

УДК 378:37.09:629.7
DOI 10.20339/AM.06-23.041

И.Л. Клепцов,
доцент

Сибирский государственный университет науки
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

генеральный директор
Центра виртуальной авиации ООО «РАНВЭЙ29»

ORCID: 0009-0006-8835-3610
e-mail: leon@29r.aero

Е.В. Кузнецов,
канд. техн. наук, доцент

Сибирский государственный университет науки
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

ORCID: 0009-0003-3999-4436
e-mail: kuznetsoff@sibsau.ru

А.С. Тимохович*,
канд. пед. наук, доцент

Сибирский государственный университет науки
и технологий имени академика М.Ф. Решетнева, г. Красноярск

ORCID: 0009-0008-3616-7212
e-mail: timohovichas@sibsau.ru

КОНЦЕПЦИЯ ПОСТРОЕНИЯ УЧЕБНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТОВ ГРАЖДАНСКОЙ АВИАЦИИ В ТЕХНИЧЕСКИХ ВУЗАХ

Рассматривается способ оснащения учебными тренажерами для подготовки авиационного персонала гражданской авиации. Так как не все вопросы практической подготовки можно решить за счет реализации части образовательной программы в форме практической подготовки в профильной организации, применение в обучении авиационных тренажеров позволяет существенно сократить расходы на подготовку специалиста.

Представленные на рынке тренажеры являются дорогими для учебных заведений при ограниченном функционале, поэтому один из вариантов – их самостоятельное изготовление. Предлагается вариант снижения стоимости авиационных тренажеров за счет применения малогабаритных микроконтроллеров, встраиваемых в сам прибор, и обмена данными с центральной ЭВМ по беспроводной линии связи.

Для проверки такого подхода была собрана тестовая установка в виде панели бортинженера самолета Ту-154М, состоящая из более чем пятисот элементов. Наработка тестовой установки составила 1300 часов. За указанный промежуток времени не произошло ни одного сбоя в ее работе, все приборы, лампы и органы управления отрабатывали заданные значения безошибочно.

Предлагаемый вариант метода изготовления авиационных тренажеров менее затратен как в финансовом плане, так и в трудоемком, что дает возможность учебным организациям его приобрести и позволяет сформировать у будущих авиационных специалистов необходимые компетенции по эксплуатации современной авиационной техники. В случае если подобный авиационный тренажер разрабатывается и изготавливается силами студентов в рамках проектного обучения, курсовых работ (проектов) и выпускных квалификационных работ, достигается главная цель – наибольший уровень практического освоения оборудования и систем воздушных судов.

Ключевые слова: построение авиационных тренажеров, авиационные приборы, микроконтроллер, беспроводные приборы, компетенции выпускников.

* Здесь и далее отмечен автор-корреспондент.

THE CONCEPT OF DEVELOPMENT OF TRAINING SIMULATORS FOR TRAINING OF CIVIL AVIATION SPECIALISTS IN TECHNICAL UNIVERSITIES

Ivan L. Kleptsov, Docent at Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk; CEO of Center for Virtual Aviation LLC "RANWAY29", ORCID: 0009-0006-8835-3610, e-mail: leon@29.aero

Evgeny V. Kuznetsov, Cand. Sc. (Technic), Docent at Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, ORCID: 0009-0003-3999-4436, e-mail: kuznetsoft@sibsau.ru

Alexander S. Timovich*, Cand. Sc. (Pedagogy), Docent at Reshetnev Siberian State University of Science and Technology, Krasnoyarsk, ORCID: 0009-0008-3616-7212, e-mail: timovichas@sibsau.ru

The method of equipping with training simulators for civil aviation personnel training is considered. Since not all issues of practical training can be solved by implementing a part of the educational program in the form of practical training in the specialized organization, the use of training aviation simulators can significantly reduce the cost of specialist training. The simulators presented at the market are expensive for education institutions with limited functionality, that is why one of the options is their independent production. It is proposed to reduce the cost of training simulators by using small-size microcontrollers, which are built into the device itself, and data exchange with the central computer over a wireless communication line.

