

УДК 371.693.4

DOI: 10.26467/2079-0619-2022-25-3-61-72

## Использование программы имитации работы центральной информационной системы самолета ДА-42Т в учебном процессе вуза

А.С. Князев<sup>1</sup>, А.С. Антоненко<sup>2</sup>, М.А. Лоптев<sup>1</sup>, Е.М. Жданов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Краснодарское высшее военное авиационное училище летчиков,*

*г. Краснодар, Россия*

<sup>2</sup>*ООО «3В Сервис», г. Москва, 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 проведении занятий дистанционно не все эти материалы могут быть использованы, так как не всегда есть возможность показать их в динамике и обеспечить тем самым формирование полного представления обучающихся об изучаемом объекте. В статье рассматривается вопрос повышения наглядности и эффективности обучения курсантов-летчиков путем использования в учебном процессе вуза компьютерной программы, имитирующей работу центральной информационной системы, информация которой выводится в реальном самолете в виде кадров на multifunctional индикаторы в кабине. Работа с разработанной программой позволяет обучающимся вырабатывать необходимые практические навыки по работе с комплексом бортового оборудования. Для внедрения в учебный процесс программы имитации работы центральной информационной системы 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 в реальном самолете. Описаны структура и порядок разработки программы имитации работы центральной информационной системы. Обоснован выбор программного обеспечения для разработки программы имитации центральной информационной системы. Описана возможность подключения разработанной программы к авиасимулятору. Указана возможность использования разработанной программы при дистанционном обучении авиационных специалистов, а также внедрения полученных результатов в учебный процесс авиационных вузов.

**Ключевые слова:** центральная информационная система, multifunctional индикатор, авиасимулятор, ДА-42Т, X-Plane, SimInTech.

**Для цитирования:** 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

## Using the simulation program of the DA-42T aircraft central data system operation in the educational process of the university

A.S. Knyazev<sup>1</sup>, A.S. Antonenko<sup>2</sup>, M.A. Loptev<sup>1</sup>, E.M. Zhdanov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Krasnodar Air Force Institute for Pilots, Krasnodar, Russia*

<sup>2</sup>*LLC "3V-services", Moscow, Russia*

**Abstract:** During training sessions in an aviation university, it is advisable to demonstrate samples of aeronautical equipment, individual elements of systems and units or to use some specialized stands and posters. However, when conducting classes online, not all these materials can be used, since it is not always accomplishable to demonstrate them in dynamics and thereby to ensure the students' complete understanding of the object being studied. The article deals with the issue of enhancing visibility and efficiency of training pilot trainees by using software applications during the educational process, which simulate the operation of the Central Data System, information from which is displayed in the real aircraft in the form of frames on multifunctional displays in the cockpit. Working with the developed program allows student pilots to gain the required practical skills while interacting with the avionics

suite. In order to implement the simulation program of the Central Data System operation into the educational process, I-frames, shown on the DA-42T aircraft multipurpose displays, were reproduced. The content of the developed frames completely repeats the DA-42T aircraft indication, which contributes to improving the quality of training and honing practical skills for aircraft operation. The structure and the procedure of designing the program to simulate the Central Data System operation are described. The selection of software for the development of the Central Data System simulation program is substantiated. The feasibility of integrating the developed program into the flight simulator is described. The applicability of using the software program for distance training of aviation specialists, as well as of the implementation of the results obtained into the educational process of aviation universities is provided.

**Key words:** Central Data System, multipurpose display, flight simulator, DA-42T, X-Plane, SimInTech.

**For citation:** 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

## Введение

Как показывает опыт освоения учебной программы обучающимися авиационных вузов, для понимания принципов работы агрегатов и систем воздушного судна (ВС) необходим постоянный 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.

Кабины современных ВС оснащены многофункциональными индикаторами (МФИ), через которые осуществляется взаимодействие экипажа с бортовым комплексом. МФИ используются не только в качестве индикаторов для отображения информации [1], но и в качестве пультов управления для ввода исходных данных во время предполетной подготовки, а также для проверки исправности бортовых систем и комплексов [2]. Наилучшим способом обучения работе с МФИ является обучение на реальной технике, для чего, как правило, используются списанные ВС. Альтернативным вариантом является использование авиационных тренажеров [3], но они дороги по стоимости и требуют квалифицированного обслуживания, а для их размещения требуется отдельная площадь в специально оборудованных помещениях с установками электропитания и (или) гидропитания [4].

В данной статье рассматривается вопрос повышения наглядности и эффективности

обучения курсантов-летчиков путем использования в учебном процессе вуза компьютерной программы, имитирующей работу центральной информационной системы (ЦИС), информация от которой выводится в реальном самолете в виде кадров на МФИ.

