

конференции, Екатеринбург, 20-21 мая 2024 г. / под науч. ред. В. А. Федорова; Рос. гос. проф.-пед. ун-т.Екатеринбург, 2024. – С. 127 – 131.

4. Фаляхов, И. И. Научно-методическое обеспечение подготовки наставников для дуального обучения студентов колледжа: дис. канд. пед. наук: 13.00.08. – Российский гос. проф.-пед. университет, Екатеринбург, 2018. – 218 с.

5. Федоров, В. А., Савельева, М. А. Подготовка специалистов среднего звена с учетом требований рынка труда в условиях профессионалитета: выявленные проблемы // Профессиональное образование и рынок труда, 2024. – №1. – С. 29–41.

УДК 629.051

### **Цифровые двойники бортовых приборов как способ получения начальных навыков пилотирования**

**Стрельцов Д. С., студент,  
Матвеев В. В., д. т. н., зав. каф. «Приборы управления»  
ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»  
г. Тула, Российская Федерация**

Аннотация:

Применение компьютерных технологий в учебном процессе позволяет как вырабатывать теоретические знания, так и развивать практические навыки. В статье рассматривается применение цифровых двойников авиационных приборов для отработки начальных навыков пилотирования летательного аппарата.

Одним из важных навыков пилота является умение ориентироваться по показаниям авиационных приборов.

На кафедре «Приборы управления» разработана программа, содержащая цифровые двойники авиационных приборов: авиагоризонт прямой индикации, указатели поворота и скольжения, автомат углов атаки и компас [1, 2]. Программа написана на языке *C#* в среде *Unity3d*. При разработке особое внимание уделялось соответствию внешнего вида приборов на экране современным приборам реальных летательных аппаратов. Для запуска программы вводятся данные датчиков виртуального летательного аппарата одним из способов: в первом варианте к программе подключается масштабная модель

самолета со встроенными датчиками – гироскопами и акселерометрами. Таким образом, можно сопоставить перемещение летательного аппарата (ЛА) с поведением приборов; т.е. увидеть индикацию авиагоризонта при различных углах тангажа и крена, индикацию указателя скольжения и перегрузки при линейном перемещении, указателя поворота при повороте летательного аппарата в разных плоскостях. Внешний вид программы на экране мобильного устройства представлен на рисунке 1.

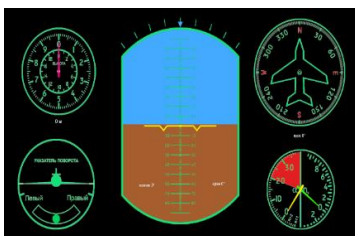
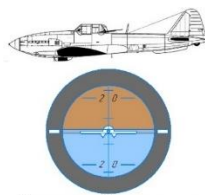


Рис. 1. Внешний вид программы на *Android*

То, что в руках у ученика находится модель ЛА дает возможность просмотреть именно интересующие его ситуации полета, что практически невозможно сделать на статических рисунках соответствия положению ЛА показаний приборов (рисунок 2).



Показания авиагоризонта при горизонтальном полёте

Рис. 2. Вариант использования приложения (слева) и обучающая картинка для авиагоризонта АГИ-1 (справа)

Во втором варианте полет самолета виртуализуется через подключение геймпада или джойстика, но данные датчиков, теперь уже виртуальных, подаются в программу. Вычисления проводит другая программа, которая подключается к виртуальным приборам по протоколу TCP (Transmission Control Protocol) [3]. В этом случае на одном

мониторе компьютера показывается закабинная обстановка (вид из кабины пилота от первого лица), а на втором – цифровые двойники приборов. Это дает возможность сопоставить изменение закабинной обстановки с работой приборов (рисунок 3).



Рис. 3. Вариант использования приборной панели со сторонним ПО

Принцип работы приложения заключается в обработке информации датчиков в реальном времени. Соответствие приборов информации датчиков сведено в таблицу 1. В графе «датчик» под словосочетанием «Все одновременно» имеется ввиду информация с фильтра, вычисляющего параметры ориентации ЛА по информации трех гироскопов и трех акселерометров. Высота для высотомера вычисляется через умножение синуса угла тангажа на скорость полета.

Для большей мобильности и совместимости программа перенесена на операционные системы Windows и Android. Это позволяет развернуть больше рабочих мест при наличии разнообразного оборудования: одновременно на нескольких планшетных ПК и настольных ПК, мобильных телефонах.

Таблица 1 – Привод приборов датчиками

Прибор	Датчик	Информация
Компас	Все одновременно	Курс
Авиагоризонт	Все одновременно	Тангаж и крен
Указатель поворота	Гироскоп Z	Угловая скорость
Указатель скольжения	Акселерометр X	Линейное ускорение и крен
Указатель перегрузки	Акселерометр Z	Линейное ускорение
Указатель угла атаки	Акселерометр Z	Линейное ускорение
Высотомер	Все одновременно	Тангаж

Таким образом, можно заключить следующее:

– анимация приборов в реальном времени показала себя более информативной, чем статические учебные изображения приборной панели с ориентацией ЛА.

– учебные приложения должны быть кроссплатформенными, поэтому платформозависимые функции использовать при их разработке нежелательно.

– интерактив позволяет получить максимальную вовлеченность в учебный процесс.

### **Список использованных источников**

1. Прилепский, В. А. Электронный учебно-методический комплекс по дисциплине *Авиационные приборы* / В. А. Прилепский, Н. А. Яковенко / Самарский государственный аэрокосмический университет.

2. Приборное оборудование [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://ru.wikipedia.org/Приборное\\_оборудование/](https://ru.wikipedia.org/Приборное_оборудование/). – Дата доступа: 01.03.2024.

3. Стрельцов, Д. С. Использование программ с трехмерной графикой для отладки гироскопических систем / Д. С. Стрельцов, В. В. Матвеев // Новые направления развития приборостроения: материалы 14-й международной научно-технической конференции молодых ученых и студентов, 14–16 апреля 2021 г. / БНТУ; редкол.: О. К. Гусев (пред. редкол.) [и др.]. – Минск : БНТУ, 2021 – С. 62–63.

УДК 531.383

### **Инерциальный измерительный модуль как средство изучения механических явлений**

**Колесникова А. Г., студент,**

**Матвеев В. В., д. т. н., заведующий кафедрой**

**«Приборы управления»**

*ФГБОУ ВО «Тульский государственный университет»*

*г. Тула, Российская Федерация*

Аннотация: