



Сравнительная оценка подходов к подготовке бакалавров по авиационным двигателям

© 2025, А.С. Гвоздев ✉, В.С. Мелентьев, И.Ф. Лейковский

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва, Самара, Россия

Аннотация

Представлены предварительные результаты сравнительной оценки двух современных подходов в обучении бакалавров на основе традиционных видов занятий и обучения с использованием иммерсивных технологий по критерию эффективности усвоения знаний обучающимися по направлению 24.03.05 Двигатели летательных аппаратов. В качестве иммерсивной образовательной среды использована платформа «Виртуальный павильон для изучения конструкции авиационных двигателей», представляющая собой совокупность взаимосвязанных учебных пространств: виртуального ангара, учебной лаборатории, моторного класса, мастерской-тренажёра. Платформа оснащена: инструментарием для взаимодействия с объектами при выполнении практических заданий; интегрированными в среду информационно-техническими базами данных по изучаемым двигателям и их интерактивными макетами в виде цифровых копий двигателей, представленных в Центре истории авиационных двигателей Самарского университета. На основе методов тестирования сделана попытка оценки качества освоения обучающимися учебного материала по дисциплине «Введение в специальность». По результатам проведённого анализа можно заключить, что применение иммерсивных технологий в изучении сложных технических объектов позволит сократить применение традиционных средств изучения конструкций двигателей на основе чертежей, схем, разрезных макетов и натуральных образцов в пользу виртуальных тренажёров, лабораторий, библиотек и др., включая дистанционное обучение.

Ключевые слова: виртуальная реальность, иммерсивные технологии обучения, авиационные двигатели, оценка качества обучения, тестирование, учебный тренажёр.

Цитирование: Гвоздев А.С., Мелентьев В.С., Лейковский И.Ф. Сравнительная оценка подходов к подготовке бакалавров по авиационным двигателям. *Онтология проектирования*. 2025. Т.15, №1(55). С.82-95. DOI: 10.18287/2223-9537-2025-15-1-82-95.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение

В области высшего образования отмечается рост востребованности технологий виртуальной реальности (VR) [1-4]. Проекты, основанные на иммерсивных технологиях, активно внедряются в учебных заведениях нашей страны и за рубежом [1, 5-8]. Применение таких технологий основано на включении в учебный процесс виртуального окружения [9]. Это способствует повышению интереса обучающихся к изучаемому предмету, позволяет получить опыт присутствия, увеличивая вероятность запоминания подаваемой информации.

В ряде работ, включая диссертационные исследования¹, отмечается, что классические концепции обучения, основанные на подаче материала в текстовой, иллюстративной, схема-

¹ Millican T. Virtual Reality in Higher Education: A Case Study at the Air University's Squadron Officer College: Academic dissertation for the Degree of Doctor of Philosophy: defended on 07.05.2017. Auburn, Alabama, 2017. 271 p.

Жук Ю.А. Дидактические условия использования дисплейных форм наглядности в обучении студентов: автореф. дис. ...кандид. пед. наук: 13.00.01 / Жук Юлия Александровна. СПб. 2010. 22 с.

Гнедых Д.С. Эффективность усвоения учебной информации студентами в условиях электронного обучения: дис. ...канд. пед. наук: 19.00.07 / Гнедых Дарья Сергеевна. СПб., 2015. 237 с.

тической форме - в электронном обучении приобретают новую специфику, оказывая неоднозначное влияние на эффективность усвоения учебного материала [10-14]. Это означает, что выявленные в традиционном обучении закономерности могут по-разному проявлять себя при использовании в учебном процессе технологий VR.

В отчёте [15] приведена оценка влияния иммерсивных методов обучения на академическую успеваемость, эффективность усвоения материала и долговременную память студентов. Результаты тестирования показали, что группа «VR-студентов» продемонстрировала оценки на 27% выше, чем группа, изучавшая аналогичный материал обычным способом. Кроме этого, показатели группы «VR-студентов» по уровню запоминания информации на 32% превосходили показатели контрольной группы [15].

В статье [16] отмечено, что даже плохо успевающие «VR-студенты» давали на 40...50% больше правильных ответов после изучения темы, в сравнении с контрольной группой [16].

В статье [17] показано применение разработанного VR-приложения для поддержки проектирования самолёта в рамках учебной дисциплины. Отмечаются «положительные результаты применения VR в обучении техническим дисциплинам, и делается вывод о том, что «VR даёт больше наглядности и больше визуального представления об изучаемом объекте».

В данной статье предпринята попытка выполнить сравнительную оценку эффективности применения в образовательном процессе VR-технологий по отношению к традиционным методам обучения на примере выполнения лабораторных работ по изучению конструкции двигателей летательных аппаратов обучающимися по направлению 24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов»² (профили «Виртуальный инжиниринг в проектировании авиационных двигателей» и «Организация и управление производством») в рамках дисциплины «Введение в специальность».

1 Материалы и методы

Эксперимент проводился в течение весеннего семестра 2023-2024 учебного года на базе двух учебных групп бакалавров. Обучающиеся были разделены на опытную (VR) и контрольную (Классика) подгруппы. Каждая из подгрупп, в соответствии с учебным планом², выполнила четыре лабораторных работы. В качестве индивидуального задания студенты контрольной группы изучали один из двигателей, представленных в ангаре Центра истории авиационных двигателей Самарского университета. Испытуемые из опытной группы работали с ограниченной номенклатурой двигателей, имеющихся в VR-среде. Две наиболее сложные лабораторные работы выбраны в качестве эксперимента. В процессе выполнения лабораторных работ опытная и контрольная группы менялись местами. Таким образом, у всех обучающихся была возможность попробовать свои силы в VR.

