

УДК 371.693.4

DOI: 10.26467/2079-0619-2023-26-4-31-49

Использование интерактивного макета кабины экипажа самолета ДА-42Т в учебном процессе

А.С. Князев¹, А.Ю. Попов¹, Е.А. Романцов¹

¹ *Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков,
г. Краснодар, Россия*

Аннотация: При проведении учебных занятий в авиационном вузе целесообразно демонстрировать образцы авиационной техники, отдельные элементы систем и агрегатов или использовать специализированные стенды и плакаты. Однако при изучении современных типов учебных воздушных судов, кабины которых содержат multifunctional индикаторы, при таком подходе возникают трудности в усвоении учебного материала. При изучении кабин с multifunctional индикаторами необходимо использовать интерактивные средства обучения, в которых индикаторы должны работать под питанием и иметь необходимый функционал. Обучение на реальной технике в одних случаях является невозможным, а в других нецелесообразным. Использование для обучения комплексного тренажера на учебных занятиях по различным дисциплинам ограничено в силу того, что тренажер предназначен в первую очередь для привития первичных навыков управления воздушным судном, а не для теоретического обучения. В статье рассматривается вопрос повышения качества обучения курсантов-летчиков при изучении порядка работы с арматурой кабины путем использования в учебном процессе вуза интерактивного макета кабины экипажа самолета ДА-42Т со всеми органами управления и индикации (за исключением РУС и педалей), включая два основных multifunctional индикатора и один резервный. Работа multifunctional индикаторов реализована в виде специальных устройств, имеющих дисплей и кнопочное обрамление, подключенных к специально разработанной программе на ПК, имитирующей работу информационной системы самолета. Для этого на основе информации из руководства по летной эксплуатации воспроизведены информационные кадры, отображаемые на multifunctional индикаторах в самолете ДА-42Т. Содержание разработанных кадров полностью повторяет индикацию в самолете ДА-42Т, способствуя повышению качества обучения и выработке практических навыков по работе на комплексном тренажере и в реальном самолете. Физические органы управления в макете кабины также соответствуют по внешнему виду и расположению органам управления в кабине настоящего самолета ДА-42Т. Описан порядок разработки имитаторов multifunctional индикаторов и макета кабины экипажа самолета ДА-42Т. Описаны возможности использования имитаторов multifunctional индикаторов и макета кабина самолета ДА-42Т в учебном процессе для повышения качества обучения. Описаны результаты проведенных исследований, представлены преимущества использования интерактивного макета кабины в учебном процессе.

Ключевые слова: макет кабины, кабина экипажа, ДА-42Т, центральная информационная система, multifunctional индикатор, SimInTech.

Для цитирования: Князев А.С., Попов А.Ю., Романцов Е.А. Использование интерактивного макета кабины экипажа самолета ДА-42Т в учебном процессе // Научный Вестник МГТУ ГА. 2023. Т. 26, № 4. С. 31–49. DOI: 10.26467/2079-0619-2023-26-4-31-49

The use of the interactive DA-42T aircraft cockpit mockup in the process-oriented training

A.S. Knyazev¹, A.Ju. Popov¹, E.A. Romantsov¹

¹ *Krasnodar Air Force Institute for Pilots, Krasnodar, Russia*

Abstract: When conducting training sessions at an aviation university, it is advisable to demonstrate samples of aeronautical equipment, individual elements of systems and accessories, or use specialized stands and posters. However, when studying modern types of training aircraft, the cockpits of which contain multifunction displays, complications arise when absorbing training

resources. When studying multi-function display cockpits, it is necessary to use interactive training devices in which displays must operate under power and possess the required capabilities. Training on hardware is impracticable in some cases, and inadvisable in others. The use of the integrated simulator for training in various disciplines is limited as the simulator is primarily designed to impart primary aircraft control skills rather than for classroom training. The article deals with the issue of upgrading pilot-trainees training skills during the familiarization with the cockpit equipment using an interactive DA-42T aircraft cockpit mockup with all the controls and indications (except for the control stick and pedals), including two primary multi-function displays and one backup, during the process-oriented training of the university. The operation of multi-function indicators is implemented in the form of special devices with a display and a push-button frame connected to a specially developed program on a PC that simulates the aircraft data system operation. For this purpose, to be based on information from the Aircraft Flight Manual, the information frames, shown on multi-function displays in the DA-42T aircraft, are reproduced. The content of the developed frames duplicates completely the DA-42T aircraft indication, contributing to improving academic study and acquiring practical skills to work on the integrated simulator as well as in a real aircraft. The physical cockpit mockup controls also correspond, in terms of the appearance and location, to the controls in the real DA-42T aircraft cockpit. The procedure to develop simulators of multi-function displays and the DA-42T aircraft cockpit mockup is described. The capabilities to use simulators of multi-function displays and the DA-42T cockpit mockup in the process-oriented training to upgrade skills are described. The conducted research results are described; the advantages of using the interactive cockpit mockup in the process-oriented training are presented.

Key words: cockpit mockup, cockpit, DA-42T, central data system, multi-function display, SimInTech.

For citation: Knyazev, A.S., Popov, A.Ju., Romantsov, E.A. (2023). The use of the interactive DA-42T aircraft cockpit mockup in the process-oriented training. Civil Aviation High Technologies, vol. 26, no. 4, pp. 31–49. DOI: 10.26467/2079-0619-2023-26-4-31-49

Введение

Как показывает мировой опыт обучения в авиационных учебных заведениях, для понимания принципов работы агрегатов и систем воздушного судна (ВС) необходим непосредственный контакт с авиационной техникой – физический или визуальный. В некоторых случаях обучение становится крайне затруднительным или неэффективным, пока описываемые агрегаты и системы не будут показаны в работе, в действии. Изложение учебного материала только с использованием плакатов или слайдов со схемами, графиками и статическими изображениями не позволяет в полной мере сформировать у обучающихся понимание и обеспечить глубокое усвоение излагаемого материала. Наиболее эффективным способом обучения работе в кабине экипажа является обучение на реальной технике, для чего, как правило, используются списанные ВС или авиационные тренажеры [1–8].

Одним из современных типов ВС, используемых в настоящее время для первоначальной летной подготовки, является учебно-тренировочный самолет ДА-42Т. В связи с отсутствием на текущий момент списанных экземпляров таких ВС изучение состава и размещения оборудования в кабине, обуче-

ние действиям в кабине перед полетом и в полете возможно только на исправных самолетах, находящихся в штатной численности авиационных подразделений, а также на комплексных тренажерах.

Проведение учебных занятий на авиационной технике, находящейся в эксплуатации, является нецелесообразным в силу нерационального использования ресурса бортовых агрегатов и систем. Кроме того, неграмотные действия обучающегося могут привести к выходу из строя оборудования, что может привести к снижению показателей исправности и боеготовности.

В связи с этим целесообразно проводить первичное обучение с использованием тренажеров. Согласно ГОСТ Р 57259-2016 «Тренажеры авиационные. Термины и определения» для обучения могут использоваться следующие виды тренажеров: комплексный тренажер, комплексный специализированный тренажер, тренажер навигационной системы и системы вооружения, пилотажный тренажер, пилотажно-навигационный тренажер, процедурный тренажер кабины экипажа, базовый тренажер для пилотирования по приборам, другое устройство для подготовки, компьютерные системы обучения, реконфигурируемый авиационный тренажер. Наибольшие возможности для достижения целей

обучения обеспечивают комплексные и процедурные тренажеры, имеющие в своем составе полноразмерные кабины экипажа.

В случае использования комплексных авиационных тренажеров промышленного изготовления с функцией визуализации закабинной обстановки для их размещения требуется значительная по площади территория, а также специально оборудованные помещения с установками электропитания и (или) гидропитания и другим необходимым оборудованием. В связи с большой стоимостью такие тренажеры поставляются штучно, из-за чего подготовка большого количества обучающихся может сильно затянуться или привести к необходимости сокращения часов налета на каждого курсанта. В такой ситуации дорогостоящий и постоянно загруженный тренажер не может использоваться при проведении учебных занятий по нескольким учебным дисциплинам, поэтому возникает актуальный вопрос о поиске альтернативных способов изучения состава кабины и отработки порядка действий в ней.

