad (2)$$

где W_n^k – весовые коэффициенты, характеризующие меру значимости n -го частного показателя при выполнении k -го упражнения; $k=1, m, I_n$ – частные показатели, определяющие уровень подготовки. При этом соблюдается условие:

$$\sum_{n=1}^S W_n^k = 1 \quad W_n^k \geq 0. \quad (3)$$

Итоговый уровень подготовки определяется по комплексу контрольных упражнений:

$$Z_s = \sum_{k=1}^{k=m} Z_k. \quad (4)$$

Частные показатели нормируются относительно их предельных значений:

$$I_n^p = I_n / I_n^p, \quad (5)$$

где I_n^p – нормированное значение частного показателя; $I_n^p \geq I_n$ и $0 \leq I_n^p \leq 1$ [8, 9].

В процессе исследования был проведен анализ современных тренажеров для подготовки диспетчеров УВД отечественного и зарубежного производства, который позволил выделить общие конструктивные элементы и принципы построения известных тренажеров (рис. 1).

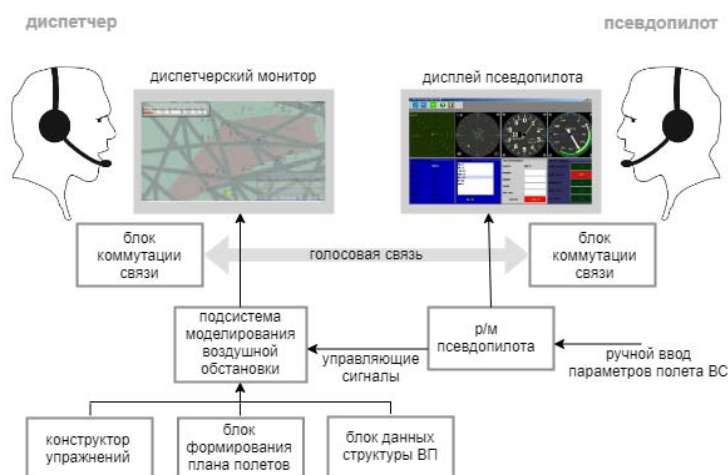


Рис. 1. Обобщенная схема тренажера УВД
Fig. 1. Generalized diagram of ATC simulator

Основным элементом тренажера является рабочее место диспетчера УВД со средствами отображения информации и связи (пульт диспетчера) с заданной степенью достоверности воспроизводящее реальные органы управления и отображения информации. Для моделирования контура «диспетчер-пилот ВС» привлекаются пилоты-операторы (псевдо-пилоты), когда через симуляцию радиосвязи диспетчер передает команды псевдо-пилотам, которые соответствующим образом «управляют» воздушными судами (ВС) и «ведут радиосвязь» с диспетчером. В зависимости от количества ВС, за которых должен работать псевдо-пилот, ввод параметров их движения и радиообмен приводит к очень высокой рабочей нагрузке. Иногда это вызывает задержки или ошибочные ответы пилота. Очевидно, что способность псевдо-пилотов правильно и своевременно реагировать на команды диспетчера имеет решающее значение для качества моделирования. Поэтому требуется хорошая подготовка и достаточное количество псевдо-пилотов. К примеру, в тренажере «Эксперт» для четырнадцати рабочих мест требуется не менее семи псевдо-пилотов.

Известные тренажеры не обеспечивают в полном объеме проведение всех видов тренировок [10]. При традиционном подходе к тренажерной подготовке модульный этап обучения предполагает наличие одного псевдо-пилота и одного инструктора для одного студента, что на практике не всегда осуществимо [11]. Федеральные государственные образовательные стандарты⁵ предусматривают самостоятельную подготовку студентов в объеме до 60% учебного вре-

⁵ Федеральный государственный образовательный стандарт высшего профессионального образования по направлению подготовки (специальности) 162001 эксплуатация воздушных судов и организация воздушного движения (квалификация (степень) "специалист"), утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 24 января 2011 г. № 83.

мени, однако существующие подходы к тренажерной подготовке не предусматривают самостоятельные тренировки на тренажере, т.к. в известных тренажерах не реализована инструментальная процедура измерения навыков, полученных обучаемым.

ОБСУЖДЕНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

В результате был сформирован облик перспективного тренажера для подготовки диспетчеров УВД, обеспечивающего весь цикл подготовки за счет поддержки проведения полного автоматизированного обучения, имеющего встроенную голосовую систему, имитирующую ведение радиообмена с экипажами. Перспективный тренажер должен относиться к классу высокоточных тренажеров, полностью имитировать воздушную обстановку, иметь интуитивно понятный интерфейс и базу упражнений. Конструктивно разрабатываться по модульному принципу с возможностью изменения и наращивания количества модулей.

Наиболее сложными задачами на пути реализации данного проекта стали: автоматизация тренажерной подготовки и голосовое управление. Предыдущие исследования показывают, что основные трудности при решении задачи автоматизации тренажерной подготовки специалистов по управлению воздушным движением заключаются в отсутствии инструментов и обоснованной процедуры измерения уровня подготовки [12]. В результате проведенных исследований была предложена адекватная процедура измерения полученных навыков и разработаны сложные алгоритмы управления тренажерной подготовкой, основанные на комплексном критерии [13, 14]. В частности предложено декомпозировать условную задачу по ОВД на отдельные операции, в которых можно выделить количественные значения контролируемых параметров. Отдельная задача представляется как совокупность навыков, результат освоения которых можно выразить количественно. Инструментальная процедура измерения навыков основывается на выделении контролируемых параметров, имеющих количественное выражение.

При решении задачи по разработке голосовой системы был использован метод языкового моделирования как менее ресурсоемкий по сравнению с методом акустического моделирования. Для построения нейронной сети использовалось приложение в Python с библиотекой Speech Recognition. Был использован метод контекстного распознавания речи [15] с транскрибированием определённого сегмента аудиофайла, без транскрибирования полной речи, т.к. радиообмен содержит ограниченное количество фонем. Системе достаточно распознать позывной ВС и подаваемую команду соответствующим фонемам, сравнить их с образцами в словаре и принять наиболее вероятную модель (табл. 1) [16]. Задача состоит в подборе параметров модели $\lambda = \{A, B, \pi\}$ по максимальному значению вероятности P соответствия заданной последовательности фонем.

Таблица 1
Table 1

Перечень команд в словаре
List of commands in the dictionary

№	Команда	№	Команда	№	Команда	№	Команда
1.	ONE	6.	SIX	11.	CLIMB TO	16.	FLY HEADING
2.	TWO	7.	SEVEN	12.	DESCEND TO	17.	RESUME OWN NAVIGATION
3.	THREE	8.	EIGHT	13.	FLIGHT LEVEL	18.	SIBERIA
4.	FOUR	9.	NINE	14.	TURN RIGHT	19.	AEROFLOT
5.	FIVE	10.	ZERO	15.	TURN LEFT	20.	CORRECTION

Первоначальный словарь содержал 20 команд. Параметры акустического канала: полоса пропускания в пределах 300–3500 Гц с адаптацией к акустической среде по фрагментам шума суммарной длиной не менее трех секунд. Вероятность правильного распознавания составляет – 83–85% при $SNR_3 = 0 \dots 6$ дБ. Программный сегмент моделирования воздушной обстановки был разработан в среде графического программирования Unity 3D на языке программирования C#. Движение ВС на экране монитора воссоздано на основе математических алгоритмов и векторных уравнений. Тренажер позволяет осуществлять тренировку в эшелонировании ВС и управлении ВС по направлению, в том числе выполнение процедуры векторения.

С целью проверки эффективности предложенных решений по сравнению с традиционным подходом к тренажерной подготовке была проверена эффективность автоматизированного тренажера в течение 2019 г. в процессе обучения студентов. В экспериментальную и контрольную группу были отобраны студенты диспетчеры УВД по 35 человек в каждую группу в целях выдерживания коэффициента корреляции выше 0,35. В группы были отобраны в равном количестве студенты мужского и женского пола в возрасте от 22 до 23 лет с одинаковым начальным уровнем подготовки таким образом, чтобы в экспериментальную группу были отобраны испытуемые с соответствующими характеристиками, представляющими генеральную совокупность. В связи с тем, что при проведении эксперимента исследовались поведенческие аспекты, такие, как параметры вербального и невербального поведения, в качестве зависимых переменных были выбраны: точность и время реакции, выраженных через количество ошибок, и время, затраченное испытуемыми на решение поставленных задач. Эффективность тренажера оценивалась по времени освоения процедуры векторения ВС. В качестве регистрируемых параметров были выбраны: погрешность в определении курса ВС $\Delta\psi_{bc}$ в градусах и время принятия решения t в микросекундах. Перед началом экспериментальной проверки была проведена проверка однородности групп по параметрическому критерию.