Для организации учебного процесса в VR-среде разработан виртуальный тренажёр - учебная лаборатория по изучению конструкции двигателей («Виртуальный павильон»), представляющий собой VR-подобие учебного ангара Центра истории авиационных двигателей Самарского университета и моторных классов кафедры с интерактивными виртуальными макетами двигателей, снабжённых интегрированными базами данных по их техническому

² Основная профессиональная образовательная программа высшего образования «Виртуальный инжиниринг в проектировании авиационных двигателей» программы бакалавриата по направлению подготовки 24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов» (очная форма обучения, набор 2023 г): утв. учёным советом Самарского университета, протокол №10 от 28.04.2023. URL: https://ssau.ru/docs/sveden/education/OOP_240305-2023-O-PP-4y00m-23.pdf.

Основная профессиональная образовательная программа высшего образования «Организация и управление производством» программы бакалавриата по направлению подготовки 24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов» (очная форма обучения, набор 2023 г): утв. учёным советом Самарского университета, протокол №10 от 28.04.2023. URL: https://ssau.ru/docs/sveden/education/OOP_240305-2023-O-PP-4y00m-13.pdf.

описанию. При разработке «Виртуального павильона» учитывались не только функциональные и графические составляющие интерфейса, а также психолого-педагогические особенности этой среды, руководствуясь рекомендациями, изложенными в [18, 19]. В соответствии с концепцией ВР был переработан и дополнен учебно-методический материал, а именно: пособия для выполнения лабораторных работ и некоторые макеты двигателей, которые традиционно используются преподавателями при изучении конструкции, для возможности взаимодействия с ними через иммерсивную среду «Виртуального павильона». Эта адаптация проводилась для демонстрации с использованием ВР шлемов.

В качестве примера в таблицах 1 и 2 представлен сценарный план практического занятия по теме «Камеры сгорания (КС) газотурбинного двигателя (ГТД)»: общий для опытной и контрольной групп (таблица 1) и различающийся для этих групп (таблица 2). Фрагменты работы обучающихся опытной группы в иммерсивной среде представлены на рисунке 1.

Таблица 1 – Общий для опытной и контрольной групп фрагмент сценарного плана занятия

Этап занятия	Содержание занятия. Деятельность преподавателя	Деятельность обучающихся
1. Сообщение темы и цели занятия	Тема занятия: «Камеры сгорания (КС) газотурбинных двигателей (ГТД)». Цель: ознакомить обучающегося с назначением, принципом действия, устройством, особенностями конструктивных схем КС авиационных ГТД, основных деталей, изготовлением и обеспечением надёжной работы КС.	Обе группы используют для работы тетради: выделяют тему, обозначают цели.
2. Постановка учебной задачи	Задание обучающимся: 1. Ознакомиться с теоретическим материалом, изложенном в учебном пособии. 2. Кратко сформулировать и занести в тетрадь принцип действия, устройство и особенности конструктивных схем КС ГТД. 3. Изобразить конструктивные схемы КС с необходимыми обозначениями.	Уясняют учебные задачи. Задают вопросы преподавателю.
3. Изложение нового материала	Рассмотрение вопросов учебного материала: 1. Назначение КС. 2. Понятие о процессе горения топлива. 3. Особенности рабочего процесса в КС ГТД. 4. Конструктивные схемы КС. 5. Классификация КС. 7. Состав и основные элементы конструкции КС и др.	Обе группы составляют конспект теоретической части лабораторной работы на основе лекции преподавателя. Задают вопросы преподавателю.
7. Процедура тестирования	Объяснение цели и задач теста по пройденному материалу на тему «КС ГТД». Раздача обучающимся комплектов диагностического материала. Время прохождения тестирования 30 минут.	Обе группы в письменном виде выполняют тест по пройденному материалу.

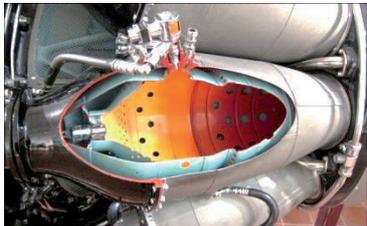
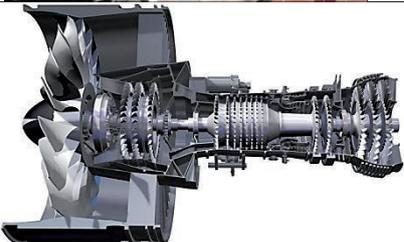
В качестве основных критериев эффективности усвоения были выбраны общий уровень усвоения учебного материала обучающимися и динамика изменений процесса сохранения полученных знаний с течением времени. Показателями усвоения и его результатом являлись комплекты тестовых заданий, разработанных на основе изложенного на практических занятиях учебно-методического материала с учётом таксономии Блума [20]. Согласно классификации, предложенной в [21], их можно отнести к традиционным бланковым монопредметным тестам нормативно-ориентированного типа. Вопросы тестов, имеющих как закрытый, так и открытый вид, были составлены таким образом, чтобы опытная и контрольная группы обучающихся оказались в равных условиях, и ни одна из них не имела преимуществ, связанных с концепцией их подготовки.

Структура тестов в большей степени соответствует концепции алгоритмизации в теории усвоения, предложенной в [22]. Согласно ей, в тестах присутствуют вопросы всех трёх уровней усвоения: опознание ($\alpha=1$), воспроизведение ($\alpha=2$), преобразование для применения в нетиповых ситуациях ($\alpha=3$). Однако основную массу составляют вопросы второго уровня ($\alpha=2$) на воспроизведение по памяти ранее усвоенной информации применительно к типовым ситуациям (таблица 3).