## Методы и методология исследования

В настоящее время изучение содержания информационных кадров информации и работа с ними на учебных занятиях производится с использованием плакатов, слайдов, учебных пособий и руководства по летной эксплуатации (РЛЭ) на изучаемый тип ВС. Однако это не позволяет сформировать у обучающихся необходимые знания и навыки, а также усвоить им порядок и особенности ввода данных перед полетом [5, 6].

В связи с этим для повышения качества учебного процесса и, как следствие, повышения уровня знаний и практических навыков обучающихся целесообразно использовать тренажеры, как физические, так и программные [3, 4, 7]. Это дает возможность повысить наглядность излагаемого материала и качество усвоения учебной программы [8], а также позволит:

1) познакомить обучающихся с информационными кадрами ЦИС и отработать порядок ввода информации в бортовой комплекс через МФИ при подготовке к полету;

2) отработать считывание полетной информации, информации о состоянии различ-



**Рис. 1.** Информационные кадры центральной информационной системы на многофункциональных индикаторах в самолете ДА-42Т

**Fig. 1.** I-frames of the Central Data System on the multipurpose displays in the DA-42T aircraft

ных систем ВС, а также отображение информации об отказах;

3) увеличить и расширить усваиваемую обучающимися информацию;

4) отрабатывать обучающимся порядок работы с ЦИС не только на учебных занятиях, но и самостоятельно, в том числе и во время самоподготовки;

5) усилить роль самостоятельной работы при приобретении, усвоении и применении новых знаний, умений и навыков обучающихся;

6) повысить мотивацию обучающихся за счет новизны деятельности, интереса к взаимодействию с мультимедийными средствами;

7) сформировать у обучающихся более глубокие профессиональные компетенции, чем при традиционных методах обучения.

Программные тренажерные средства имитации работы отдельных агрегатов и систем способствуют применению парадигмы «обучение на практике» в классе, тем самым помогая обучающимся усваивать теоретические знания и приобретать заранее определенные компетенции более дидактическим способом, могут направлять их в процессе приобретения набора конкретных навыков [9, 10]. Про-

грамма имитации работы центральной информационной системы может прививать навыки взаимодействия с информационными кадрами и может быть использована в учебном процессе вуза по различным дисциплинам, программа которых предусматривает изучение индикации и ввода данных в бортовой комплекс через МФИ (рис. 1).

Актуальность данной работы обусловлена:

- направленностью темы работы на развитие средств обучения и информационно-коммуникационных технологий в образовании, указанных в Федеральном законе № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» от 29.12.2012, глава 1, статьи 2, 29;
- разработкой современных средств визуализации, позволяющих создавать мультимедиа-материал для электронных образовательных ресурсов для авиационных вузов;
- повышением наглядности изложения учебного материала и качества усвоения учебной программы обучающимися авиационных вузов.

## Результаты исследования

Использование тренажеров, как физических, так и программных, при первоначальной подготовке летных кадров является общемировой практикой [8–11], в рассматриваемом случае использование программы имитации работы ЦИС в учебном процессе авиационного вуза позволит сделать занятия более наглядными и интересными, активизировать внимание обучающихся и вовлечь их в процесс изучения учебного материала. Программное обеспечение позволяет имитировать выдачу информации на МФИ при различных ситуациях в полете, в том числе в особых случаях, при отказах, и подробно изучить отображаемую индикацию [10]. Можно выделить следующие особенности использования программы имитации работы центральной информационной системы в учебном процессе авиационного вуза: наглядность, доступность, безопасность, вовлеченность обучающихся.

В качестве средства обучения программа имитации работы ЦИС может помочь научиться быстро реагировать на возникающие ситуации и выполнять некоторые процедуры. Однако для обеспечения этого функционала требуется качественная проработка программы имитации и воспроизведение всего необходимого функционала.

Для создания программы, имитирующей работу ЦИС, возникла необходимость выбора соответствующего программного обеспечения (ПО). Среди известного ПО, которое могло бы быть использовано для решения поставленных задач, можно выделить такие программы, как Microsoft Visual Studio, Builder C++, Delphi, Matlab Simulink, LabView [12, 13] и др. Однако они не позволяют использовать весь свой функционал без лицензии, ограничивая поле деятельности для студентов, преподавателей, инженеров. Без лицензии невозможно получать и открыто публиковать полученные с помощью этих программ результаты, что затрудняет их использование в исследовательских и образовательных целях. Кроме того, перечисленное ПО является импортным, а в связи с государственной программой № 328

«Развитие промышленности и повышение ее конкурентоспособности» от 15.04.2014, приказом Министерства связи «Об утверждении плана по импортозамещению программного обеспечения» от 01.02.2015, постановлением правительства РФ от 16.11.2015 № 1236 «Об установлении запрета на допуск программного обеспечения, происходящего из иностранных государств, для целей осуществления закупок для обеспечения государственных и муниципальных нужд» их использование на отечественных предприятиях и в вузах нежелательно.