Данный проблемный вопрос может быть решен путем разработки и изготовления полноразмерных макетов кабины экипажа ВС своими силами. Однако в связи с тем, что кабины современных ВС оснащены многофункциональными индикаторами (МФИ), создание макета кабины с неработающими МФИ нецелесообразно. В связи с этим целью представленной работы является повышение качества обучения курсантов-летчиков за счет разработки и внедрения в учебный процесс интерактивных средств обучения – имитаторов МФИ и макета кабины экипажа самолета ДА-42Т, которые могут использоваться на учебных занятиях в любой учебной аудитории.

Задача по повышению качества подготовки военных летчиков является очень важной и имеет свои особенности при освоении современных типов учебных ВС, для чего необходимо использовать современные тренажеры [9]. В Краснодарском высшем военном авиационном училище летчиков (КВВАУЛ) на сегодняшний день уже есть пример создания современных авиационных

тренажеров своими силами. Это виртуальный тренажер трехмерной кабины самолета Л-39, работа с которым возможна с использованием технологии виртуальной реальности с 3D-очками [1–3]. Однако, несмотря на новизну деятельности и инновационность, данная разработка абстрагирует обучающегося от действительности, обучающийся управляет переключателями в виртуальной кабине путем манипуляций руками в воздухе, не ощущая тактильных воздействий. Такой подход не может обеспечить выработку мышечной памяти, что так важно при обучении работе с органами управления в реальной кабине во время отработки предполетных процедур и действий в особых случаях, в связи с чем прививаемые на виртуальном тренажере навыки не являются устойчивыми и качество такого обучения ниже, чем при использовании физического тренажера [10].

Методы и методология исследования

Небольшое количество комплексных авиационных тренажеров при подготовке большого количества специалистов приводит к необходимости ограничения времени подготовки для формирования необходимых знаний и умений. На практике результат такого обучения выражается в неуверенности в действиях в различных ситуациях. Представленная работа посвящена повышению качества подготовки специалистов по летной эксплуатации авиационных комплексов путем использования в процессе обучения интерактивного макета кабины экипажа учебно-тренировочного самолета ДА-42Т с достоверным расположением органов управления и индикации.

Повышения качества обучения можно достичь при соответствующем обеспечении наглядными средствами обучения. Макет кабины в условиях аудиторного обучения представляет собой достаточно простое и наиболее функциональное средство обучения, позволяющее во время учебных занятий и во время самостоятельной работы уделить до-

статочное количество времени для изучения органов управления и индикации в кабине экипажа учебного ВС, запомнить порядок и последовательность работы с ними, а также отработать необходимые действия в спокойной обстановке, без спешки.

В настоящее время макет кабины самолета ДА-42Т отдельно от комплексного тренажера, включающего в себя систему визуализации закабинной обстановки с широкоформатным цилиндрическим экраном и проекторами, производителями авиационных тренажеров не поставляется, поэтому для достижения цели был самостоятельно разработан и изготовлен макет кабины экипажа самолета ДА-42Т. В открытых источниках можно найти примеры самостоятельного создания кабин ВС в качестве средства обучения [11, 12], однако в них рассмотрены кабины с аналоговыми приборами. Задача по созданию макета кабины экипажа ВС с действующими МФИ была решена самостоятельно.

Интерактивный макет кабины экипажа ВС позволяет обучающемуся задействовать все органы чувств для восприятия обстановки в кабине, привыкнуть к расположению органов управления и выработать мышечную память при работе с органами управления. В связи с этим использование интерактивного макета позволяет обучающимся преодолеть чувство «боязни кабины» путем применения их теоретических знаний на практике, что помогает снизить волнение и напряженность при работе на тренажере заводского исполнения, а также повысить уверенность в своих действиях при переходе к работе в кабине настоящего ВС.

Достижение поставленной цели стало возможным благодаря решению следующих задач.

1. Разработка чертежей кабины в масштабе 1 : 1.
2. Разработка имитатора многофункционального индикатора (МФИ).
3. Размещение на приборной панели органов управления – выключателей, кнопок, автоматов защиты кнопочных, энкодеров, ручек управления, а также переключателей

и тумблеров, кнопок на обрамлении имитаторов МФИ, и их подключение к ПК.

4. Размещение и подключение органов индикации – имитаторов МФИ (3 шт.) и светодиодных сигнализаторов.

В результате обучающиеся могут не только теоретически изучить состав и размещение органов управления в кабине, но и знакомиться с индикацией, а также отрабатывать процедуры предполетной подготовки при взаимодействии с бортовым комплексом через имитаторы МФИ.

Основным средством индикации в кабине разработанного тренажера является имитатор МФИ, который изготовлен с использованием монитора IBM 4820 (рис. 1, а). Корпус этого монитора позволяет удобно разместить кнопки на обрамлении дисплея так же, как в настоящем МФИ, а размеры его дисплея точно соответствуют размерам дисплея МФИ в самолете ДА-42Т (диагональ 10 дюймов). Для создания имитатора резервного МФИ был использован монитор INNOLUX AT056TN53 (диагональ 5,6 дюйма).

В качестве устройства для подключения кнопок к ПК выбрана плата Arduino Nano (рис. 2) на основе микроконтроллера ATmega328. Плата Arduino Nano имеет логическую микросхему для обработки данных с тактовой частотой 16 МГц, 8 аналоговых контактов (Analog Pins) и 14 цифровых контактов (Digital Pins) общего назначения, а также различные интерфейсы информационного обмена: I2C, SPI и UART.

В разработанном имитаторе МФИ плата Arduino Nano использована для обработки нажатий кнопок на обрамлении монитора и передачи этой информации на ПК в программу, имитирующую работу центральной информационной системы (ЦИС), отображающей информационные кадры на экране МФИ. Электрическая схема подключения кнопок к плате Arduino Nano представлена на рис. 3.

На обрамлении монитора размещены 28 кнопок: 8 сверху, 8 снизу, 6 слева и 6 справа. Расположение кнопок точно соответствует их размещению на МФИ самолета ДА-42Т, для чего была изготовлена пластиковая рамка

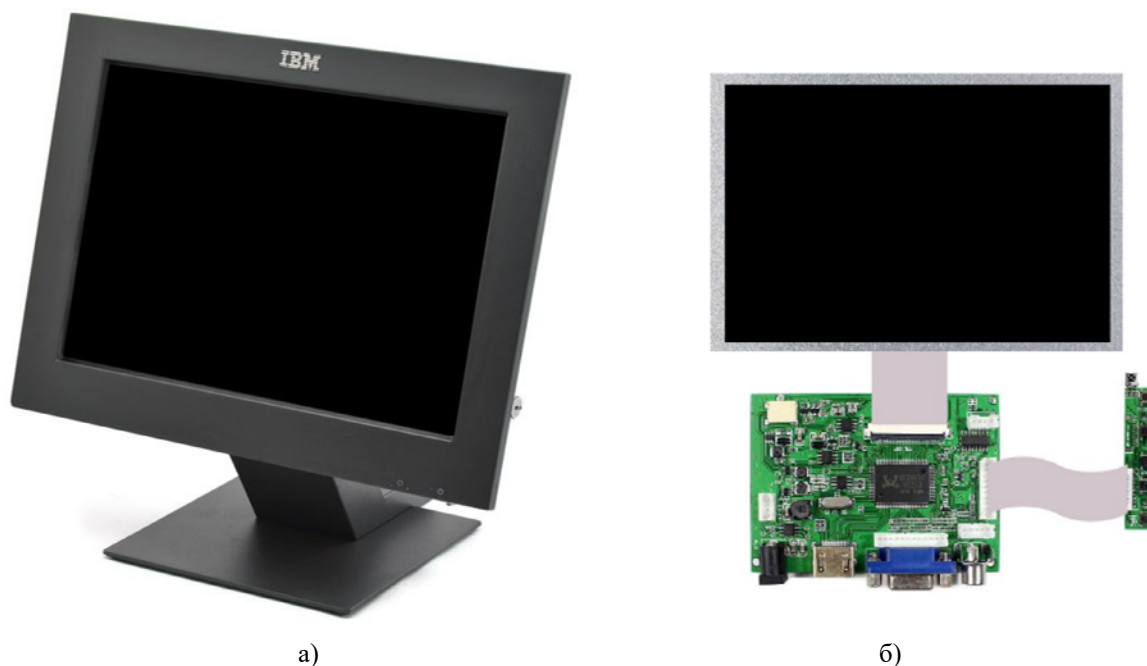


Рис. 1. Мониторы для имитаторов МФИ: *а* – монитор IBM 4820, *б* – монитор INNOLUX AT056TN53
Fig. 1. Monitors for the MFI simulators: *a* – IBM 4820 monitor, *б* – INNOLUX AT056TN53 monitor

с текстурой корпуса МФИ, нанесенной посредством полиграфной печати на самоклеящуюся пленку (рис. 4, *а*).