Таблица 2 – Фрагмент сценарного плана занятия, различающийся для опытной и контрольной групп

Этап занятия	Содержание занятия. Деятельность преподавателя	Деятельность обучающихся
4. Закрепление изученного материала. Работа в паре над выполнением практического задания	<p>Постановка практического задания для закрепления материала: «Классика». В соответствии с индивидуальным заданием преподавателя, необходимо ознакомиться с конструкцией КС двигателя, используя его макет, плакаты, чертежи и техническое описание. Записать в тетрадь её параметры и основные классификационные признаки. Изобразить в рабочей тетради схему КС, отметить её конструктивные элементы.</p> <p>Записать: тип КС; параметры для максимального (взлётного) режима, определённые по плакату и/или информационной табличке у макета двигателя: степень повышения давления на входе в КС, расход воздуха, тягу двигателя или мощность двигателя и др.</p> <p>«VR». Задание выполняется в VR-среде. Преподаватель даёт указания и контролирует результат выполнения задания через подключенный параллельно монитор или LCD-проектор.</p> <p>Примерный перечень задач:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ознакомиться с основами работы в VR-среде «Виртуальный павильон» с помощью методического пособия (для обучающихся, впервые работающих в VR). 2. Собрать отдельно КС двигателя. Отметить, из каких деталей она состоит. 3. Определить, какой тип КС. Показать, где в КС происходят процессы распыления топлива, его испарения, смешения паров топлива с воздухом и воспламенения горючей смеси. 4. Показать топливные форсунки. Где они расположены? Сколько их на двигателе? 5. Используя инструмент «Разрез/сечение», показать, как в двигателе устроен воспламенитель. 6. Показать диффузор и завихритель. Для чего они предназначены? 7. Запустить и проанализировать анимацию протекания рабочих процессов в КС. 	<p>«Классика». Обучающиеся группы получают на проработку КС один из типовых двигателей, представленных в ангаре Центра истории авиационных двигателей Самарского университета в виде разрезного макета. Анализируют конструкцию в соответствии с содержанием задания, заносят необходимую информацию для отчёта в тетрадь.</p> <p>«VR». Обучающиеся проходят инструктаж по технике безопасности при работе в VR. При необходимости, знакомятся или повторяют основы работы в иммерсивной среде «Виртуальной павильон» с помощью пособия «Применение иммерсивных технологий для изучения двигателей». Работая в паре, по очереди выполняют задания из перечня: один находится в иммерсивной среде, другой контролирует качество графического материала (скриншоты в VR) для отчёта, затем меняются местами.</p>
5. Физминутка	Только «VR». Контроль выполнения обучающимися рекомендуемого комплекса физических упражнений физкультурных для снятия общего переутомления и усталости глаз при работе в VR-среде из Приложения учебного пособия.	«VR». По мере необходимости, выполняют один из комплексов физических упражнений, рекомендуемых в пособии.
6. Подведение итогов	Только «Классика». Контроль выполнения в тетрадях индивидуального задания.	«Классика». Сдают на проверку выполненный отчёт по лабораторной работе, отвечают на вопросы преподавателя.

Таблица 3 – Примеры тестовых вопросов на разные уровни усвоения

Уровень усвоения	Содержание вопроса	
Первый ($\alpha=1$)	Одна из главных характеристик компрессора это: а) степень понижения давления в ступени π_T ; б) степень повышения давления в ступени π_K^*	
Второй ($\alpha=2$)	Определить тип КС, представленной на рисунке справа:	
Третий ($\alpha=3$)	Используя полученные сведения о каскаде турбореактивного двигателя, определите и укажите на рисунке области расположения и связи структурных элементов в каскадах компрессора низкого давления и компрессора высокого давления данного двигателя:	