В связи с вышеперечисленным в качестве ПО для разработки и воспроизведения информационных кадров ЦИС было выбрано программное обеспечение SimInTech<sup>1</sup>, предназначенное для моделирования технических систем. ПО SimInTech является отечественным продуктом и предназначено для детального исследования и анализа нестационарных процессов в различных объектах управления, математических моделей и алгоритмов управления. Данная программа имеет большой функционал по составлению различных схем технических устройств и ничем не уступает импортным аналогам. В SimInTech работа происходит в виде структурного проектирования логико-динамических систем, описываемых в виде систем обыкновенных дифференциальных уравнений и (или) дифференциально-алгебраических уравнений. Кроме этого, SimInTech может быть использована для создания систем управления и отображения информации для физических и программных тренажеров и тренажерных имитаторов различных приборов и систем [6, 14]. SimInTech обладает рядом преимуществ относительно своих импортных аналогов, а по качеству расчетов и доступных инструментов разработки ничем им не уступает. Кроме того, программа SimInTech может быть предоставлена отечественным вузам бесплатно.

Среди пользователей программы SimInTech есть известные отечественные организации с авиационной специализацией,

<sup>1</sup> SimInTech [Электронный ресурс] // SimInTech. URL: <https://simintech.ru/> (дата обращения: 31.01.2022).

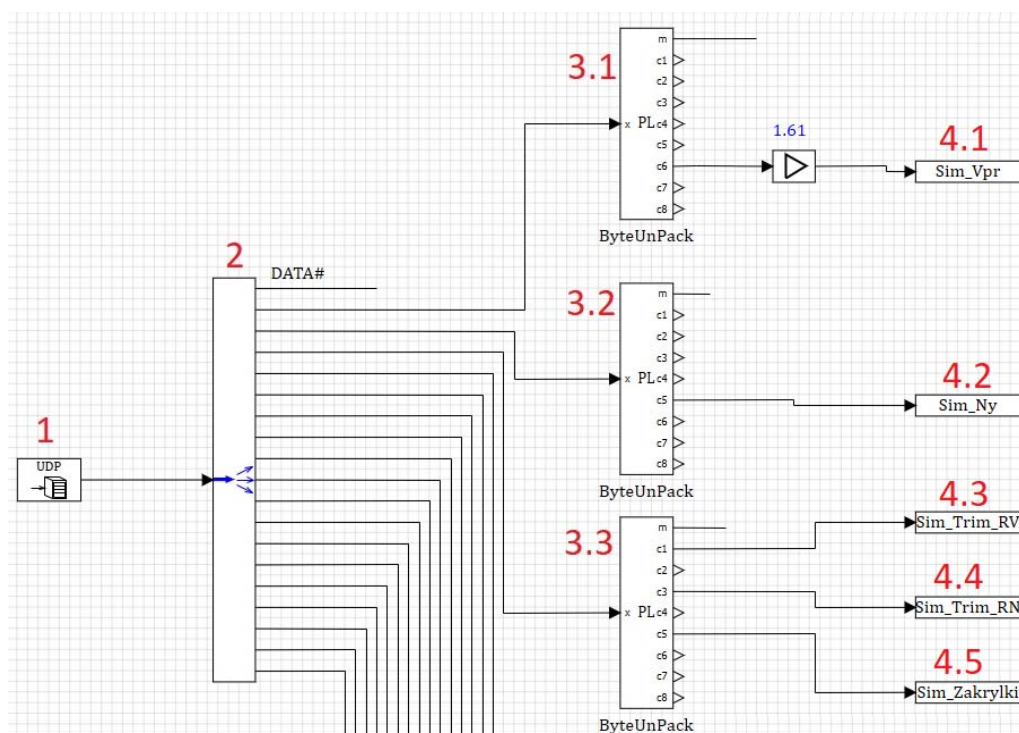


Рис. 2. Схема приема сигналов от авиасимулятора  
Fig. 2. Scheme of receiving signals from the flight simulator

такие как МВЗ им. Миля, ОКБ Сухого, ГосНИИАС, что подтверждает наличие больших возможностей моделирования различных авиационных систем.