В результате было установлено, что после использования специального тренажера значения регистрируемых параметров стали выше в экспериментальной группе. Выборочные дисперсии для оценки погрешности в определении курса ($\Delta\psi_{bc}$): $S_{x1}^2 = 36,585$ – в экспериментальной группе, $S_{y1}^2 = 27,701$ – в контрольной группе, стандартная ошибка разности арифметических средних: $\sigma_{x-y} = 1,898$, а $t_{эмп.} = 2,29$ для оценки погрешности в определении курса ($t_{эмп.} = 2,29 < t_{крит.} = 1,995$) и $S_{x2}^2 = 29,806$, $S_{y2}^2 = 23,115$, $\sigma_{x-y} = 1,556$, $t_{эмп.} = 2,205$ соответственно для оценки времени реакции ($t_{эмп.} = 2,205 < t_{крит.} = 1,995$). Для доказательства причинности связи между дополнительными тренировками с применением специального тренажера и повышением общего уровня навыков по ОВД была проведена проверка для двух связанных выборок с равным числом измерений в каждой и сделан вывод об эффективности экспериментального воздействия.

По результатам выполнения каждого упражнения фиксировались: $\bar{\delta}_{i,j,k}$ - средняя ошибка определения заданного курса j -м студентом во время выполнения i -го упражнения в k -й день; тренировки; $\bar{t}_{i,j,k}$ - среднее время реакции j -го студента во время выполнения i -го упражнения в k -й день тренировки [17]. В результате были получены средние значения ошибок определения курса и времени реакции:

$$\bar{\Delta}_{k,j} = \sum_{i=1}^{N_k} \bar{\delta}_{i,j,k}, \quad \bar{T}_{k,j} = \sum_{i=1}^{N_k} \bar{t}_{i,j,k}, \quad (6)$$

где N_k – число выполненных упражнений в k -м дне тренировки.

Полученные данные использовались для расчета средней ошибки определения курса ВС и среднего времени реакции всех студентов по дням тренировки. Зависимость времени реакции от количества тренировочных дней k приведена на рис. 2.

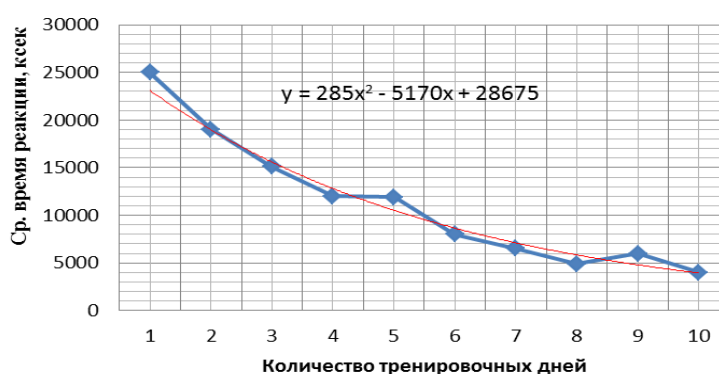


Рис. 2. Зависимость времени реакции от количества тренировочных дней
Fig. 2. Dependence of reaction time on the number of training days

Коэффициент корреляции между временем реакции и числом тренировочных занятий составил $-0,934$, то есть он обладает высокой силой связи. Эксперимент показал, что после применения автоматизированного тренажера с голосовым управлением ошибки студентов уменьшились на $18,57\%$.

Впоследствии тренажер был использован для практической подготовки студентов при организации дистанционного обучения в условиях пандемии, т.к. с программной точки зрения тренажер изначально состоял из клиентской и серверной частей, был построен на основе ПК и не требовал дорогостоящей аппаратной составляющей. Это позволило после срочной доработки серверной части использовать тренажер в режиме удаленного доступа для проведения тренировок студентов. В тренировках участвовало 84 студента в течение 1,5 месяцев. Тренажер использовался в полуавтоматическом режиме с привлечением псевдо-пилотов из числа студентов. При этом голосовая поддержка использовалась частично.