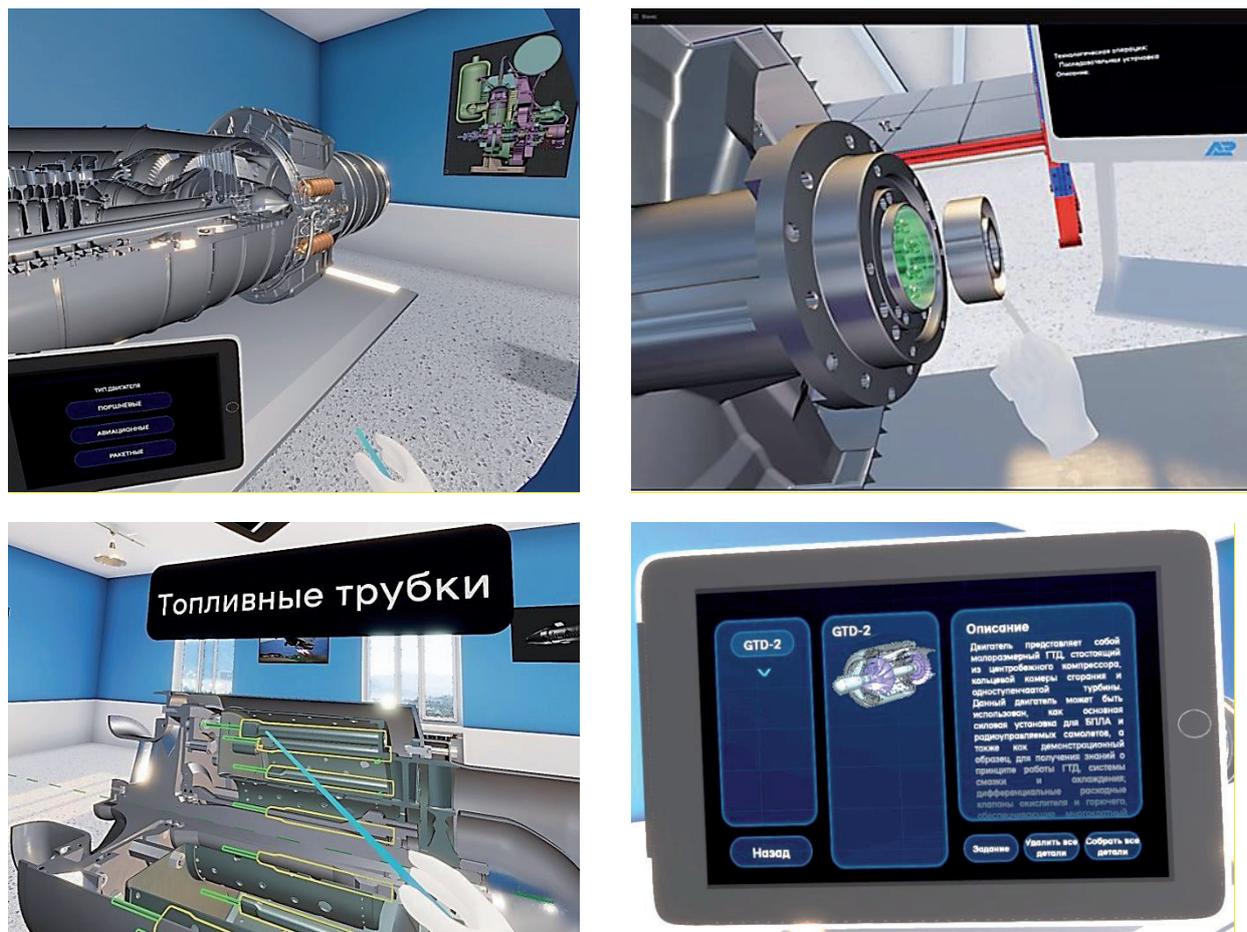


Рисунок 1 – Примеры взаимодействия обучающихся с объектами изучения в иммерсивной среде «Виртуального павильона»

Для извлечения требуемых аналитических данных вопросы тестов были дополнительно стратифицированы по следующим пяти признакам:

- I. Определение конструктивного элемента компрессора (или КС) в составе двигателя.
- II. Узнаваемость конструктивного элемента компрессора (или КС) без привязки к конкретному двигателю.
- III. Определение количественного или структурного состава узла (агрегата) компрессора (или КС).
- IV. Терминологические вопросы конструкции компрессора (или КС).
- V. Теоретические вопросы, связанные с конструкцией компрессора (или КС).

Для получения картины в динамике методика тестирования включает две стадии [23]:

- моментальная оценка усвоения материала, когда тест проводился непосредственно после подачи учебного материала и выполнения обучающимися практической части задания (А-тест);
- оценка остаточных знаний, когда аналогичный тест выполнялся студентами спустя две недели (В-тест).

Обеим группам был предложен диагностический курс, состоящий из четырёх тестов – по два на каждую лабораторную работу: «Компрессор ГТД» (22 вопроса), «КС ГТД» (18 вопросов). Принятая шкала оценки: процент правильных ответов от 0 до 100.

В работе использован средний балл³ обучающегося, который условно принят за показатель, отражающий уровень освоения учебного материала и степень заинтересованности в эксперименте. Для каждого обучающегося принималось во внимание отношение к обучению

³ Средний балл обучающегося рассчитывался как среднее арифметическое результатов успешно сданных за предыдущую (осень 2023-24 учебного года) сессию экзаменов.

в целом и средний показатель его успеваемости в университете, характеризующие общий уровень знаний. Для этого экспертной группой преподавателей в течение семестра проводились индивидуальные беседы и наблюдение за испытуемыми на занятиях. В качестве корректирующего параметра принимался средний балл по результатам предыдущей экзаменационной сессии (он указан в столбце 2 таблицы 4).

Таблица 4 – Характеристика обучающихся и их распределение по тестовым группам⁴

Обучающийся	Успеваемость	А-Компрессор	В-Компрессор	А-КС	В-КС
М1	3,25	ВР	-	-	-
F1	5	ВР	ВР	ВК-1	ВК-1
М2	3,12	ВР	ВР	АЛ-31Ф	АЛ-31Ф
М3	3,5	ВР	ВР	Р11Ф-300	Р11Ф-300
М4	4	РД-45	РД-45	ВР	ВР
М5	3,6	НК-8	НК-8	ВР	ВР
М6	3,4	НК-8	НК-8	Д-36	Д-36
М7	4	JUMO-004	JUMO-004	ВР	ВР
М8	3,3	Без ИЗ	-	-	-
F2	3,7	ТВ2-117	-	ВР	ВР
F3	4	ВР	ВР	ТВ2-117	ТВ2-117
F4	4,6	ВР	ВР	НК-8	НК-8
М9	4,3	НК-8	НК-8	ВР	-
М10	3	НК-8	НК-8	ВР	-
М11	3,3	РД-45	-	-	-
F5	4,3	Без ИЗ	Без ИЗ	ВР	-

Предполагалось, что если обучающийся не аттестован по другим предметам, имеет низкие экзаменационные оценки, отстаёт от учебного графика, проявляет иные формы отсутствия интереса к обучению в целом, то нет оснований считать данного студента заинтересованным в качественном изучении предмета «Введение в специальность» и в добросовестном выполнении предложенных диагностических тестов. Высока вероятность того, что результаты тестирования такого студента не отражают степень понимания им материала. Поэтому при обработке результатов теста, в случае выявления «сомнительных» показателей (выполнение теста в течение слишком короткого времени или наличие явных дублей в ответе), принималось решение об исключении такого ответа.