Программа, реализующая работу программной части тренажера для имитации работы ЦИС, представляет собой разработанный пакет проектов. Пакет включает два проекта, каждый из которых предназначен для выполнения своих функций. Первый проект «Обработка данных» содержит три субмодели:

- приема сигналов от авиасимулятора (крен, тангаж, курс, скорость, высота и др.);
- приема сигналов от платы Arduino Nano (о нажатии кнопок на обрамлении монитора в случае использования имитатора МФИ совместно с программой, но это не обязательно);
- чтения координат точек маршрута из файла.

Субмодель «Прием сигналов от авиасимулятора» (рис. 2) предназначен для приема данных, отображаемых на информационных кадрах, от авиасимулятора X-Plane [3, 5, 6, 12, 13, 15–18], имеющего возможность отправки различных данных через сеть по про-

токолу UDP<sup>2</sup>. Передаваемые данные считываются из сети с помощью специальных блоков, имеющихся в программе SimInTech. Формат передаваемых данных, а также их перечень описаны в руководстве пользователя авиасимулятора X-Plane и в справочной информации программы SimInTech. Порядок обработки данных, получаемых из сети по протоколу UDP, описан в справочной информации программы SimInTech<sup>3</sup>.

На рис. 2 представлены следующие блоки.

1. Сервер UDP – позволяет передавать данные по протоколу UDP на локальный или сетевой компьютер. Данный блок должен быть настроен на тот же IP-адрес и номер UDP-порта, на который настроена передача данных в авиасимуляторе X-Plane.

<sup>2</sup> Совместная работа SimInTech и авиасимулятора X-Plane [Электронный ресурс] // Youtube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XvA04Wvzu0I> (дата обращения: 31.01.2022).

<sup>3</sup> Как настроить совместную работу SimInTech и X-Plane? [Электронный ресурс] // SimInTech. URL: [https://help.simintech.ru/index.html?q=/12\\_priemy\\_raboty/5\\_Integraciya\\_nastroika\\_sovmestnoi\\_raboty\\_SimInTech\\_i\\_X-Plane.html](https://help.simintech.ru/index.html?q=/12_priemy_raboty/5_Integraciya_nastroika_sovmestnoi_raboty_SimInTech_i_X-Plane.html) (дата обращения: 31.01.2022).

2. Демультимплексор – предназначен для разделения данных на пакеты данных, каждый из которых содержит свой набор принимаемых параметров (номер пакета и 8 параметров).

3. Блоки ByteUnPack (3.1, 3.2, 3.3 и т. д.) – предназначены для извлечения значений всех параметров из поступающего на вход пакета данных. Все блоки ByteUnPack одинаковы.

4. Блоки записи в список сигналов (4.1–4.5 и т. д.) предназначены для присвоения соответствующим переменным из списка сигналов, принятых от авиасимулятора, значений – приборной скорости (Sim\_Vpr), вертикальной перегрузки (Sim\_Ny) и подобных, используемых в проекте в виде показаний приборов на индикационных кадрах ЦИС.

На схеме в линии передачи сигнала приборной скорости используется множитель 1,61 в связи с тем, что в симуляторе единицей измерения приборной скорости являются мили в час, а на указателе скорости – километры в час.

Субмодель «Чтение координат точек маршрута из файла» предназначена для составления маршрута по точкам, координаты которых записаны в отдельный файл (долгота и широта). Эти данные используются для построения маршрута, отображаемого на кадре НВГ в программе, имитирующей работу ЦИС. Координаты точек соответствуют географическим координатам и могут быть использованы для виртуального полета в авиасимуляторе по реальным координатам с индикацией текущей навигационной обстановки о направлении полета и курсе на следующий ППМ, а также отображением всего маршрута полета на электронной карте в разработанном кадре НВГ.

Кадры ЦИС были разработаны в соответствии с реальной индикацией на МФИ в кабине самолета ДА-42Т. В качестве исходных данных были взяты представленные в РЛЭ самолета ДА-42Т информационные кадры, которые были воспроизведены с использованием графического редактора и ПО SimInTech.

Графический редактор использован для отрисовки подложки кадров: фона, шкал приборов, рамок, то есть той индикации, ко-

торая не меняется при отображении параметров работы бортовых систем.

Все подвижные и изменяющиеся элементы индикации воссозданы с использованием встроенных инструментов программы SimInTech. Однако при создании стрелок на приборах с нелинейными шкалами в разных диапазонах увеличение скорости на одну и ту же величину соответствует разным углам поворота стрелки. В связи с этим в скрипте страницы написан программный код, определяющий нелинейное изменение угла поворота стрелки приборной скорости при линейном изменении значения этой скорости, принимаемого от авиасимулятора. Аналогичная работа проделана для всех приборов, имеющих нелинейные шкалы (вариометр, указатель перегрузки и др.).

Использование вышеперечисленных инструментов позволило воспроизвести индикацию каждого прибора и указателя на каждом разработанном кадре ЦИС с детальной точностью в соответствии с представленной в РЛЭ<sup>4</sup> информацией. С использованием подобного подхода было воспроизведено более 30 кадров центральной информационной системы, один из которых представлен на рис. 3.

Для переключения между кадрами и входа в различные меню было создано кнопочное обрамление, соответствующее кнопкам в реальном МФИ. Данные кнопки могут нажиматься компьютерной мышью на любом ПК, а на планшете с сенсорным экраном – пальцем или стилусом. При использовании разработанной программы совместно с имитатором МФИ, содержащим физические кнопки, равнозначно могут применяться как программные, так и физические кнопки.

На рис. 4–5 представлено взаимодействие авиасимулятора X-Plane с разработанной программой для решения задач навигации. Представленные рисунки демонстрируют отображение маршрута, автоматически построенного по точкам с заранее введенными координатами, и траекторию полета по этому маршруту. При выполнении полета в авиаси-

<sup>4</sup> Руководство по летной эксплуатации самолета ДА-42Т, 2019. 634 с.



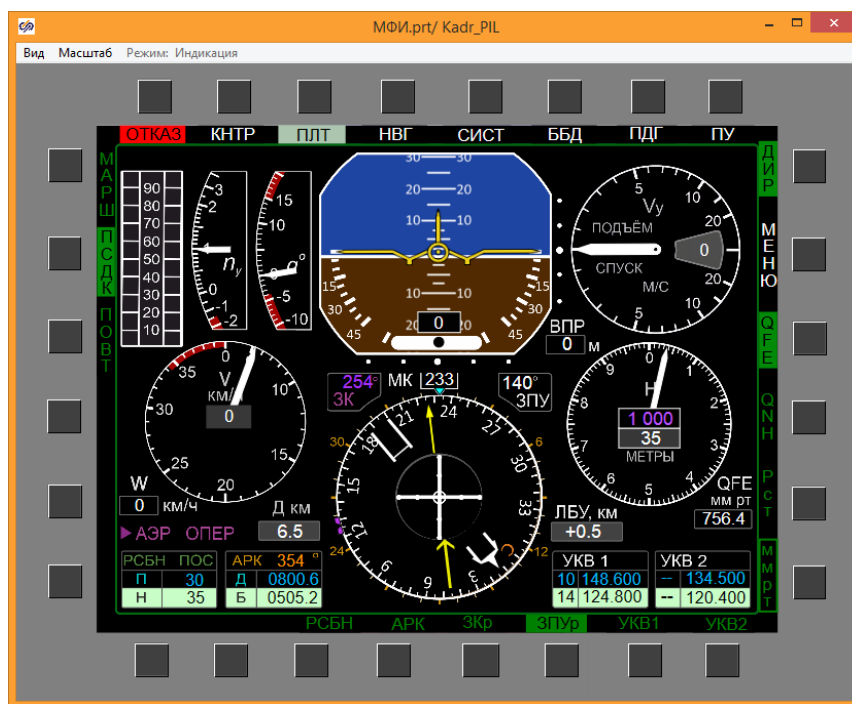


Рис. 3. Кадр ПЛТ (пилотаж), разработанный в программе SimInTech  
Fig. 3. PLT (piloting) frame developed in the SimInTech program

муляторе карта перемещается относительно ВС, вращается при смене курса и при подлете к очередной точке переключается на следующую точку маршрута (выделяется фиолетовым цветом).

Для формирования практических навыков по вводу данных в бортовой комплекс в разработанной программе на информационных кадрах созданы меню ввода данных в соответствии с реальным объектом. Таким образом, реализованы функции МФИ по отображению информации, вводу данных в бортовой комплекс и приему данных от бортовых систем, моделируемых в авиасимуляторе. Разработанная программа имитирует работу ЦИС в различных режимах и позволяет использовать ее в качестве технического средства обучения в учебном процессе. Стоит отметить, что авиасимулятор в представленной работе используется исключительно для формирования состава индикации, соответствующей динамике и условиям реального полета [4–6]. При этом функции управления виртуальным ВС обучающемуся недоступны (их выполняет инструктор-преподаватель) во избежание

формирования ложных навыков, иначе для использования в качестве полноценного авиационного тренажера он должен быть сертифицирован. Однако с технической точки зрения разработанная программа имитации работы ЦИС может быть использована при создании полноценного авиационного тренажера, пригодного для формирования первичных навыков пилотирования.