To check this approach, a test setup in the form of a Tu-154M flight engineer panel consisting of more than five hundred elements was assembled. The operating time of the test setup was 1300 hours, during that period of time there was not a single failure in operation, all devices, lamps and controls worked out the set values without failures.

The offered variant of a method of manufacturing flight simulators is less expensive both financially and labor-consuming, which enables educational organizations to purchase it and allows to form necessary competences on operation of modern aviation technique among the future aviation specialists. In case such aviation simulator is designed and manufactured by students within the framework of project training, course works (projects) and graduate qualification works, the main goal – the highest level of practical mastering of aircraft equipment and systems – is achieved.

Keywords: development of training simulators, aviation devices, microcontroller, wireless devices, graduate competence.

Введение

В настоящее время происходит кардинальное изменение функций инженерной деятельности и требований к профессиональным и личностным качествам выпускника высшего технического учебного заведения. Труд современного авиационного инженера становится все более творческим, по характеру своей деятельности инженер приближается к ученому. Повышается уровень сложности и комплексности решаемых авиационным инженером задач, особенно в таких научоемких отраслях, как авиационная техника, что делает инженерный труд в значительной мере коллективным. Развитие науки, техники и технологий, формируемый рынок интеллектуального труда обуславливают необходимость широкопрофильной подготовки авиационных специалистов в целях эффективного формирования их профессиональных компетенций, обеспечивающих их востребованность на региональном и федеральном рынке труда [1; 2]. Профессиональное сообщество, работодатели требуют от выпускников вузов всё больше практических навыков при высоком уровне теоретической подготовки, что обуславливает необходимость интенсификации образовательного процесса.

Подготовка инженерно-технического состава – это длительный и дорогостоящий процесс по формированию компетенций, необходимых авиационному специалисту. Такой процесс требует как высококвалифицированных препода-

вателей, так и доступа обучающихся к современной авиа-технике. Частично это можно решить за счет реализации части образовательной программы в форме практической подготовки в профильной организации, но ограничения в доступе обучающихся к техническому обслуживанию и ремонту авиационной техники на авиапредприятии не позволяют охватить весь цикл обучения. Требуется высокотехнологичное оснащение образовательного процесса учебными стендами, мультимедийными технологиями, наглядными пособиями и современными тренажерами. Применение в обучении авиационных тренажеров позволяет существенно сократить расходы на подготовку специалиста, а также позволяет формировать компетенции безопасно для жизни и здоровья, т.к. многие элементы обучения невозможно воспроизвести или отработать на реальной авиационной технике (например, пожар двигателя и др.) [3–7].

Для авиационных технических специалистов применение тренажеров в образовательном процессе способствует отработке следующих основных навыков и компетенций.

1. Проведение контроля, диагностирования, прогнозирования технического состояния, регулировочных и доводочных работ, испытаний и проверки работоспособности информационно-измерительных систем, бортовых радиоэлектронных систем и пилотажно-навигационных комплексов.

2. Применение средств наземного обслуживания авиационной техники, контрольно-измерительной аппаратуры, средств вычислительной техники.

На сегодняшний день очень немногие учебные заведения, осуществляющие подготовку авиационных специалистов, имеют в своем распоряжении современные тренажеры. Проблема состоит в том, что предложений таких тренажеров на рынке недостаточно, а имеющиеся – дорогие для учебных заведений и к тому же имеют ограниченный функционал. Например, для образовательного процесса в авиационных вузах предлагаются виртуальные тренажеры самолетов Ту-204 и Sukhoi Superjet 100, вертолетов семейства Ми-8, каждый стоимостью до миллиона рублей. По заявлению поставщиков тренажеров, они позволяют с помощью трехмерной графики и анимации изучить основы процесса технического обслуживания, конструкцию, оборудование и системы воздушных судов.

Бессспорно, нужно стремиться к использованию в образовательном процессе подобных авиатренажеров, однако с учетом финансовых возможностей вузов в текущий момент можно выбрать альтернативный путь, изготовив тренажер силами студентов, преподавателей и инженеров кафедр.