Согласно рекомендациям [22, 24-26] диагностический материал проверен на соответствие общим требованиям к тестам по критериям валидности, определённости, однозначности и надёжности. Содержательная и функциональная валидность обеспечивалась выбором: тестовых вопросов из текста, рекомендованного для подготовки лабораторных работ в методическом пособии, используемом обучающимися на занятиях; разрезных и ВР-макетов двигателей, которые рассматривались и обсуждались на вводной - лекционной части практических занятий; плакатов, чертежей и конструктивно-силовых схем, касающихся выполнения этих лабораторных работ, и предварительно рассмотренных совместно с преподавателем.

Для выполнения требований определённости и однозначности разработан комплект диагностического материала, используемый в качестве эталона и применяемый при анализе и обработке результатов тестирования, утверждена оценочная шкала. В процессе тестирования

⁴ Обозначение «М#» соответствует обучающемуся-юноше, «F#» - обучающемуся-девушке. «ВР» означает, что в рамках данной лабораторной работы обучающийся относился к опытной группе. В ином случае, обучающийся относился к контрольной группе и работал над двигателем указанного в таблице типа. Отметка «Без ИЗ» означает, что обучающийся на момент выполнения теста индивидуальное задание (ИЗ) по лабораторной работе не получал и, как правило, причислялся к контрольной группе. Средний балл успеваемости всей группы обучающихся составил 3,8. Обозначения, выделенные **жирным шрифтом**, относятся к маркам изучаемых ГТД.

среди обучающихся не было зафиксировано случая затруднения с пониманием смысла тестовых заданий.

Оценка надёжности диагностического материала проверялась методом отдельного коррелирования по критерию Пирсона с учётом поправки Спирмена-Брауна, а также методом Кьюдера-Ричардсона [25, 26]. Для этого во втором случае процентная оценочная шкала теста приведена к дихотомическому виду по критериям: 0...49% - неверно; 50...100% - верно. Оба метода показали удовлетворительный уровень надёжности, соответствующий значениям 0,78 (0,83) для первого теста и 0,73 (0,72) – для второго теста, для экспериментальной и контрольной групп, соответственно.

2 Обсуждение результатов

Исходя из ответов на А-тест по теме «Компрессор ГТД», можно сделать следующие выводы. Наименьшую сложность у испытуемых обеих групп вызвали вопросы на проверку теоретических знаний конструкции компрессора: 82,5% в опытной группе и 80% - в контрольной. Вопросы на определение структурного состава узлов компрессора или на подсчёт количества его ступеней вызвали больше трудностей у контрольной группы (48,3%). У опытной показатель составил 64,5%. Трудности с пониманием у студентов контрольной группы возникли по вопросам на определение элементов конструкции компрессора в составе двигателя и его вспомогательных систем (клапанов перепуска, регулируемых направляющих аппаратов), как по чертежам, так и с помощью разрезных макетов. Опытная группа, хотя и испытала определённые сложности с ответами на этот тип вопросов, всё же смогла показать лучшие результаты: 45,9 против 27,5%. По остальным группам вопросов ситуацию в контрольной и опытной группах, в целом, можно считать паритетной. Диаграмма распределения средних баллов по данному тесту представлена на рисунке 2.

Теоретические вопросы, которые хотя и слабо отражают картину сравнения учебной подготовки традиционным способом и с использованием ВР, введены в тест с целью определения общего уровня понимания студентами темы занятия. Учитывая высокие показатели обеих групп по этим типам вопросов, можно предположить, что тема была освоена обучающимися на удовлетворительном уровне. При анализе ответов контрольной группы отмечена тенденция к формулировке «Ответ на вопрос не представлен», что может свидетельствовать о невозможности обучающихся сопоставить полученный лекционный материал с примерами реальных технических объектов, представленных в Центре истории авиационных двигателей Самарского университета, где проводились занятия.

Проверка остаточных знаний по теме «Компрессор ГТД» (В-тест) проведена спустя две недели после планового занятия. При этом зафиксирован рост уровня кривой накопления информации в опытной группе с 68,5 до 70,3% и его снижение в контрольной группе: с 58,4 до 56,9%, что коррелирует с методом оценки Г. Эббингауза и методом интервального повторения [27]. Диаграмма средних баллов испытуемых по данному тесту приведена на рисунке 3.

Анализ ответов на А-тест по теме «КС ГТД» выявил следующие закономерности. Обучающиеся из опытной группы, в отличие от контрольной, в своём большинстве затруднились ответить на вопрос, представленный в тесте в виде двухмерного чертежа, на котором требовалось отметить внутренний корпус основной КС. Средние показатели опытной группы по этому вопросу составили 12,5% против 55% в контрольной. Это обстоятельство может свидетельствовать о недостаточном применении инструмента «Разрез/Сечение» при выполнении практического задания в ВР-пространстве студентами опытной группы, т.к. 2D-чертежи в иммерсивной среде отдельно не представлены.



Рисунок 2 – Диаграмма распределения среднего балла (в %) А-теста по теме «Компрессор газотурбинного двигателя»



Рисунок 3 – Диаграмма распределения среднего балла (в %) В-теста по теме «Компрессор газотурбинного двигателя»

Разрезные макеты двигателей в ангаре Центра истории авиационных двигателей Самарского университета снабжены чертежом продольного разреза и конструктивно-силовой схемой двигателя. Правильные ответы на вопросы по определению количественного и структурного состава КС распределились в следующем процентном соотношении: 34,6% в опытной группе и 41,5% - в контрольной. Это может объясняться тем, что в VR-среде пока отсутствуют образцы двигателей, имеющих форсажные камеры. Следовательно, оценить количество КС и конструктивный облик форсажных КС двигателя, представленного в А-тесте, испытуемым опытной группы было затруднительно. При этом студенты контрольной группы в рамках практического задания чаще работали с разрезными макетами двигателей именно этого типа (АЛ-31Ф, Р11Ф-300). Отсюда важно соблюсти равенство условий сравнения разных подходов.