В результате разработана программа, имитирующая все основные функции ЦИС – отображение информации, ввод данных в бортовой комплекс, имитация признаков отказов.

Для использования в учебном процессе 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;



Рис. 4. Кадр НВГ, работающий совместно с авиасимулятором X-Plane  
Fig. 4. NVG frame interacting with the X-Plane flight simulator



Рис. 5. Маршрут на кадре НВГ при полете на аэродром посадки и траектория полета по этому маршруту на карте в авиасимуляторе X-Plane

Fig. 5. Route on the NVG frame when proceeding to the arrival aerodrome and the flight path along this route on the map in the X-Plane flight simulator

- отработки действий в особых случаях, для чего были воспроизведены признаки отказов в соответствии с разделом РЛЭ «Действия в особых случаях в полете, включение которых производится инструктором-преподавателем при нажатии соответствующих кнопок на отдельном кадре имитации отказов».

Разработанная программа имеет достаточно большой функционал при изучении различных учебных дисциплин, так как при ее создании ставилась цель воссоздания необходимых функций по работе с ЦИС через МФИ в соответствии с РЛЭ без привязки к конкретной учебной дисциплине.

## Обсуждение полученных результатов

Разработанные кадры ЦИС позволили с детальной точностью воспроизвести индика-

цию в самолете ДА-42Т, что дало возможность использовать его в учебном процессе Краснодарского высшего военного авиационного училища летчиков (КВВАУЛ), в частности на кафедре авиационного и радиоэлектронного оборудования. Управление отображением параметров на информационных кадрах через программу SimInTech возможно осуществлять как вручную (по желанию изменяя значение каждого параметра), так и 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 необходимости принимаемые от авиасимулятора параметры могут быть откорректированы, заменены ложными или блокированы (для имитации отказов), что позволяет имитировать индикацию не только при нормальной эксплуатации, но и индика-



цию в особых случаях в полете. Наглядное отображение такой индикации дает обучающимся намного более глубокое понимание работы ЦИС, чем при использовании статичных изображений информационных кадров из РЛЭ.

Разработка представленных схем приема информации от авиасимулятора стала возможной благодаря наличию готовых проектов, реализующих взаимодействие SimInTech и X-Plane<sup>5</sup>, которые подробно описаны и размещены в папке с демопримерами «C:\SimInTech64\Demo\Интеграция со сторонним ПО\X-Plane» и доступны пользователям сразу после установки среды моделирования SimInTech.

## Заключение

Исходя из результатов проведенной работы, можно сделать вывод о том, что совместное использование авиасимулятора X-Plane и среды динамического моделирования технических систем SimInTech дает возможность создавать схемы различных авиационных систем, в том числе систем индикации, позволяя демонстрировать алгоритм их работы при проведении учебных занятий в авиационных вузах. Такой подход оправдывает себя при отсутствии возможности демонстрации реальных образцов изучаемых систем и агрегатов во время их работы, а также при проведении занятий в рамках дистанционного обучения.

### Выводы

1. Использование различных средств визуализации может быть не только наглядным и эффективным, но и экономически выгодным средством повышения качества учебного процесса в авиационном вузе.

2. Использование разработанной программы позволяет более детально изучить информационные кадры ЦИС и более глубоко усвоить порядок взаимодействия с бортовым комплексом через МФИ, так как при

наличии реального тренажера самолета у обучающихся нет возможности уделить время работе с ЦИС в силу большой загруженности тренажера и необходимости отработки в отведенное для работы с ним время навыков пилотирования и навигации.

3. Функционал разработанной программы имитации работы ЦИС открывает большие перспективы по ее использованию в учебном процессе, однако для получения ощутимого эффекта рекомендуется массово использовать ее на личных ПК, например планшетах с сенсорным экраном.

4. Накопленный опыт можно использовать для разработки программы имитации работы информационных систем для ВС других типов. Работу в данном направлении целесообразно продолжить и при необходимости распространить наработанный материал среди отечественных авиационных вузов.

## Список литературы

1. Панин О.В., Воронов А.В. Способы отображения пилотажно-навигационной информации на воздушных судах // Проблемы и современные пути развития образования в области аэронавигации: сборник материалов VI Всероссийской педагогической научно-методической конференции. Сызрань, 22 апреля 2021 г. Киров: Межрегиональный центр инновационных технологий в образовании, 2021. С. 34–37.

2. Бондаренко А.Г. Проблемы эргономического сопровождения разработки и внедрения «стеклянных кабин» в состав компоновки оборудования летательных аппаратов / А.Г. Бондаренко, В.В. Харитонов, М.А. Кокташев, С.Ф. Серегин // Проблемы безопасности полетов. 2015. № 6. С. 23–29.