При нажатии каждой кнопки формируется сигнал разного уровня напряжения между контактом GND и контактом A0 (аналоговый вход) на плате Arduino Nano (рис. 3). Диапазон возможных значений напряжения на аналоговом входе составляет от 0 до 5 В постоянного тока. Аналого-цифровой преобразователь в Arduino Nano измеряет это напряжение и преобразует в целое число в диапазоне 0...1024, т. е. дискретность измерений составляет $5 / 1024 = 0,0049$ В, при этом напряжению 0 В соответствует число 0, а напряжению 5 В соответствует число 1024. При нажатии каждой кнопки формируется свое значение кода, соответствующее напряжению в той точке делителя напряжения, к которой подключена эта кнопка. При такой схеме подключения одновременное нажатие двух и более кнопок не допускается, что не является критичным и соответствует нормальной работе с МФИ [4, 5].

Для преобразования полученного значения кода в номер кнопки в микроконтроллере

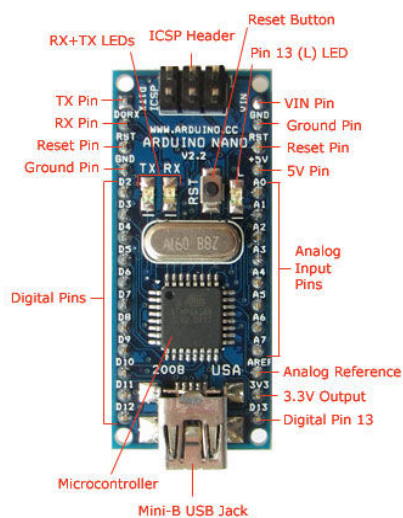


Рис. 2. Плата Arduino Nano
Fig. 2. Arduino Nano Board

платы Arduino Nano используется разработанный программный код, который делит диапазон чисел от 0 до 1024, формируемых на аналоговом входе A0, на 28 поддиапазонов. При нажатии одной из кнопок на входе A0 формируется напряжение, которое преобразуется в число, входящее в один из 28 под-

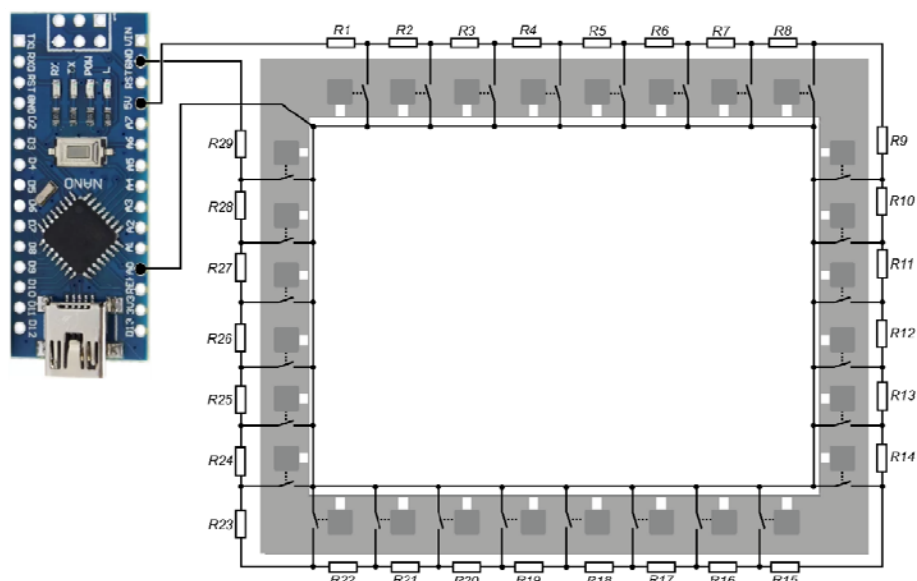


Рис. 3. Электрическая схема подключения кнопок на обрамлении монитора
Fig. 3. Electrical wiring diagram of the buttons on the monitor frame



а)



б)

Рис. 4. Имитаторы основного (а) и резервного (б) МФИ
Fig. 4. Simulators of the primary (a) and backup (б) MFI

диапазонов. Номер нажатой кнопки определяется по номеру поддиапазона, в который попадает это число.

Номер нажатой кнопки отправляется через COM-порт, позволяющий осуществлять информационный обмен платы Arduino Nano и ПК. Программы, запущенные на ПК, могут

обращаться к COM-порту и считывать передаваемые данные для дальнейшей обработки.

В имитаторе резервного МФИ (рис. 4, б) к плате Arduino Nano подключены три кнопки и два энкодера. Данные о нажатии кнопок и повороте энкодеров также передаются на ПК через COM-порт.



Рис. 5. Свойства элемента «стрелка приборной скорости» в программе SimInTech
Fig. 5. Properties of the “indicated airspeed arrow” element in the SimInTech application

В рамках проекта по созданию полноразмерного тренажера кабины самолета ДА-42Т было изготовлено два имитатора основных и один имитатор резервного МФИ (рис. 4).

Для реализации индикации на дисплее имитаторов МФИ разработана специальная программа, реализующая имитацию работы центральной информационной системы (ЦИС), а также блока ориентации и индикации (БОИ) самолета ДА-42Т. Кадры ЦИС разработаны в соответствии с реальной индикацией на МФИ в кабине самолета ДА-42Т. В качестве исходных данных были взяты представленные в руководстве по летной эксплуатации (РЛЭ) самолета ДА-42Т информационные кадры, которые были воспроизведены с использованием графического редактора и среды SimInTech [6–8, 13]¹.

¹ SimInTech [Электронный ресурс] // Официальный сайт. URL: <https://simintech.ru/> (дата обращения: 01.11.2022).

В настоящее время существует множество сред разработки, в которых создаются различные обучающие программы для курсантов-летчиков [14–16]. Однако на практике иностранные производители иногда могут отозвать лицензию и заблокировать свои программы из-за недружественной государственной политики, поэтому использование отечественного ПО является более надежным и безопасным.

При разработке информационных кадров графический редактор использован для отрисовки подложки кадров: фона, шкал приборов, рамок, т. е. той индикации, которая не меняется при отображении параметров работы бортовых систем. Все подвижные и изменяющиеся элементы индикации отрисованы с использованием встроенных инструментов программной среды SimInTech. На рис. 5 для примера представлено окно свойств стрелки приборной скорости (элемент Vpt_strelka), в котором можно настро-