Основная часть

При разработке и производстве авиационных тренажеров каждый прибор должен воспроизводить работу в точности так, как это происходит при работе соответствующей реальной авиационной техники, поэтому управление приборами осуществляют электронные вычислительные машины (ЭВМ), задача которых – имитировать работу систем воздушного судна, динамику полета и др. Таким образом, роль прибора сводится к выполнению команд центральной ЭВМ.

При применении в тренажерах жидкокристаллических дисплеев, а особенно стрелочных приборов, и при обмене данными с центральной ЭВМ в большинстве случаев используется большое количество проводов. Так как движение стрелок осуществляется шаговыми двигателями, серводвигателями, электродвигателями постоянного или переменного тока, а для «отслеживания» положения стрелки могут применяться различные датчики – потенциометры, синусно-косинусные вращающиеся трансформаторы (СКВТ), сельсины, датчики холла и др. К примеру, для управления одним командно-пилотажным прибором ПКП-1 количество проводов, подводимых к прибору, может доходить до 50 шт., что усложняет монтаж прибора, а для стабильной его работы приходится применять экранированную электропроводку. К тому же такой подход к производству и разработке влечет за собой значительное удорожание за счет затрат на электропроводку и ее

монтаж, а также существенно усложняет процесс транспортировки тренажера и его монтажа непосредственно в учебном заведении.

Современная микроэлектроника позволяет решить эти проблемы и снизить стоимость за счет применения малогабаритных микроконтроллеров, встраиваемых в сам прибор, и обмена данными с центральной ЭВМ по беспроводной линии связи (Wi-Fi).

Например, микроконтроллер Espressif ESP32 имеет размеры 25,5×18 мм и способен:

- ◆ считывать положение СКВТ, сельсинов, потенциометров, датчиков холла;
- ◆ управлять электродвигателями постоянного и переменного тока, серводвигателями и шаговыми двигателями,
- ◆ передавать и принимать данные посредством встроенных приемопередатчиков Wi-Fi и Bluetooth.

При этом стоимость одного такого микроконтроллера составляет 200–500 рублей. Для сравнения: стоимость одной специализированной микросхемы, предназначеннной для чтения параметров СКВТ, составляет от 12 до 180 тыс. руб., а для управления маломощным электродвигателем 36 В 400 Гц – от 10 до 150 тыс. рублей. Таким образом, стоимость материалов и комплектующих для подключения к ЭВМ одного только прибора ПКП-1 составляет от 70 до 800 тыс. рублей. При применении указанных выше микроконтроллеров стоимость материалов и комплектующих снижается до 3–5 тыс. рублей.

Для обеспечения беспроводной работы имитаторов авиационных приборов может применяться обычный Wi-Fi роутер. В упрощенном варианте один Wi-Fi роутер может обеспечивать стабильную работу до 255 устройств, подключенных к нему. Объем данных, передаваемых с прибора или на прибор, сравнительно мал – так, для рассматриваемого прибора ПКП-1 объем передаваемых данных за один тик составляет 52 байта. Для обеспечения нормальной работы прибора требуется не менее 60 таких передач в секунду, таким образом, скорость передачи данных должна составлять около 25 Кбит/сек. В случае работы 255 таких устройств суммарная минимальная скорость должна составлять около 6,4 Мбит/сек. Современные роутеры Wi-Fi даже в самом простом исполнении обеспечивают скорость внутрисетевого обмена данными со скоростью около 100 Мбит/сек, что более чем достаточно для обеспечения работы приборов.

Суть самого метода построения беспроводных приборов в авиационных тренажерах сводится к тому, чтобы центральная ЭВМ безошибочно могла определить, какой именно прибор ей передает данные и какие данные

передать ему. Это достигается путем нескольких рабочих режимов как микроконтроллера, установленного в приборе, так и центральной ЭВМ:

1. После запуска Wi-Fi роутера программа центральной ЭВМ подключается к локальной сети, при этом не важно, какой именно IP-адрес будет назначен роутером для центральной ЭВМ.