Большинство вопросов теоретического характера, за исключением определения правильного порядка исторической последовательности типов КС, также как и в теме «Компрессор ГТД», не вызвали каких-либо затруднений у студентов обеих групп. По остальным типам вопросов ситуацию в контрольной и опытной группах, в целом, можно считать паритетной. В ответах испытуемых обеих групп наблюдалось снижение на 58% тенденции к формулировке «Ответ на вопрос не представлен». Диаграмма средних баллов по данному тесту приведена на рисунке 4.

Анализ остаточных знаний по теме «КС ГТД» проводился спустя две недели с помощью В-теста. Диаграмма средних баллов по данному тесту представлена на рисунке 5. В ответах испытуемых обнаружилось те же ошибки, что и выявленные в ходе предыдущего тестирования. Однако, в целом, обе группы показывают тенденцию к возрастанию уровня накопления информации: с 62,9 до 65,3% в опытной и с 63,7 до 69,4% - в контрольной. Кроме того, в ответах испытуемых обеих групп выявлено 28%-е снижение тенденции к формулировке «Ответ на вопрос не представлен» (по техническим причинам из 7 обучающихся опытной группы в В-тесте приняли участие только 4).

Сводные диаграммы по всему курсу тестирования, отражающие динамику среднего балла по всем четырём тестам для каждого из обучающихся, приведены на рисунке 6, где А- и В- – это результаты выполненных обучающимся А- и В-тестов по темам «Компрессор ГТД» и «КС ГТД», соответственно. Общий средний балл рассчитывался как среднее арифметическое по всем выполненным тестам (в диапазоне от 1 до 4). Качество усвоения материала опытной группой по обеим темам оценивалось в процентном соотношении, как разница между показателями А-теста и В-теста в сравнении с аналогичными показателями контрольной группы.

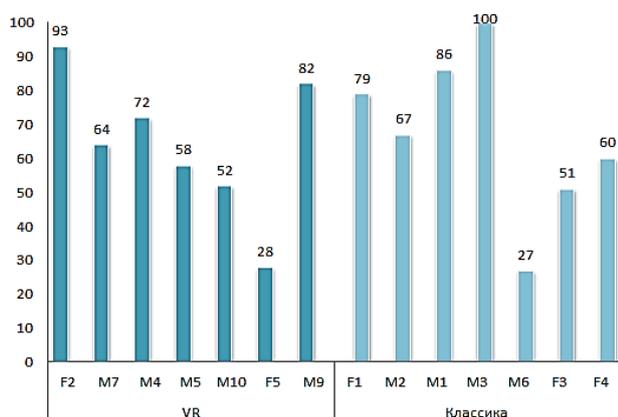


Рисунок 4 – Диаграмма распределения среднего балла (в %) А-теста по теме «Камера сгорания газотурбинного двигателя»

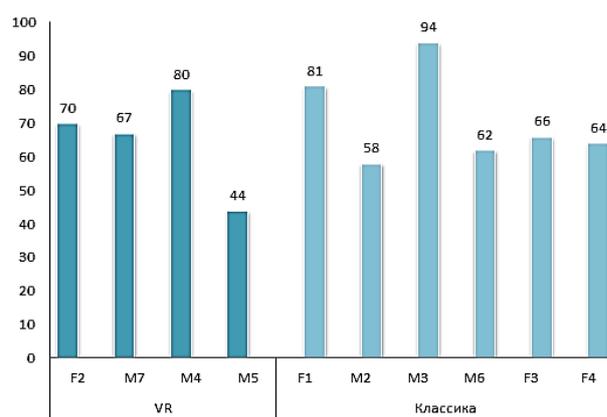


Рисунок 5 – Диаграмма распределения среднего балла (в %) В-теста по теме «Камера сгорания газотурбинного двигателя»

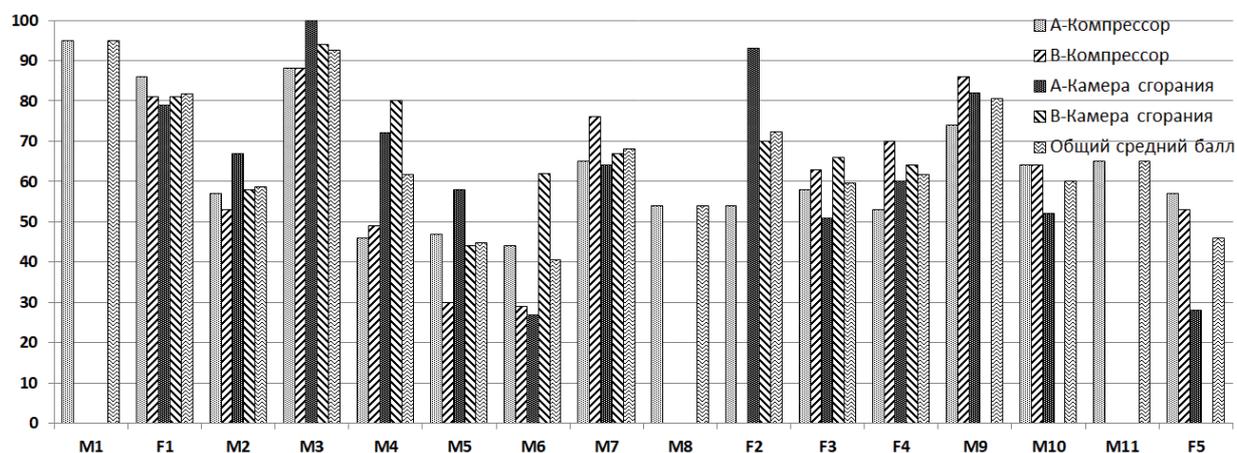


Рисунок 6 – Сводная диаграмма распределения среднего балла (в %) по всему курсу тестирования