В результате была проведена апробация возможностей проведения тренировок как локально с модулей тренажерного центра, так и удаленно через специальную интернет платформу, и предложена схема организации удаленного доступа к автоматизированному модульному тренажеру (рис. 3).

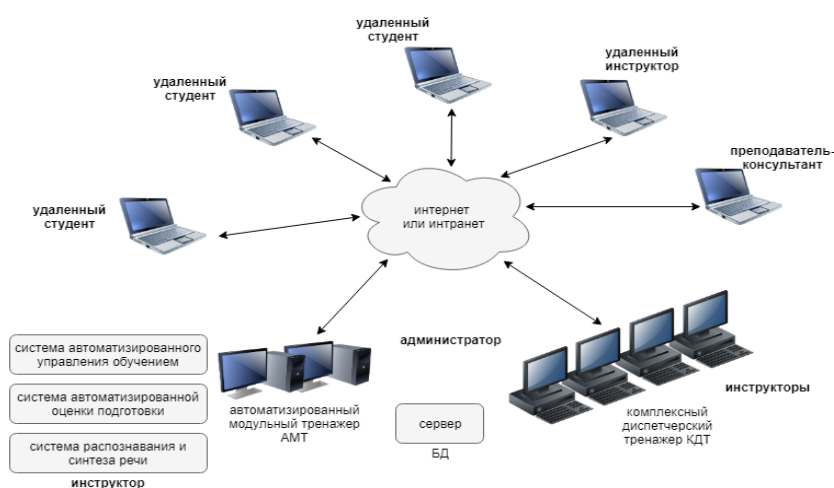


Рис. 3. Организация удаленного доступа к тренажеру
Fig. 3. Organization of remote access to the simulator

Проект показал свою жизнеспособность и возможность проведения удаленных тренировок диспетчеров УВД после соответствующей доработки перспективного тренажера.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе исследований показано, что из-за отсутствия в известных тренажерах обособленной инструментальной процедуры измерения полученных навыков по ОВД их оценку осуществляет инструктор, который на основании этого выполняет корректирующие действия. При этом инструктору не представляется возможным наблюдать за мыслительными процессами обучаемого и ему сложно контролировать развитие, например, таких компетенций, как ситуационная осведомленность, алгоритмы принятия решений и др. Делать выводы он может лишь из результатов действий обучаемого, что не всегда является следствием своевременных и правильных решений. Порой это ведет к неверным оценочным решениям из-за необходимости оценивать широкий спектр возможных проблем при обучении и причин их возникновения. К ним можно отнести случаи, когда обучаемый не использует инструменты и оборудование, повышающие эффективность ОВД, либо чрезмерно их использует и не уделяет достаточного внимания оценке воздушной обстановки, длительно обдумывает свои действия из-за недостаточности освоения стандартных процедур и т.д. Для полноценной подготовки каждому обучаемому, в идеале, необходим один инструктор, что на практике, как правило, не реализуется по соображениям рентабельности. Поэтому инструктору нужны инструменты для качественной оценки навыков обучаемых. Кроме того, известные тренажеры не приспособлены для тренировок диспетчеров УВД в режиме удаленного доступа, что снижает их эффективность в новых условиях.

Таким образом, направлениями совершенствования тренажерной подготовки диспетчеров по управлению воздушным движением могут являться:

1. Разработка перспективных тренажеров, имеющих голосовую поддержку, с функцией автоматизации оценки навыков по значениям среднеквадратических отклонений характеризующих уменьшение допускаемых погрешностей на основе оценки заданных параметров.
2. Использование перспективных тренажеров как элемента самостоятельной подготовки диспетчеров УВД с контролем со стороны инструкторов, в том числе в режиме удаленного доступа.
3. Организация тренажерной подготовки, основанной на чередовании комплексных и самостоятельных тренировок диспетчеров УВД.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Updegrave J.A., Jafer S.** Optimization of air traffic control training at the Federal Aviation Administration Academy [Электронный ресурс] // *Aerospace*. 2017. Vol. 4, iss. 4. 50. DOI: <https://doi.org/10.3390/aerospace4040050> (дата обращения 20.08.2020).
2. **Борисов В.Е., Карнаухов В.А.** Методы формализации тренажерной подготовки диспетчеров управления воздушным движением // «Перспективы развития науки и образования»: материалы международной научно-практической конференции. Тамбов, 30 декабря 2017 г. С. 16–19.
3. **Arminena I., Koskela I., Palukka H.** Multimodal production of second pair parts in air traffic control training // *Journal of Pragmatics*. 2014. Vol. 65. Pp. 46–62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pragma.2014.01.004>
4. **Крыжановский Г.А., Цепляев Ю.Ф.** К задаче управления процессами профессиональной подготовки авиадиспетчеров для автоматизированных систем управления воздушным движением // *Автоматика и телемеханика*. 1994. № 6. С. 140–153.
5. **Крыжановский Г.А., Купин В.В.** Развитие подходов к построению адаптивных автоматизированных систем управления воздушным движением. Часть I. Модели проблемно-

предметной области и деятельности оператора // Вестник Санкт-Петербургского ГУГА. 2016. № 2 (11). С. 38–51.

6. **Лебедев А.М., Юганова Н.А.** Представление критерия качества функцией, аргументами которой являются контролируемые параметры // Научный Вестник МГТУ ГА. 2009. № 149. С. 176–178.

7. **Борисов В.Е., Борсоев В.А., Губерман И.Б.** Методика построения программно-аппаратного комплекса для подготовки офицеров боевого управления // Организация воздушного движения и безопасность полетов. 2019. № 8. С. 25–27.

8. **Иванов А.Ю., Панкова О.В., Плясовских А.П.** Использование искусственного интеллекта в тренажёрных системах обучения руководству полётами на авиационных полигонах // Вестник воздушно-космической обороны. 2014. № 4 (4). С. 108–112.

9. **Лапшин Э.В., Кемалов Б.К., Куатов Б.Ж.** Проектирование авиационных тренажёров с распараллеливанием вычислительных процессов // Надежность и качество сложных систем. 2016. № 4 (16). С. 128–141. DOI: 10.21685/2307-4205-2016-4-18

10. **Arico P.** A passive brain-computer interface application for the mental workload assessment on professional air traffic controllers during realistic air traffic control tasks / P. Arico, G. Borghini, G.Di. Flumeri, A. Colosimo, S. Pozzi, F. Babiloni // Progress in Brain Research. 2016. Vol. 228. Pp. 295–328. DOI: 10.1016/bs.pbr.2016.04.021

11. **Reva O.** Ergonomic assessment of instructors capability to conduct personality-oriented training for air traffic control (ATC) personnel / O. Reva, S. Borsuk, V. Shulgin, S. Nedbay // Advances in Intelligent Systems and Computing. 2020. Vol. 964. Pp. 783–793. DOI: 10.1007/978-3-030-20503-4_70

12. **Коваленко Г.В.** Совершенствование профессиональной подготовки летного и диспетчерского составов / Г.В. Коваленко, Г.А. Крыжановский, Н.Н. Сухих, Ю.Е. Хорошавцев. М.: Транспорт, 1996. 319 с.

13. **Лапшин Э.В.** Исследование информационных процессов, протекающих в тренажерах // Надежность и качество сложных систем. 2013. № 2 (2). С. 87–93.

14. **Горенков А.Н.** Современные тренажерные и моделирующие комплексы в системе профессиональной подготовки специалистов УВД // Транспортное дело России. 2016. № 4. С. 70–73.

15. **Иванов А.Ю., Астапов К.А., Плясовских А.П.** Некоторые вопросы построения систем голосового управления в тренажерных комплексах управления воздушным движением гражданской авиации // Научный Вестник МГТУ ГА. 2013. № 198. С. 129–135.

16. **Rustamov S.** Speech recognition in flight simulator / S. Rustamov, E. Gasimov, R. Hasanov, S. Jahangirli, D. Usikov, E. Mustafayev // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering «Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference», 2018. Vol. 459. ID 012005. 5 p. DOI: 10.1088/1757-899X/459/1/012005

17. **Купин В.В.** Количественные характеристики мотивационной готовности активного элемента при управлении воздушным движением // Вестник Санкт-Петербургского ГУГА. 2017. № 4 (17). С. 38–51.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Борисов Владимир Евгеньевич, заведующий кафедрой управления воздушным движением и навигации Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, ve_borisov@mail.ru.