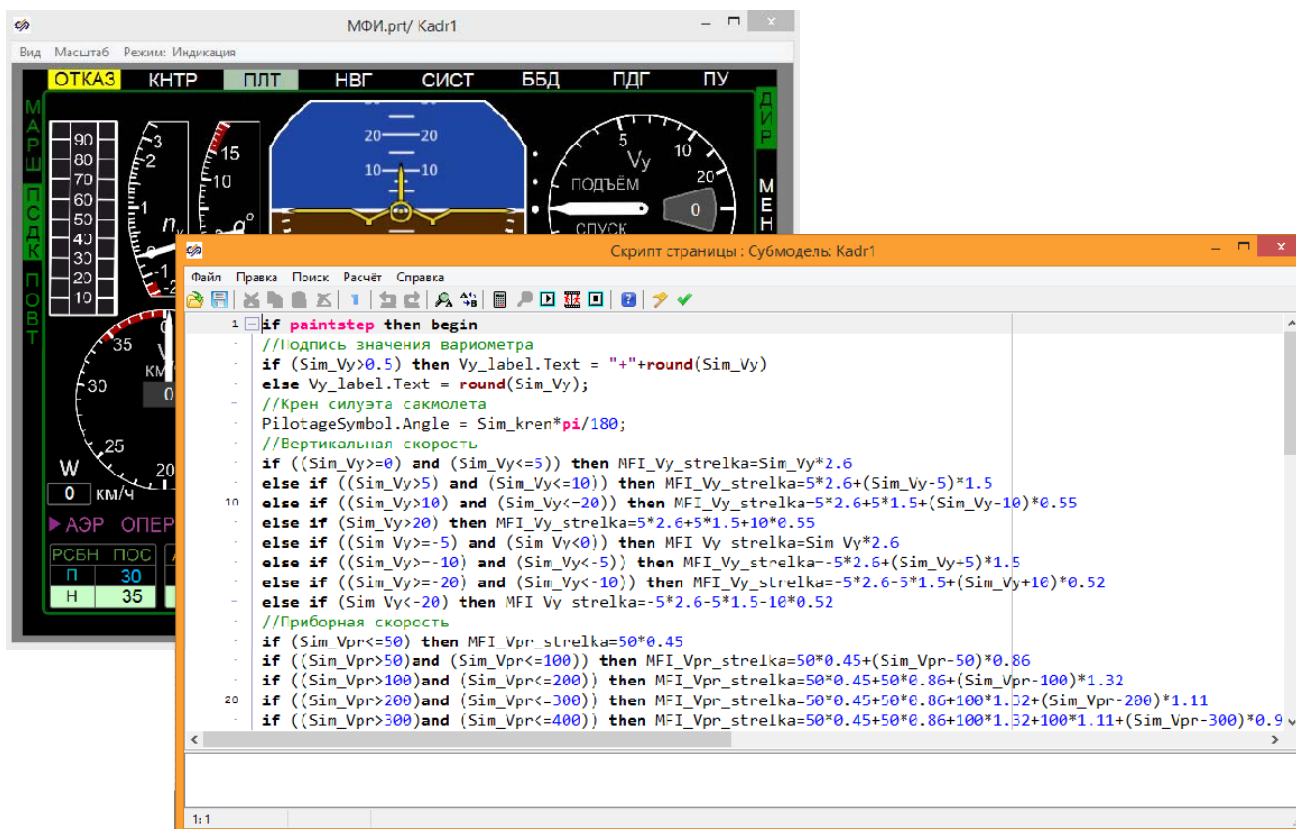


Рис. 6. Фрагмент программного кода в скрипте страницы проекта в программе SimInTech
Fig. 6. Fragment of the software code in the script of the project page in the SimInTech application

ить начальный угол поворота, цвет, размер, положение стрелки, а также присвоить свойству Value числовое значение или имя переменной, величина которой будет определять угол поворота стрелки.

Однако задача отрисовки положения стрелки усложнялась нелинейным ходом стрелки при изменении скорости, поэтому в разных диапазонах значений увеличение скорости на одну и ту же величину соответствует разным углам поворота стрелки. Эта задача решена путем написания в скрипте страницы программного кода, определяющего нелинейное изменение угла поворота стрелки приборной скорости при линейном изменении значения этой скорости, принимаемого от авиасимулятора (рис. 6). Аналогичная работа была проделана для всех приборов, имеющих нелинейную шкалу (вариометр, указатель перегрузки и др.).

В результате разработана программа, имитирующая все основные функции ЦИС –

отображение информации, ввод данных в бортовой комплекс, а также отказы.

Для учебного процесса наибольший практический интерес представляет использование разработанной программы:

- для изучения состава индикации каждого информационного кадра на групповых занятиях по различным учебным дисциплинам;
- изучение порядка переключения между информационными кадрами при подготовке к полету, а также в полете для контроля величины параметров полета и исправности бортовых систем;
- отработки действий в особых случаях, для чего был разработан модуль имитации отказов (рис. 7), работа которого сводится к созданию состава индикации в соответствии с разделом 5 РЛЭ «Действия в особых случаях в полете».

При этом преподаватель-инструктор выбирает тип отказа и нажимает кнопку, в ре-

зультате чего на информационных кадрах меняется состав индикации, появляются соответствующие текстовые сообщения, звучат речевые сообщения. Текстовые команды полностью соответствуют признакам соответствующих отказов в РЛЭ и отображаются соответствующим цветом (красным, желтым или зеленым). Речевые сообщения точно соответствуют тексту речевых сообщений, обозначенных в РЛЭ в признаках вводимого отказа, и записаны на диктофон с привлечением курсантов женского пола, прошедших летную практику на самолете типа ДА-42Т.

Таким образом, при использовании разработанной программы имитации работы ЦИС на практических занятиях обучающиеся могут не только видеть, но и слышать признаки различных событий, по которым они самостоятельно учатся определять ситуацию и отрабатывать дальнейшие действия. Разработанная программа имеет достаточно большой функционал при изучении самолета ДА-42Т по различным учебным дисциплинам, так как при ее создании ставилась цель воссоздания необходимых функций по работе с МФИ в соответствии с РЛЭ без привязки к конкретной учебной дисциплине.

Разработанные кадры ЦИС позволили с детальной точностью воспроизвести индикацию в самолете ДА-42Т, что дало возможность использовать его в учебном процессе Краснодарского высшего военного авиационного училища летчиков, в частности на кафедре авиационного и радиоэлектронного оборудования при изучении дисциплин «Авиационное оборудование учебного воздушного судна ДА-42Т», «Радиоэлектронное оборудование учебного воздушного судна ДА-42Т». Управление отображением параметров на информационных кадрах через программу SimInTech возможно осуществлять как вручную (по желанию изменяя значение каждого параметра) или автоматически при подключении программы к авиасимулятору. В этом случае все значения отображаемых параметров берутся из авиасимулятора в соответствии с режимом виртуального полета и алгоритмами работы соответствующих моделируемых в нем систем. При необходимо-

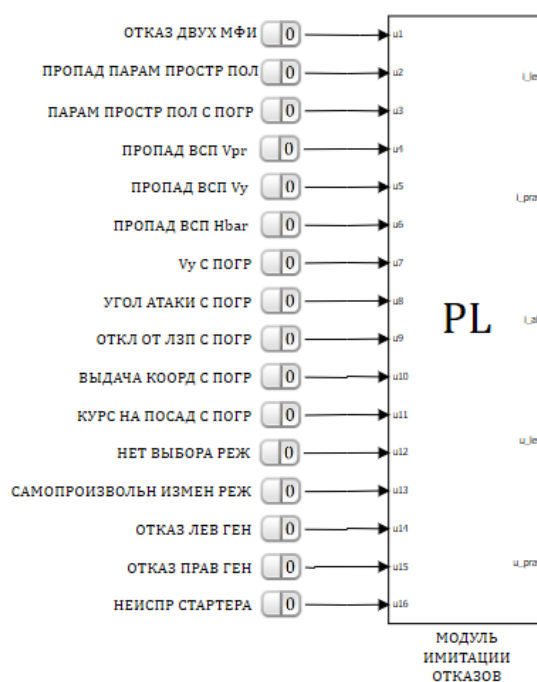


Рис. 7. Модуль имитации отказов в самолете ДА-42Т

Fig. 7. Failure simulation module in the DA-42T aircraft

сти принимаемые от авиасимулятора параметры могут быть откорректированы, заменены на ложные или заблокированы (для имитации отказов), что позволяет имитировать индикацию не только при нормальной эксплуатации, но и индикацию в особых случаях в полете. Наглядное отображение такой индикации дает обучающимся намного более глубокое понимание работы ЦИС, чем при использовании изображений кадров из РЛЭ.

Формирование необходимых зрительных, звуковых и тактильных ощущений, восприятие и запоминание расположения органов управления и индикации, запоминание порядка действий и первичное формирование мышечной памяти происходит только после посадки в кабину. Во время тренажной подготовки обучающиеся выполняют статическую подготовку (осмотры и проверки) и динамическую подготовку (полеты). Во время статической подготовки обучающиеся осваиваются в кабине, впервые оказавшись в ней, и под руководством инструктора последовательно выполняют весь комплекс процедур

по подготовке кабины к полету, включая внешний осмотр, выставку исходного положения переключателей, проверку под током, включение и проверку различных систем, запуск двигателя, проверки после запуска обоих двигателей, а также отработку последовательности некоторых действий в полете без выполнения самого полета. При этом время, отводимое для занятия на каждого обучающегося, строго ограничено, в связи с чем у обучающегося формируются неустойчивые умения, которые необходимо закреплять путем многократных повторений необходимых действий. Обучающиеся на этапе статической подготовки выполняют следующие упражнения:

- проверка работоспособности оборудования и систем перед полетом;
- запуск, опробование двигателя, проверка работоспособности систем, выключение двигателей.