Заключение

В работе приводятся результаты начального этапа исследовательских работ. Для окончательных выводов пока недостаточно располагаемого объема достоверных данных. Этим обстоятельством может объясняться существенное различие между представленными результатами и полученными в работах [15-16]. В статье сделана попытка сравнить два подхода с точки зрения подачи разнотипной учебной информации, выявляя их сильные и слабые стороны, с целью составления в будущем обоснованных рекомендаций для методистов-интеграторов электронных образовательных сред по соотношению классических и VR-подходов в перспективной системе подготовки обучающихся. Учитывая небольшой исходный объем данных, приведённые результаты носят предварительный характер (рисунок 7). Целесообразно учитывать общую успеваемость обучающегося, что позволяет понять, является ли итоговый балл следствием влияния концепции обучения или же это отражение общего уровня знаний и личностной организации студента⁵.

⁵ В процессе эксперимента вскрыты проблемы организационного характера, заключающиеся в отсутствии специально оборудованной площадки под VR, недостаточном количестве комплектов VR-оборудования, необходимости их установки, подключения и настройки. Эти операции сокращают время пребывания студентов в иммерсивной среде при выполнении практического задания, тем самым, не позволяя раскрыть весь потенциал применения VR при обучении.

Выявлена необходимость расширения номенклатуры VR-объектов в «Виртуальном павильоне» в соответствии с номенклатурой аналогичных объектов Центра истории авиационных двигателей Самарского университета, рассматриваемых при традиционной учебной подготовке. Целесообразен перевод печатных носителей в электронную образовательную среду, что позволит автоматизировать процесс анализа [17].

По завершении курса тестирования обучающимся, выполнившим практические задания в VR-среде, предложено пройти анкетирование о работе в иммерсивной среде, высказать замечания и пожелания разработчикам «Виртуального павильона». Анализ анкет показал, что все участники положительно оценивают свой опыт погружения в VR, отмечают повышение интереса к предмету и улучшение понимания конструкции сложных технических объектов.

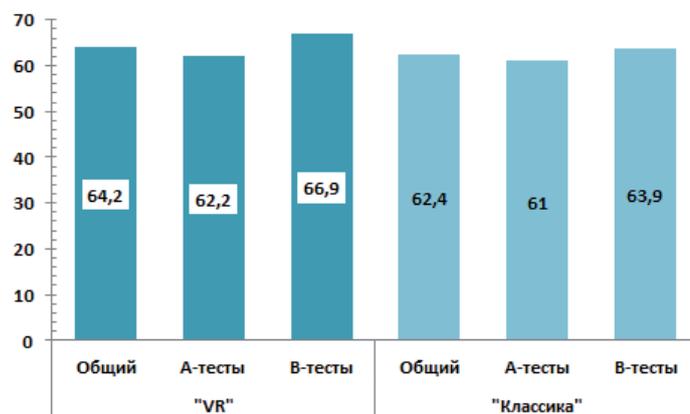


Рисунок 7 – Диаграмма общего среднего балла (в %) опытной (VR) и контрольной (Классика) групп

Авторский вклад

Гвоздев А.С. — концепция, методология, анализ данных, валидация, формулировка выводов, написание текста статьи. Мелентьев В.С. — планирование этапов исследования, сбор и систематизация данных, обобщение результатов, редактирование текста статьи. Лейковский И.Ф. — программное обеспечение и визуализация, редактирование текста статьи.

Список источников

- [1] Носова А. Обучение будущего: заменит ли виртуальная студия учителей и учебники? [Электронный ресурс] Сетевое издание RB.RU. 2019. <https://rb.ru/longread/VR-education/>.
- [2] Берестнева О.Г., Лызин И.А., Тихомиров А.А., Корняков М.В., Джафари Г., Дуга С.В., Куулар Э.К., Труфанов А.И., Петрова Л.А. Сетевая концепция метадисциплинарной платформы конструирования множественных реальных и виртуальных миров. *Онтология проектирования*. 2022. Т.12, №2(44). С.218-230. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-2-218-230.
- [3] Соловов А.В., Меньшикова А.А. Перспективные направления развития электронного обучения. *Перспективные информационные технологии* (ПИТ 2017). Сб. науч. тр. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2017. С.1111-1114.
- [4] Стариченко Б. Е., Семёнова И.Н., Слепухин А.В. О соотношении понятий электронного обучения в высшей школе. *Образование и наука*. 2014. № 9. С. 51-68.
- [5] Соловов А.В., Мищук В.Т. Интеллектуальные тренажеры и виртуальные лаборатории: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. 59 с.
- [6] Fabris Ch., Rathner J., Fong A., Sevigny Ch. Virtual Reality in Higher Education. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*. 2019. 27. 69-80. DOI:10.30722/IJISME.27.08.006.
- [7] Riner, Ashley & Hur, Jung & Kohlmeier, Jada. Virtual Reality Integration in Social Studies Classroom: Impact on Student Knowledge, Classroom Engagement, and Historical Empathy Development. *Journal of Educational Technology Systems*. 51. 004723952211325. 10.1177/00472395221132582.
- [8] Сергеев С.Ф. Методология проектирования тренажёров с иммерсивными обучающими средами. *Научно-технический вестник Санкт-Петербургского гос. ун-та информационных технологий, механики и оптики*. 2011. №1(71). С. 109–114.
- [9] Семенова Г.В. Опыт применения технологий дополненной и виртуальной реальностей в образовательном процессе. *Известия Тульского государственного университета. Педагогика*. 2022. Вып. 1. С.57-63.
- [10] Пономарев Я.А. Знания, мышление и умственное развитие. М.: Просвещение. 1967. 264 с.