Борсоев Владимир Александрович, доктор технических наук, заведующий кафедрой навигационного обеспечения полетов и аэронавигационной информации Института аэронавигации, borsoev@aeronav.aero.

Бондаренко Александр Аркадьевич, кандидат технических наук, декан факультета летной эксплуатации и управления воздушным движением Ульяновского института гражданской авиации им. Главного маршала авиации Б.П. Бугаева, baa69@yandex.ru.

DEVELOPMENT OF ADVANCED VOICE-SUPPORTED SIMULATORS WITH THE FUNCTION OF AUTOMATED ESTIMATION OF AIR TRAFFIC CONTROLLERS SKILLS

Vladimir E. Borisov¹, Vladimir A. Borsoev², Alexander A. Bondarenko¹

¹ *Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Air Chief Marshal B.P. Bugaev, Ulyanovsk, Russia*

² *Air Navigation Institute, Moscow, Russia*

ABSTRACT

According to the World Health Organization, the number of potential pathogens worldwide is very high, which increases the likelihood of a new pandemic. The impact of the new coronavirus infection (Covid-19) on all spheres of human activity, including the air transport industry, has shown that it is necessary to take into account the possibilities of its functioning under the new conditions. During the research, the possibility of using automated modular training systems for the air traffic controllers training in the remote access mode has been considered. The well-known simulators do not implement a justified instrumental procedure for measuring the acquired skills in air traffic services and the assessment of their development is carried out by the instructor, who reacts to the student's actions on the basis of his experience. It is difficult for the instructor to control the development of a student's individual skills and he has to rely on his own experience. To simulate the controller-pilot contour, pseudo-pilots are involved, manually changing the flight parameters of the aircraft and simulating R/T communication. The well-known simulators do not allow independent training. As a result, a conceptual design was formed and a promising simulator with the function of training automation and voice support was developed. The effectiveness of the proposed solutions was tested in comparison with the traditional approach to simulator training. Eventually it was found that after using a special simulator, students' mistakes decreased. Subsequently, the simulator was used for practical training of students providing the distance learning in circumstances of pandemics (Covid-19). The project showed its viability and the ability to conduct remote training of air traffic controllers, after appropriate refinement of the promising simulator.

Key words: air traffic control, simulator training, voice system, automation.

REFERENCES

1. **Updegrave, J.A. and Jafer, S.** (2017). *Optimization of air traffic control training at the Federal Aviation Administration Academy*. Aerospace, vol. 4, issue 4, 50. DOI: <https://doi.org/10.3390/aerospace4040050> (accessed 20.08.2020).
2. **Borisov, V.E. and Karnaukhov, V.A.** (2017). *Metody formalizatsii trenazhernoy podgotovki dispetcherov upravleniya vozdushnym dvizheniyem* [Methods for formalizing ATC simulator training]. «Perspektivy razvitiya nauki i obrazovaniya»: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Materials of the international scientific and practical conference «Perspectives of the science and education development»], pp. 16–19. (in Russian)
3. **Arminena, I., Koskela, I. and Palukka, H.** (2014). *Multimodal production of second pair parts in air traffic control training*. Journal of Pragmatics, vol. 65, pp. 46–62. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pragma.2014.01.004>
4. **Kryzhanovsky, G.A. and Tseplyaev, Yu.F.** (1994). *On professional training of dispatchers for computerized systems of air traffic control*. Avtomatika i telemekhanika, no. 6, pp. 140–153. (in Russian)