Эти упражнения выполняются курсантом на первом занятии в кабине тренажера самолета ДА-42Т. На втором занятии от курсанта требуется уже самостоятельно выполнить все действия по подготовке кабины, однако на практике видно, что обучающиеся затрудняются без подсказок инструктора повторить все необходимые действия, а время, затрачиваемое на выполнение этих процедур, становится больше предусмотренного планом проведения занятия и отнимает время, отведенное на динамическую подготовку (полет). Наблюдается неуверенность в действиях обучающихся, сомнения в последовательности выполнения процедур, в некоторых случаях проявляется неспособность практически выполнить действия, которые обучающийся правильно называет, но не может перейти от теории к практике. В результате после проведения нескольких занятий по тренажной подготовке у некоторых обучающихся сформированные умения в силу индивидуальных способностей могут оказаться недостаточными для быстрого и точного выполнения необходимых действий, включая действия в особых случаях в полете, что в дальнейшем может негативно отразиться на безопасности полетов. Эти недостатки могут быть устране-

ны путем проведения с такими обучающимися дополнительных занятий в кабине, однако, как уже указывалось ранее, такой возможности у них нет из-за постоянной загруженности тренажера и необходимости проведения занятий с другими обучающимися.

Использование разработанного интерактивного макета кабины экипажа позволяет закрепить теоретические знания и сформировать необходимые практические умения во время аудиторных занятий еще до начала тренажной подготовки. Для выявления эффективности использования разработанных имитаторов МФИ и макета кабины экипажа самолета ДА-42Т были проведены дополнительные занятия с экспериментальными учебными группами. Для сравнения были использованы результаты обучения учебных групп, с которыми дополнительные занятия с использованием разработанных средств обучения не проводились.

В качестве показателей, отражающих качество усвоения учебного материала и уровень владения практическими действиями, выбрано время выполнения процедур.

Для сравнения были выбраны следующие задания.

1. Действия экипажа перед посадкой в кабину.
2. Действия экипажа после посадки в кабину.
3. Запуск и прогрев двигателей.
4. Проверка систем при работающих двигателях.

В табл. 1 и 2, а также на рис. 8 и 9 представлены результаты проведенных исследований для двух контрольных групп (время выполнения заданий указано в секундах). Для каждого задания за занятие обучающиеся выполняли по три повторения.

Как видно из результатов, в обеих группах наблюдается улучшение в скорости выполнения задания с каждым новым повторением. Причина различий результатов состоит в том, что группа, которая имела возможность предварительной отработки действий в кабине с использованием разработанных интерактивных средств обучения, при выполнении заданий на комплексном тренажере производила

Таблица 1
Table 1

Результаты выполнения заданий учебной группой 1
The results of tasks performed by study group No 1

№ задания	1			2			3			4		
№ повторения	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Курсант 1	53	52	51	663	639	615	320	308	297	424	409	394
Курсант 2	58	56	53	672	636	607	349	330	315	504	477	455
Курсант 3	55	53	49	583	560	529	330	317	299	437	420	397
Курсант 4	53	49	47	644	621	618	335	322	321	527	507	505
Курсант 5	68	62	58	695	666	646	307	294	286	496	475	461
Курсант 6	57	54	52	676	658	627	354	345	329	513	499	476
Курсант 7	52	50	47	697	668	649	336	322	313	446	427	415
Курсант 8	60	57	54	621	609	583	347	340	326	546	536	513
Курсант 9	55	54	51	661	628	605	343	326	314	472	448	432
Курсант 10	64	60	55	673	653	626	386	374	359	481	467	447

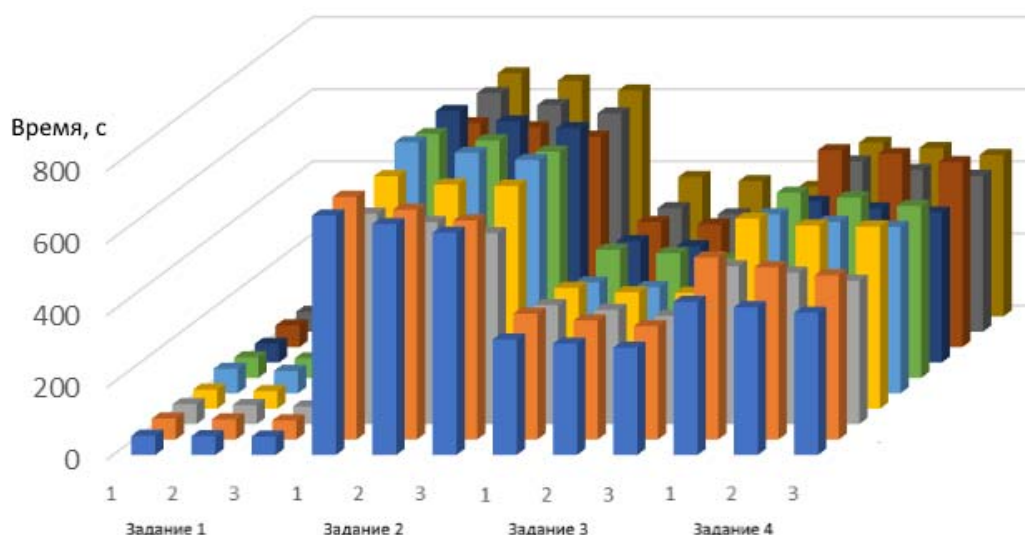


Рис. 8. Результаты выполнения заданий учебной группой 1
Fig. 8. Results of tasks performed by study group No 1

необходимые действия не в первый раз (на макете кабины курсанты предварительно отрабатывали необходимые действия по 5–6 раз), поэтому уже до начала занятия у них была сформирована первичная мышечная память, что проявилось в быстроте и уверенности действий. Это позволило быстрее выполнить необходимые действия на комплексном тренажере, и после выполнения предполетных процедур курсанты этой группы, успешно сдав зачет инструктору на выполнение необходимых действий, были готовы к динамической подготовке (полету) уже на первом занятии, хотя по учебному плану это предполагалось только на следующем занятии, в связи с чем они смогли больше времени уделить отработке действий по управлению ВС в полете. Сравнение результатов проведенных исследований представлено на рис. 10.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что проведение предварительных занятий, формирующих первичные практические умения, закрепляющие теоретическую подготовку, положительно отражаются как на ка-

Таблица 2
Table 2

Результаты выполнения заданий группой 2, которая занималась с использованием имитаторов МФИ и макета кабины экипажа
The results of tasks performed by study group No 2, that held classes using the MFI simulators and the cockpit mockup

№ задания	1			2			3			4		
№ повторения	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Курсант 1	54	52	51	390	376	362	195	188	181	293	282	272
Курсант 2	56	55	53	410	388	370	205	194	185	308	291	278
Курсант 3	52	51	49	402	386	365	201	193	183	302	290	274
Курсант 4	55	53	49	413	398	396	207	199	198	310	299	297
Курсант 5	68	62	58	424	406	394	212	203	197	318	305	296
Курсант 6	57	54	52	417	406	387	209	203	194	313	305	290
Курсант 7	53	49	47	410	393	382	205	197	191	308	295	287
Курсант 8	64	60	55	428	420	402	214	210	201	321	315	302
Курсант 9	55	54	51	403	383	369	202	192	185	302	287	277
Курсант 10	60	57	54	396	384	368	198	192	184	297	288	276