3. 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.

4. Козин Н.А., Епанчин М.И., Кахановский Д.В. Авиационный симулятор как достойная альтернатива тренажной подго-

<sup>5</sup> Совместная работа SimInTech и авиасимулятора X-Plane [Электронный ресурс] // Youtube. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XvA04Wvzu0I> (дата обращения: 31.01.2022).

товки летного состава // Научные чтения им. проф. Н.Е. Жуковского: сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции. Краснодар, 20–22 декабря 2016 г. Министерство обороны Российской Федерации, КВВАУЛ им. Героя Советского Союза А.К. Серова. Краснодар: Издательский Дом – Юг, 2017. С. 41–45.

**5. Князев А.С.** Совместное использование авиасимулятора X-Plane и среды SimInTech для исследования работы авиационных систем // Труды МАИ. 2021. № 117. 15 с. DOI: 10.34759/trd-2021-117-15. (дата обращения: 31.01.2022).

**6. Князев А.С.** Использование авиасимулятора X-Plane и среды моделирования SimInTech в учебном процессе при проведении практического занятия «Обработка полетной информации» // Научный Вестник МГТУ ГА. 2021. Т. 24, № 6. С. 42–53. DOI: 10.26467/2079-0619-2021-24-6-42-53

**7. Cameron B.** Development and implementation of cost-effective flight simulator technologies / B. Cameron, H. Rajaei, 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

**8. 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

**9. Lombardo C., Miller I., Wallace J.** Studying the interaction of UAS and human pilots using the X-Plane flight simulator // International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), 2016. Pp. 557–561. DOI: 10.1109/ICUAS.2016.7502545

**10. Ruiz S., Aguado C., Moreno R.** A teaching experience using a flight simulator: Educational Simulation in practice // Journal of Technology and Science Education (JOTSE), 2014. Vol. 4, no. 3. Pp. 181–200. DOI: 10.3926/jotse.129

**11. 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

**12. De Castro D.F.** Simulation scheme for quadricopter control with LabView and X-Plane / D.F. de Castro, I.A.A. Prado, P.F.S.M. Goncalves, D.A. dos Santos, L.C.S. Goes [Электронный ресурс] // Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, 2013. Vol. 1, no. 1. DOI: 10.5540/03.2013.001.01.0149 (дата обращения: 31.01.2022).

**13. Jalovecký R., Bystřický R.** On-line analysis of data from the simulator X-plane in MATLAB // International Conference on Military Technologies (ICMT). Czech Republic, Brno, 31 May–2 June 2017. Pp. 592–597. DOI: 10.1109/MILTECHS.2017.7988826

**14. 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.

**15. 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, in Kim T. et al. (eds.) // Software Engineering, Business Continuity, and Education. ASEA 2011. Communications in Computer and Information Science. Springer, Berlin, Heidelberg, 2011. Vol 257. Pp. 416–423. DOI: 10.1007/978-3-642-27207-3\_46

**16. Mairaj A., Baba A.I., Javaid A.Y.** Application specific drone simulators: recent advances and challenges // Simulation Modelling Practice and Theory. 2019. Vol. 94. Pp. 100–117. DOI: 10.1016/j.simpat.2019.01.004

**17. 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.

**18. Чекин А.Ю.** Использование программного пакета X-Plane при разработке систем управления авиационной и ракетно-космической техники // Информационное противодействие угрозам терроризма. 2012. № 18. С. 119–124.