2. После подключения к локальной сети программа центральной ЭВМ осуществляет отправку широковещательного сообщения по всей локальной сети с определенной периодичностью, например, через 1 сек. Широковещательное сообщение содержит назначенный роутером IP-адрес центральной ЭВМ и уникальный заранее прописанный код.

3. При подаче питания на приборы, имеющие в своем составе микроконтроллеры, каждый микроконтроллер осуществляет поиск заранее прописанной в его памяти Wi-Fi сети и подключается к ней. При этом IP-адрес каждого микроконтроллеру назначает также роутер.

4. После подключения к сети Wi-Fi микроконтроллер запускает прослушивание широковещательных адресов. Как только поступает широковещательное сообщение, микроконтроллер его расшифровывает, записывает IP-адрес, пришедший в сообщении, сравнивает уникальный код и, если он соответствует записанному коду в энергонезависимой памяти, отправляет на этот IP-адрес свой IP-адрес, список необходимых для получения от центральной ЭВМ переменных (данных), а также периодичность, с которой необходимо отправлять эти данные.

5. Центральная ЭВМ принимает сообщение от микроконтроллера, записывает его IP-адрес, считывает список переменных, запрошенных микроконтроллером, и начинает с заданной в сообщении периодичностью отправлять запрошенные переменные (данные).

6. Если необходима отправка каких-либо переменных (данных) от микроконтроллера к центральной ЭВМ, то микроконтроллер отправляет эти данные по записанному из широковещательного сообщения IP-адресу с указанием типа и имени переменной

7. При разрыве связи микроконтроллера с центральной ЭВМ (микроконтроллер это определяет по отсутствию приходящих данных) происходит перезагрузка микроконтроллера через заранее определенный промежуток времени и цикл, описанный в пп. 1–6, повторяется.

Для проверки данного метода была собрана *тестовая установка* в виде панели бортинженера самолета Ту-154М, состоящая из 30 микроконтроллеров, 56 стрелочных авиационных приборов, 204 светодиодных индикаторов, 273 переключателей, кнопок и тумблеров.

Наработка тестовой установки составила 1300 часов. За указанный промежуток времени не произошло ни одного сбоя в работе, а все приборы, лампы и органы управления отрабатывали заданные значения безошибочно.

Электропитание установки осуществлялось от сети переменного тока 220 В 50 Гц через стабилизированный блок питания 12 В. К приборам был подведен только один провод питания «+», а соединение с GND осуществлялось через металлическую арматуру панели крепления приборов и металлический корпус приборов, что позволило еще сократить применяемую электропроводку.

Анализ показал, что для задействования данной группы приборов было применено около 100 м электропровода, из которых 20 м для подачи электропитания и 80 слаботочных сигнальных.

При применении проводных технологий подключения приборов и органов управления суммарная длина необходимой электропроводки составила бы около 5 км, что увеличило бы как общую стоимость, так и трудовые затраты на прокладку и подключение электропроводки.

Стоимость комплектующих и материалов для сборки тестовой установки составила около 200 тыс. рублей (без учета работы и стоимости ЭВМ). При применении методов, используемых на данный момент при изготовлении авиационных тренажеров, эта стоимость была бы на порядок выше.

Заключение

Предлагаемый вариант метода разработки и сборки авиационных тренажеров менее затратен как в финансовом плане, так и в трудоемком, что дает возможность учебным организациям его приобрести и позволяет сформировать у будущих авиационных специалистов необходимые компетенции по эксплуатации современной авиационной техники.

В случае если подобный авиационный тренажер разрабатывается и изготавливается силами студентов в рамках проектного обучения, курсовых работ (проектов) и выпускных квалификационных работ, достигается главная цель – наибольший уровень практического освоения оборудования и систем воздушных судов.

Представляется целесообразным рассмотреть сетевое взаимодействие вузов, входящих в ФУМО 25.00.00 «Аэронавигация и эксплуатация авиационной и ракетно-космической техники», для совместной разработки авиационных тренажеров по таким современным отечественным воздушным судам для гражданской авиации, как Sukhoi Superjet 100, Ту-214, МС-21, Ил-114.