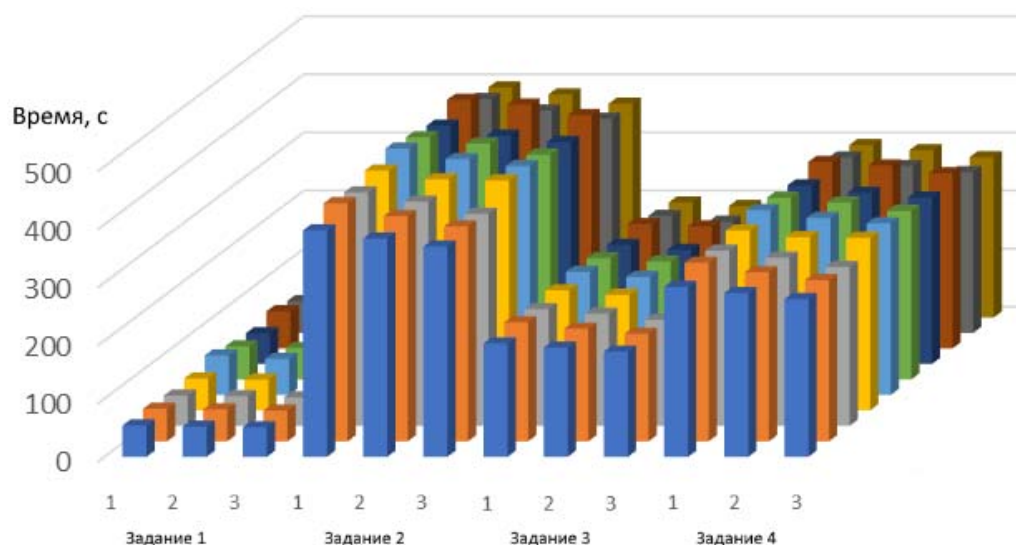


Рис. 9. Результаты выполнения заданий группой 2, которая занималась с использованием имитаторов МФИ и макета кабины экипажа
Fig. 9. Results of tasks performed by study group No 2, that held classes using the MFI simulators and the cockpit mockup

честве обучения, так и на эффективности использования дорогостоящих средств обучения – комплексных тренажеров промышленного изготовления.

Предоставление возможности по отработке необходимых действий в кабине современного воздушного судна является очень важной составляющей в процессе подготовки

летных кадров. Использование в экспериментальной группе разработанных средств обучения в виде имитатора МФИ и интерактивного макета кабины экипажа позволяет утверждать, что качество обучения может быть повышено за счет использования на учебных занятиях дополнительных наглядных средств обучения.

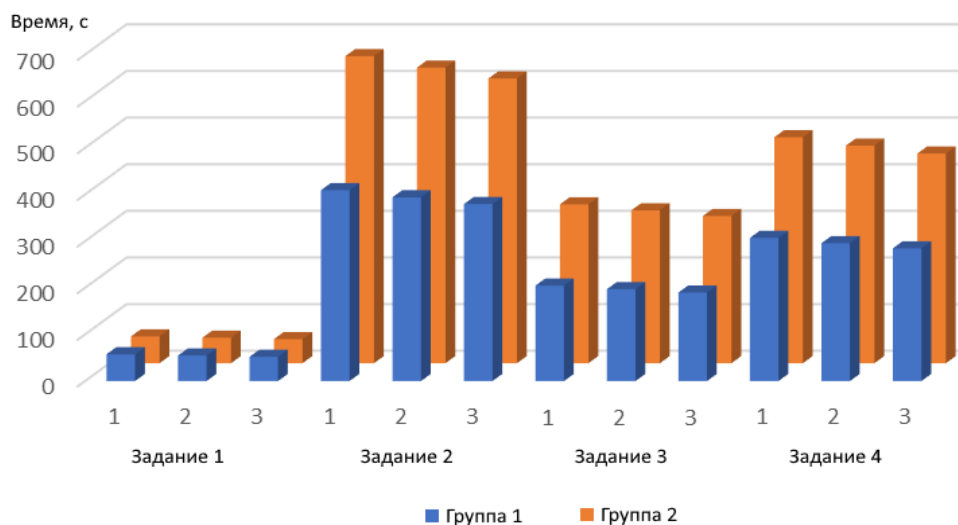


Рис. 10. Сравнение результатов выполнения контрольных заданий контрольными группами 1 и 2 (группа 1 не занималась с дополнительными средствами обучения, группа 2 дополнительно занималась на имитаторах МФИ и макете кабины экипажа)

Fig. 10. Comparison of the test results performed by control groups No 1 and No 2 (group No 1 did not use additional training devices, group No 2 held additional classes using the MFI simulators and the cockpit mockup)

Результаты исследования

Повышение качества обучения летного состава возможно за счет внедрения в учебный процесс самостоятельно разработанных и изготовленных наглядных средств обучения, однако для этого необходимо уделить большое внимание их детальной проработке и соответствию реальному объекту в части, касающейся формирования у обучающихся необходимых зрительных и звуковых образов, а также тактильных ощущений. Любое несоответствие может сделать обучение неэффективным или даже вредным. Благодаря использованию вышеперечисленных инструментов авторам удалось воспроизвести индикацию каждого индикатора на информационных кадрах с детальной точностью в соответствии с информацией, представленной в РЛЭ [6, 7], а также наблюдаемой на комплексном тренажере промышленного изготовления.

Разработанные имитаторы МФИ стали основой для создания информационно-управляющего поля кабины в разработанном тренажере кабины самолета ДА-42Т (рис. 11),

в котором расположение всех органов индикации и управления, а также их внешний вид выполнены в точном соответствии с реальной кабиной самолета ДА-42Т, что дало возможность использовать его для первичного формирования индикаторов компетенций путем закрепления теоретических знаний и привития правильных первичных практических умений при отработке действий во время подготовки к полету, а также в особых случаях в полете.

Отработка действий обучающихся на имитаторе МФИ как на самостоятельном средстве обучения (рис. 12, а) позволяет без затруднений перейти к работе с имитаторами МФИ на полноразмерном интерактивном макете кабины экипажа самолета ДА-42Т (рис. 12, б).

Разработанный интерактивный макет кабины экипажа и программа имитации работы ЦИС самолета ДА-42Т могут быть использованы в рамках учебных программ различных учебных дисциплин при изучении признаков особых случаев в полете и на земле при отказах источников электроэнергии, срабатывании датчика сваливания, отказе датчика угла



Рис. 11. Разработанный интерактивный макет кабины экипажа самолета ДА-42Т
Fig. 11. Developed interactive DA-42T aircraft cockpit mockup



а)



б)

Рис. 12. Работа обучающегося с имитатором МФИ: а – в аудитории; б – на интерактивном макете кабины экипажа самолета ДА-42Т

Fig. 12. Trainee work with the MFI simulator in the classroom (a) and in the interactive DA-42T aircraft cockpit mockup (б)

атаки, отказе курсовых вертикалей и др. и некоторых систем самолета ДА-42Т, в том числе:

- центральной информационной системы;
- систем и органов управления самолетом;
- пилотажно-навигационных индикаторов;

- индикаторов системы электроснабжения;
- индикаторов противообледенительной и других систем;

Помимо отработки штатных процедур, предусмотренных руководством по летной

эксплуатации самолета ДА-42Т, разработанный интерактивный макет кабины экипажа самолета может служить платформой для различного рода исследований [17] в области эргономики, разработки новых индикаторов на информационных кадрах, создания системы выдачи подсказок экипажу, построения моделей действий летчика в различных ситуациях [18], разработки интеллектуальных систем управления ВС и других бортовых систем [19–23].

Заключение

1. Поставленная в данной работе цель достигнута, однако может иметь развитие и продолжение.

2. Разработанный интерактивный макет кабины экипажа самолета может быть использован в учебном процессе различных специальных учебных дисциплин, учебная программа которых предусматривает изучение самолета ДА-42Т.

3. Использование более простых и дешевых интерактивных макетов кабины экипажа ВС, информационное поле которых содержит МФИ, полностью воспроизводящих состав и размещение органов управления и индикации, может решить проблему недостаточного количества наглядных средств обучения при изучении кабин современных ВС.

4. Использование полноразмерного интерактивного макета кабины экипажа ВС в учебном процессе актуально в различных высших учебных заведениях с авиационной направленностью (КВВАУЛ, ВУНЦ ВВС «ВВА», МАИ, МГТУ ГА и др.).