## References

1. **Panin, O.V. & Voronov, A.V.** (2021). *Vethods for displaying flight fnd navigation information on aircraft*. Problemy i sovremennyye puti razvitiya obrazovaniya v oblasti aeronavigatsii: sbornik materialov VI Vserossiyskoy pedagogicheskoy nauchno-metodicheskoy konferentsii. Kirov: Mezhtseionalnyy tsentr innovatsionnykh tekhnologiy v obrazovanii, pp. 34–37. (in Russian)
2. **Bondarenko, A.G., Kharitonov, V.V., Koktashev, M.A. & Seryegin, S.F.** (2015). *Problems ergonomic support for the development and implementation "glass cabins" layout of the equipment aircraft*. Problemy bezopasnosti poletov, no. 6, pp. 23–29. (in Russian)
3. **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)
4. **Kozin, N.A., Epanchin, M.I. & Kakhanovskiy, D.V.** (2017). *Aviation simulator as a worthy alternative to flight crew training*. Nauchnyye chteniya im. prof. N.Ye. Zhukovskogo: sbornik nauchnykh statey VII Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Krasnodar: Izdatelskiy Dom – Yug, pp. 41–45. (in Russian)
5. **Knyazev, A.S.** (2021). *Joint use of the X-Plane flight simulator and the SimInTech environment to study the operation of aviation systems*. Trudy MAI, no. 117, 15 p. DOI: 10.34759/trd-2021-117-15 (accessed: 31.01.2021). (in Russian)
6. **Knyazev, A.S.** (2021). *The use of the X-Plane flight simulator and SimInTech simulation environment in the educational process during the practical lesson "Flight information processing"*. Civil Aviation High Technologies, vol. 24, no. 6, pp. 42–53. DOI: 10.26467/2079-0619-2021-24-6-42-53 (in Russian)
7. **Cameron, B., Rajae, H., Jung, B. & Langlois, R.G.** (2016). *Development and implementation of cost-effective flight simulator technologies*. Proceedings of the 3rd International Conference on Control, Dynamic Systems, and Robotics (CDSR'16). Canada, Ottawa, no. 126, pp. 1–8. DOI: 10.11159/cdsr16.126
8. **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
9. **Lombardo, C., Miller, I. & Wallace, J.** (2016). *Studying the interaction of UAS and human pilots using the X-Plane flight simulator*. International Conference on Unmanned Aircraft Systems (ICUAS), pp. 557–561. DOI: 10.1109/ICUAS.2016.7502545
10. **Ruiz, S., Aguado, C. & Moreno, R.** (2014). *A teaching experience using a flight simulator: Educational Simulation in practice*. Journal of Technology and Science Education (JOTSE), vol. 4, no. 3, pp. 181–200. DOI: 10.3926/jotse.129
11. **Staack, I., Schminder, J., Shahid, O. & Braun, R.** (2019). *Towards a complete co-simulation model integration including HMI aspects*. Proceedings of the 10th Aerospace Technology Congress, pp. 112–119. DOI: 10.3384/ecp19162012
12. **De Castro, D.F., Prado, I.A.A., Goncalves, P.F.S.M., dos Santos, D.A. & Goes, L.C.S.** (2013). *Simulation scheme for quadricopter control with LabView and X-Plane*. Proceeding Series of the Brazilian Society of Computational and Applied Mathematics, vol. 1, no. 1. DOI: 10.5540/03.2013.001.01.0149 (accessed: 31.01.2022).
13. **Jalovecký, R. & Bystřický, R.** (2017). *On-line analysis of data from the simulator X-plane in MATLAB*. International Conference on Military Technologies (ICMT). Czech Republic, Brno, pp. 592–597. DOI: 10.1109/MILTECHS.2017.7988826
14. **Smagin, D.I., Starostin, K.I., Savelyev, R.S., Kobrinec, T.A. & Satin, A.A.** (2018). *Application of this software simintech for mathematical modeling of various onboard systems of aircraft*. Computational Nanotechnology, no. 3, pp. 9–15. (in Russian)
15. **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 Kim T. et al. (eds.). 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

16. Mairaj, A., Baba, A.I. & Javaid, A.Y. (2019). *Application specific drone simulators: recent advances and challenges*. Simulation Modeling Practice and Theory, vol. 94, pp. 100–117. DOI: 10.1016/j.simpat.2019.01.004

17. Turintsev, S.V., Fedorov, A.V. & Fedorov, A.A. (2019). *Development of the proce-*

*dural simulator based on the aircraft simulator X-plane*. Problemy letnoy ekspluatatsii i bezopasnost poletov, no. 13, pp. 98–101. (in Russian)

18. Chekin, A.Yu. (2012). *The use of the X-Plane software package in the development of control systems for aviation and rocket and space technology*. Informatsionnoye protivodeystviye ugrozam terrorizma, no. 18, pp. 119–124. (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.

**Антоненко Алексей Сергеевич**, инженер-программист ООО «3В Сервис», a.antonenko@3v-services.com.

**Лоптев Максим Андреевич**, курсант, КВВАУЛ, loptevmax01@gmail.com.

**Жданов Егор Максимович**, курсант, КВВАУЛ, zhdanov.yegor@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.

**Alexey S. Antonenko**, Software Development Engineer of LLC "3V-services", a.antonenko@3v-services.com.

**Maksim A. Loptev**, Student pilot, Krasnodar Air Force Institute for Pilots, loptevmax01@gmail.com.

**Egor M. Zhdanov**, Student pilot, Krasnodar Air Force Institute for Pilots, zhdanov.yegor@mail.ru.

Поступила в редакцию 17.02.2022  
Принята в печать 24.05.2022

Received 17.02.2022  
Accepted for publication 24.05.2022