5. **Kryzhanovsky, G.A. and Kupin, V.V.** (2016). *Development of approaches to creating the adaptive automated systems for air traffic control. Part I. The problem domain and operator's activity models.* Vestnik Sankt-Peterburgskogo GUGA, no. 2 (11), pp. 38–51. (in Russian)
6. **Lebedev, A.M. and Yuganova, N.A.** (2009). *The representation of the performance criterion as a function with the controllable parametric variables as the function argument.* Nauchnyy Vestnik MGTU GA, no. 149, pp. 176–178. (in Russian)
7. **Borisov, V.E., Borsoev, V.A. and Guberman, I.B.** (2019). *Metodika postroyeniya programmno-apparatnogo kompleksa dlya podgotovki ofitserov boyevogo upravleniya* [Methods of building a hardware and software complex for combat control training officers]. Air traffic management and flight safety, no. 8, pp. 25–27. (in Russian)
8. **Ivanov, A.Yu., Pankova, O.V. and Plyasovskikh, A.P.** (2014). *Use of artificial intelligence in training systems of flighting management on air firing ground.* Vestnik vozdushno-kosmicheskoy oborony, no. 4 (4), pp. 108–112. (in Russian)
9. **Lapshin, E.V., Kemalov, B.K. and Kuatov, B.Zh.** (2016). *Proyektirovaniye aviatsionnykh trenazherov s rasparallelivaniyem vychislitelnykh protsessov* [Designing flight simulators with parallel computing processes]. Reliability & Quality of Complex Systems, no. 4 (16), pp. 128–141. DOI: 10.21685/2307-4205-2016-4-18. (in Russian)
10. **Arico, P., Borghini, G., Flumeri, G.Di., Colosimo, A., Pozzi, S. and Babiloni, F.** (2016). *A passive brain-computer interface application for the mental workload assessment on professional air traffic controllers during realistic air traffic control tasks.* Progress in Brain Research, vol. 228, pp. 295–328. DOI: 10.1016/bs.pbr.2016.04.021
11. **Reva, O., Borsuk, S., Shulgin, V. and Nedbay, S.** (2020). *Ergonomic assessment of instructors capability to conduct personality-oriented training for air traffic control (ATC) personnel.* Advances in Intelligent Systems and Computing, vol. 964, pp. 783–793. DOI: 10.1007/978-3-030-20503-4_70
12. **Kovalenko, G.V., Kryzhanovsky, G.A., Sukhikh, N.N. and Khoroshavtsev, Yu.E.** (1996). *Sovershenstvovaniye professionalnoy podgotovki letnogo i dispetcherskogo sostavov* [Improvement of flight crew and ATC professional training]. Moscow: Transport, 319 p. (in Russian)
13. **Lapshin, E.V.** (2013). *Issledovaniye informatsionnykh protsessov, protekayushchikh v trenazherakh* [The research of information processes occurring in simulators]. Reliability & Quality of Complex Systems, no. 2 (2), pp. 87–93. (in Russian)
14. **Gorenkov, A.N.** (2016). *Modern simulator and modeling complex in the system of professional training atc.* Transport Business of Russia, no. 4, pp. 70–73. (in Russian)
15. **Ivanov, A.Yu., Astapov, K.A. and Plyasovskikh, A.P.** (2013). *Some questions of making voice command systems with apply in air traffic control training complexes.* Nauchnyy Vestnik MGTU GA, no. 198, pp. 129–135. (in Russian)
16. **Rustamov, S., Gasimov, E., Hasanov, R., Jahangirli, S., Usikov, D. and Mustafayev, E.** (2018). *Speech recognition in flight simulator.* IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. «Aegean International Textile and Advanced Engineering Conference», ID 012005, 5 p. DOI: 10.1088/1757-899X/459/1/012005
17. **Kupin, V.V.** (2017). *Kolichestvennyye kharakteristiki motivatsionnoy gotovnosti aktivnogo elementa pri upravlenii vozdushnym dvizheniyem* [Quantitative characteristics of the motivational readiness of an active element in air traffic control]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo GUGA, no. 4 (17), pp. 38–51. (in Russian)

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vladimir E. Borisov, Head of the Air Traffic Management and Navigation Chair, Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Air Chief Marshal B.P.Bugaev, ve_borisov@mail.ru.

Vladimir A. Borsoev, Doctor of Technical Sciences, Head of the Navigation Support of Flights and Aeronautical Information Chair, Air Navigation Institute, borsoev@aeronav.aero.

Alexander A. Bondarenko, Candidate of Technical Sciences, Dean of the Faculty of Flight Operation and Air Traffic Management, Ulyanovsk Institute of Civil Aviation named after Air Chief Marshal B.P. Bugaev, baa69@yandex.ru.

Поступила в редакцию 07.10.2020
Принята в печать 26.11.2020

Received 07.10.2020
Accepted for publication 26.11.2020