Созданное в результате выполнения представленной работы интерактивное средство обучения является инструментом, предназначенным для повышения качества подготовки авиационных специалистов. Курсанты-летчики, использовавшие тренажерные имитаторы МФИ и интерактивный макет кабины экипажа самолета ДА-42Т в качестве дополнительного средства обучения перед занятиями по тренажной подготовке, отмечают положительный опыт, состоящий в сокращении вре-

мени обучения работе с МФИ на комплексном тренажере, а также в уверенности и скорости действий при выполнении процедур, отработанных на тренажерном имитаторе МФИ.

Функционал разработанного интерактивного макета кабины самолета открывает большие перспективы по его использованию в учебном процессе, однако для получения ощутимого эффекта в вузе целесообразно изготовить подобные тренажеры для всех кафедр, на которых обучающиеся изучают самолет определенного типа, небольшим тиражом, что возможно и целесообразно реализовать с высоким качеством на мощностях одного из производителей авиационных тренажеров. Накопленный опыт по использованию полноразмерного интерактивного макета кабины самолета ДА-42Т также целесообразно применить для изготовления и внедрения в учебный процесс интерактивных макетов кабины с МФИ для ВС других типов и расширить положительный опыт для повышения качества подготовки большего количества авиационных специалистов.

Список литературы

1. Румянцев С.В. Интерактивный процедурный тренажер первоначальной подготовки авиационного персонала / С.В. Румянцев, В.И. Медведев, А.В. Шевченко, Н.В. Капитанов. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021614677 РФ. Дата гос. регистрации 16.03.2021.

2. Медведев В.И., Шишленин Д.А. Виртуальная реальность. С новыми разработками – к новым рубежам // Вестник военного образования. 2021. № 4 (31). С. 72–76.

3. Лагкуев М.С. Эффективность подготовки. Интерактивный процедурный тренажер первоначальной подготовки авиационного персонала с использованием виртуальной реальности / М.С. Лагкуев, И.Н. Котлов, М.А. Судаков, А.В. Шевченко // Вестник военного образования. 2021. № 1 (28). С. 59–62.

4. Князев А.С. Использование имитатора многофункционального индикатора са-

молета в учебном процессе вуза / А.С. Князев, А.С. Антоненко, Е.Д. Арбузов, А.Д. Чеботарев [Электронный ресурс] // Труды МАИ. 2022. № 123. 35 с. DOI: 10.34759/trd-2022-123-20 (дата обращения: 24.12.2022).

5. Князев А.С. Использование программы имитации работы центральной информационной системы самолета ДА-42Т в учебном процессе вуза / А.С. Князев, А.С. Антоненко, М.А. Лоптев, Е.М. Жданов // Научный Вестник МГТУ ГА. 2022. Т. 25, № 3. С. 61–72. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-3-61-72

6. Князев А.С., Попов А.Ю. Программа для обеспечения работы тренажерного имитатора интеллектуального цветного индикатора ИЦИ-140. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022664485 РФ. Дата гос. регистрации 01.08.2022.

7. Князев А.С. Программа для визуализации работы аэрометрических приборов / А.С. Князев, А.Ю. Попов, А.А. Фурсов, Я.М. Кашин, Р.Н. Бордиян. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022664559 РФ. Дата гос. регистрации 01.08.2022.

8. Петухов В.Н., Денисенко А.А., Ковязин И.О. SimInTech для человеко-машинного интерфейса // Моделирование авиационных систем: сборник тезисов докладов III Всероссийской научно-технической конференции. Москва, 21–22 ноября 2018 г. М.: ГосНИИАС, 2018. С. 267.

9. Медведев В.И. Задачи подготовки военных специалистов для ВКС России // IX Международная научно-практическая конференция молодых ученых, посвященная 58-й годовщине полета Ю.А. Гагарина в космос: сборник научных статей. Краснодар, 12–13 апреля 2019 г. Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2019. С. 16–18.

10. Куприянов Н.А. Проблематика изучения руководства по летной эксплуатации при формировании знаний и навыков курсантов истребительной авиации по действиям в особых случаях в полете / Н.А. Куприянов, С.А. Прошкин, С.В. Стадник, П.Д. Солодовник // Crede Experto: транспорт, общество,

образование, язык. 2022. № 1. С. 37–51. DOI: 10.51955/23121327_2022_1_37

11. Попов В.М., Здрачук С.В. Учебный тренажер кабины вертолета Ми-8Т на базе авиационного симулятора // Crede Experto: транспорт, общество, образование, язык. 2018. № 4. С. 42–66.

12. Туринцев С.В., Федоров А.В., Федоров А.А. Разработка процедурного тренажера на базе авиационного симулятора X-Plane // Проблемы летной эксплуатации и безопасность полетов. 2019. № 13. С. 98–101.

13. Смагин Д.И. Применение программного комплекса SimInTech для математического моделирования различных бортовых систем летательных аппаратов / Д.И. Смагин, К.И. Старостин, Р.С. Савельев, Т.А. Кобринец, А.А. Сатин // Computational nanotechnology. 2018. № 3. С. 9–15.

14. Куракин С.З., Куприянов Н.А., Степенко А.С. Особенности интеграции учебно-тренировочных средств / радиотехнических систем в образовательный процесс вузов // Интеграция науки и образования в системе подготовки военных специалистов: сборник научных трудов по материалам III Всероссийской научно-практической конференции. Воронеж, 21 октября 2022 г. Воронеж: Научная книга, 2022. С. 84–94.

15. Афонин И.Е. Компьютерная интерактивная модель пульта управления и индикации учебно-боевого самолета / И.Е. Афонин, Д.А. Ермаков, Э.В. Коновальцев, М.А. Черных // Современные проблемы создания и эксплуатации вооружения, военной и специальной техники: сборник трудов V Всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 9–10 декабря 2021 г. СПб.: Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского, 2022. С. 32–38.

16. Коновальцев Э.В., Ермаков Д.А. Программная реализация математической модели пульта управления и индикации учебно-боевого самолета // Межвузовский сборник научных трудов. Краснодар: КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова, 2022. С. 71–77.

17. Верещиков Д.В. Применение нечеткой логики для создания имитационной мо-

дели управляющих действий летчика / Д.В. Верещиков, В.А. Волошин, С.С. Ивашков, Д.В. Васильев [Электронный ресурс] // Труды МАИ. 2018. № 99. 25 с. URL: <https://trudymai.ru/published.php?ID=91926> (дата обращения: 01.11.2022).

18. Shin H.-G. Implementation of an integrated test bed for avionics system development / H.-G. Shin, M.-C. Park, J.-S. Jun, Y.-H. Moon, S.-W. Ha // Software Engineering, Business Continuity, and Education. ASEA 2011: Communications in Computer and Information Science. Berlin: Springer, 2011. Vol. 257. Pp. 416–423. DOI: 10.1007/978-3-642-27207-3_46

19. Cameron B. Development and implementation of cost-effective flight simulator technologies / B. Cameron, H. Rajae, B. Jung, R.G. Langlois // Proceedings of the 3rd International Conference on Control, Dynamic Systems, and Robotics (CDSR'16). Canada: Ottawa, 9–10 May 2016. No. 126. Pp. 1–8. DOI: 10.11159/cdsr16.126

20. Nowakowski H., Makarewicz J. Flight simulation devices in pilot air training // Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2018. No. 98. Pp. 111–118. DOI: 10.20858/sjsutst.2018.98.11

21. Staack I. Towards a complete co-simulation model integration including HMI aspects / I. Staack, J. Schminder, O. Shahid, R. Braun // Proceedings of the 10th Aerospace Technology Congress. Stockholm, Sweden, 8–9 October 2019. Pp. 112–119. DOI: 10.3384/ecp19162012

22. Науменко А.А., Князев А.С. Использование авиасимуляторов в учебном процессе авиационного вуза // Вестник армавирского государственного педагогического университета. 2021. № 4. С. 64–72.

23. Долгушев В.Г. Тенденции развития современных авиационных бортовых гидросистем / В.Г. Долгушев, В.А. Ионов, Н.В. Кун, А.М. Матвеев [Электронный ресурс] // Труды МАИ. 2017. № 95. 17 с. URL: <http://trudymai.ru/published.php?ID=84461> (дата обращения: 01.11.2022).