Литература

1. Лукьянова А.А., Кузнецов Е.В. Кадровое обеспечение красноярского авиахаба как фактор развития скоростного транспорта Сибири и Дальнего Востока // Скоростной транспорт будущего: перспективы, проблемы, решения: тезисы 1-й Междунар. науч.-техн. конф., Москва, 29 августа – 3 сентября 2022 г./ Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет). М.: Пере, 2022. С. 207–209.

2. Тимохович А.С., Мартынов Е.А., Асуму Х.М. Порядок тестирования навигационного оборудования аэродромов // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: сборник материалов VII Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Дню космонавтики: в 3 т., Красноярск, 12–16 апреля 2021 г. Красноярск: СибГУ имени М.Ф. Решетнева, 2021. С. 683–685.

3. Лаврушко В.В., Божанов Я.С. Авиационные тренажеры: основные типы, состояние и направления российского рынка тренажеростроения // Школа-семинар молодых ученых и специалистов в области компьютерной интеграции производства: сборник материалов. Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2020. С. 92–96.

4. Киргинцев М.В., Пеньков Н.А., Свиридов С.Г., Дьяков Д.Е. Применение технологии виртуальной реальности в тренажерных комплексах для инженерно-технического состава // Современные научноемкие технологии. 2019. № 7. С. 181–184.

5. Белокопытов М.Л., Григорьев А.П., Козырев Г.И., Кокорев А.В., Овчинникова Ю.С. Современные авиационные тренажеры как средство непрерывной подготовки авиационных специалистов // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. 2020. № 672. С. 336–346.

6. Nowakowski H., Makarewicz J. Flight simulation devices in pilot air training // Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport. 2018, 98, 111–118.

7. Kozuba J.; Śladkowski A. Simulators as an Essential Tool for Shaping the Competence of the Aviation Personnel // Research Anthology on Reliability and Safety in Aviation Systems, Spacecraft, and Air Transport. 2021. P. 487–529.

References

1. Lukyanova, A.A., Kuznetsov, E.V. Staffing of the Krasnoyarsk aviation hub as a factor in the development of high-speed transport in Siberia and the Far East. In: Abstracts of the 1st International Scientific and Technical Conference "High-speed Transport Development (HSTD 2022)". Moscow, August 29 – September, 3 2022. Moscow Aviation Institute (National Research University). Moscow: Pero Publishing House, 2022. P. 207–209.
2. Timokhovich, A.S. Martynov, E.A., Asumu, H.M. The procedure for testing the navigation equipment of airfields. Proceedings of VII International Scientific-Practical Conference dedicated to the Day of Cosmonautics "Actual problems of aviation and cosmonautics" in 3 vols. Krasnoyarsk, April 12–16, 2021. Krasnoyarsk: SibSU named after M.F. Reshetnev, 2021. P. 683–685.
3. Lavrushko, V.V., Bozhanov, Ya.S. Aviation simulators: main types, state and directions of Russian simulator market. In: School-seminar of young scientists and specialists in the field of production computer integration: collection. Orenburg: Orenburg State University, 2020. P. 92–96.
4. Kirgintsev, M.V., Penkov, N.A., Sviridov, S.G., Dyakov, D.E. The application of virtual reality technology in the training facilities for technical staff. *Modern Science-Intensive Technologies*. 2019. No. 7. P. 181–184.
5. Belokopytov, M.L. Grigoryev, A.P., Kozyrev, G.I., Kokorev, A.V., Ovchinnikova, Yu.S. Modern aviation simulators as a means of continuous training of aviation specialists. *Papers of the Mozhaisky Military Space Academy*. 2020. No. 672. P. 336–346.
6. Nowakowski, H., Makarewicz, J. Flight simulation devices in pilot air training. *Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport*. 2018, 98, 111–118
7. Kozuba, J.; Śladkowski, A. Simulators as an Essential Tool for Shaping the Competence of the Aviation Personnel. In book: Research Anthology on Reliability and Safety in Aviation Systems, Spacecraft, and Air Transport. 2021. P. 487–529.