References

1. Rummyantsev, S.V., Medvedev, V.I., Shevchenko, A.V., Kapitanov, N.V. (2021). An interactive procedural simulator for the initial training of aviation personnel. Certificate of state registration of the computer program no. 2021614677. State date registration: 29.03.2021. (in Russian)

2. Medvedev, V.I., Shishlenin, D.A. (2021). Virtual reality with new developments – to new frontiers. *Bulletin of the Military Education*, no. 4 (31), pp. 72–76. (in Russian)

3. Lagkuev, M.S., Kotlov, I.N., Sudakov, M.A., Shevchenko, A.V. (2021). Effectiveness of training interactive procedural simulator for initial training of aviation personnel using innovative virtual reality technology. *Bulletin of the Military Education*, no. 1 (28), pp. 59–62. (in Russian)

4. Knyazev, A.S., Antonenko, A.S., Arbuzov, E.D., Chebotarev, A.D. (2022). The use of a multifunctional aircraft indicator simulator in the educational process of the university. *Trudy MAI*, no. 123, 35 p. DOI: 10.34759/trd-2022-123-20 (accessed: 24.12.2022). (in Russian)

5. Knyazev, A.S., Antonenko, A.S., Loptev, M.A., Zhdanov, E.M. (2022). Using the simulation program of the DA-42T aircraft central data system operation in the educational process of the university. *Civil Aviation High Technologies*, vol. 25, no. 3, pp. 61–72. DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-3-61-72 (in Russian)

6. Knyazev, A.S., Popov, A.Yu. (2022). Software for ensuring the operation of the simulator of the intelligent color indicator ICI-140. Certificate of state registration of the computer program no. 2022664485 RF. State date registration: 01.08.2022. (in Russian)

7. Knyazev, A.S., Popov, A.Yu., Fursov, A.A., Kashin, Ya.M., Bordiyan, R.N. (2022). Software for visualizing the operation of aerometric devices. Certificate of state registration of the computer program no. 2022664559 RF. State date registration: 01.08.2022. (in Russian)

8. Petukhov, V.N., Denisenko, A.A., Kovyazin, I.O. (2018). SimInTech for human machine interface. *Modelirovanie aviatsionnykh system: sbornik tezisov dokladov III Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. Moscow: GosNIIAS, pp. 267. (in Russian)
9. Medvedev, V.I. (2019). The tasks of training military specialists for the Russian Aerospace Forces. *IX mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya molodykh uchennykh, posvyashchennaya 58-y godovshchine poleta Yu.A. Gagarina v kosmos: sbornik nauchnykh statey*. Krasnodar: Izdatelskiy Dom – Yug, pp. 16–18. (in Russian)
10. Kupriyanov, N.A., Proshkin, S.A., Stadnik, S.V., Solodovnik, P.D. (2022). Problems of learning the flight operation manual while developing knowledge and skills of fighter aviation cadets concerning the actions in emergencies during the flight. *Crede Experto: Transport, Society, Education, Language*, no. 1, pp. 37–51. DOI: 10.51955/23121327_2022_1_37 (in Russian)
11. Popov, V.M., Zdrachuk, S.V. (2018). The helicopter cockpit training simulator of Mi-8T based on the aircraft simulator. *Crede Experto: Transport, Society, Education, Language*, no. 4, pp. 42–66. (in Russian)
12. Turintsev, S.V., Fedorov, A.V., Fedorov, A.A. (2019). Development of the procedural simulator based on the aircraft simulator x-plane. *Problemy letnoy ekspluatatsii i bezopasnost poletov*, no. 13, pp. 98–101. (in Russian)
13. Smagin, D.I., Starostin, K.I., Saveleyev, R.S., Kobrinets, T.A., Satin, A.A. (2018). Application of this software Symantec for mathematical modeling of various onboard systems of aircraft. *Computational nanotechnology*, no. 3, pp. 9–15. (in Russian)
14. Kurakin, S.Z., Kupriyanov, N.A., Stepenko, A.S. (2022). Features of the integration of educational and training tools/radio systems in the educational process of universities. *Integratsiya nauki i obrazovaniya v sisteme podgotovki voyennykh spetsialistov: sbornik nauchnykh trudov po materialam III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Voronezh: Nauchnaya kniga, pp. 84–94. (in Russian)
15. Afonin, I.E., Ermakov, D.A., Konovaltsev, E.V., Chernykh, M.A. (2022). Computer interactive model of the control panel and display of combat training aircraft. *Sovremennyye problemy sozdaniya i ekspluatatsii vooruzheniya, voyennoy i spetsialnoy tekhniki: sbornik trudov V vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. St. Petersburg: Voenno-kosmicheskaya akademiya imeni A.F. Mozhaiskogo, pp. 32–38. (in Russian)
16. Konovaltsev, E.V., Ermakov, D.A. (2022). Software implementation of the mathematical model of the control panel and indication of combat training aircraft. *Mezhvuzovskiy sbornik nauchnykh trudov*. Krasnodar: KVVAUL imeni Geroya Sovetskogo Soyuza A.K. Serova, pp. 71–77. (in Russian)
17. Vereshnikov, D.V., Voloshin, V.A., Ivashkov, S.S., Vasilev, D.V. (2018). Applying fuzzy logic for developing simulation model of pilot's control actions. *Trudy MAI*, no. 99, 25 p. Available at: <https://trudymai.ru/published.php?ID=91926> (accessed: 01.11.2022). (in Russian)
18. Shin, H.-G., Park, M.-C., Jun, J.-S., Moon, Y.-H., Ha, S.-W. (2011). Implementation of an integrated test bed for avionics system development. In: *Software Engineering, Business Continuity, and Education. ASEA 2011. Communications in Computer and Information Science*. Springer, Berlin, Heidelberg, vol. 257, pp. 416–423. DOI: 10.1007/978-3-642-27207-3_46
19. Cameron, B., Rajae, H., Jung, B., Langlois, R.G. (2016). Development and implementation of cost-effective flight simulator technologies. In: *Proceedings of the 3rd International Conference on Control, Dynamic Systems, and Robotics (CDSR'16)*. Canada, Ottawa, 9–10 May, no. 126, pp. 1–8. DOI: 10.11159/cdsr16.126
20. Nowakowski, H., Makarewicz, J. (2018). Flight simulation devices in pilot air training. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*, no. 98, pp. 111–118. DOI: 10.20858/sjsutst.2018.98.11
21. Staack, I. Schminder, J., Shahid, O., Braun, R. (2019). Towards a complete co-simulation model integration including HMI aspects. In: *Proceedings of the 10th Aerospace*

Technology Congress. Stockholm, Sweden, 8–9 October, pp. 112–119. DOI: 10.3384/ecp19162012

22. Naumenko, A.A., Knyazev, A.S. (2021). The use of flight simulators in the educational process of an aviation university. *Bulletin of Armavir State Pedagogical University*, no. 4, pp. 64–72. (in Russian)

23. Dolgushev, V.G., Ionov, V.A., Kun, N.V., Matveenko, A.M. (2017). Development trends of modern aircraft onboard hydraulic systems. *Trudy MAI*, no. 95, 17 p. Available at: <http://trudymai.ru/published.php?ID=84461> (accessed: 01.11.2022). (in Russian)

Сведения об авторах

Князев Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, старший преподаватель, Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков (КВВАУЛ), knyazev.aleksei.87@gmail.com.

Попов Андрей Юрьевич, кандидат технических наук, доцент, начальник кафедры, КВВАУЛ, aendrup@mail.ru.

Романцов Евгений Андреевич, курсант, КВВАУЛ, swzhenek@mail.ru.

Information about the authors

Alexey S. Knyazev, Candidate of Technical Sciences, Senior Lecturer, Krasnodar Air Force Institute for Pilots, knyazev.aleksei.87@gmail.com.

Andrei Ju. Popov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Head of the Chair, Krasnodar Air Force Institute for Pilots, aendrup@mail.ru.

Evgeny A. Romantsov, Pilot-Trainee, Krasnodar Air Force Institute for Pilots, swzhenek@mail.ru.

Поступила в редакцию	10.02.2023	Received	10.02.2023
Одобрена после рецензирования	30.03.2023	Approved after reviewing	30.03.2023
Принята в печать	20.07.2023	Accepted for publication	20.07.2023