- [11] **Роберт И.В.** Современные информационные технологии в образовании: дидактические проблемы; перспективы использования. М.: ИИО РАО. 2010. 140 с.
- [12] **Якиманская И.С.** Технология личностно-ориентированного образования. М.: Сентябрь, 2000. 176 с.
- [13] **Рубинштейн С.Л.** Основы общей психологии. СПб.: Питер, 2005. 723 с.
- [14] **Бадмаева Н.Ц.** Мотивационные факторы формирования мыслительных и мнемических способностей. Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2000. 175 с.
- [15] A Case Study - The Impact of VR on Academic Performance [Research report]. Beijing Bluefocus E-Commerce Co., Ltd; Beijing iBokan Wisdom Mobile Internet Technology Training Institutions. 2016. https://download.lenovo.com/km/media/attachment/case_study_impact_of_vr_20161125.pdf
- [16] **Селиванов В.В., Селиванова Л.Н.** Эффективность использования виртуальной реальности при обучении в юношеском и взрослом возрасте. *Непрерывное образование: XXI век*. Научный электронный журнал. 2015. №1 (9). <https://11121.petrso.ru/journal/article.php?id=2729>.
- [17] **Borgest N.M., Vlasov S.A., Glibotsky D.S.** Development and Application of an Application with Augmented Reality Technology for Training Future Aircraft Designers. *Proceedings - 2023 International Russian Smart Industry Conference, SmartIndustryCon 2023*. 2023. P.387-391.
- [18] **Чернова О.В., Шендрюк И.Г.** Проектирование образовательной среды: учеб. пособие. Екатеринбург: Изд-во ГОУ ВПО «Рос. гос. проф.-пед. ун-т», 2008. 93 с.
- [19] **Овчинникова К.Р.** Дидактическое проектирование учебного курса в вузе как возможность опережающего управления интеллектуальным развитием студента. *Alma mater. Вестник высшей школы*. 2013. №6. С.46-52.
- [20] **Bloom B.S., Engelhart M.D., Furst E.J.** ... [at al.] Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals / David McKay Company, 1956. Vol. Handbook I: Cognitive domain. 216 p.
- [21] **Аванесов В.С.** Композиция тестовых заданий. Учебная книга для преподавателей вузов, учителей школ, аспирантов и студентов педвузов. М.: Адепт, 1998. 217 с.
- [22] **Соловов А.В.** Методические основы электронных учебников: учеб. пособие. Самара: Изд-во Самар. гос. аэрокосм. ун-та, 2007. 68 с.
- [23] **Коменский Я.А.** Дидактические принципы: отрывки из "Великой дидактики". М: Учпедгиз, 1940. 91 с.
- [24] **Соловов А.В., Меньшикова А.А.** Системно-дидактический анализ цифровых образовательных ресурсов. *Образование в современном мире: риски и перспективы цифровизации*. Сб. научн. тр. Самара: Изд-во Самар. ун-та, 2023. С.121-126.
- [25] **Михайлычев Е.А.** Дидактическая тестология. М.: Народное образование, 2001. 432 с.
- [26] **Ким В.С.** Тестирование учебных достижений: монография. Уссурийск: Издательство УГПИ, 2007. 214 с.
- [27] **Немов Р.С.** Психология: В 3 кн. 4-е изд. М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2003. Кн. 1: Общие основы психологии. 688 с.

Сведения об авторах



Гвоздев Александр Сергеевич, 1983 г. рождения. Окончил Самарский государственный аэрокосмический университет им. С.П. Королёва (СГАУ) в 2006 г., к.т.н. (2011). Доцент кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов Самарского университета. В списке научных трудов более 50 работ, в том числе 11 учебно-методических пособий и 8 патентов. Author ID (РИНЦ): 735719; Author ID (Scopus): 56472535600. gvozdev.as@ssau.ru. ✉.



Мелентьев Владимир Сергеевич, 1984 г. рождения. Окончил СГАУ в 2006 г., к.т.н. (2011). Доцент кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов Самарского университета. В списке научных трудов более 40 работ в области САПР. Author ID (РИНЦ): 735722; Author ID (Scopus): 56472780100; Researcher ID (WoS): E-7639-2014. melentev.vs@ssau.ru.



Лейковский Илья Фимович, 1985 г. рождения. Окончил Самарский национальный исследовательский университет им. С.П. Королёва в 2018. Заведующий учебной лабораторией кафедры конструкции и проектирования двигателей летательных аппаратов, руководитель Интерактивного комплекса опережающей подготовки инженерных кадров на основе современных цифровых технологий "Иммерсивные технологии в двигателестроении" nig391@inbox.ru.

Поступила в редакцию 12.11.2024, после рецензирования 21.12.2024. Принята к публикации 10.01.2025.



Comparative assessment of approaches to training bachelor's students in aircraft engine design

© 2025, A.S. Gvozdev ✉, V.S. Melentjev, I.F. Leykovskyy

Samara University (Samara National Research University named after academician S.P. Korolev), Samara, Russia

Abstract

The paper presents preliminary results of a comparative assessment of two modern approaches to bachelor's degree training: traditional classroom methods and training with immersive technologies, evaluated by the criterion of knowledge acquisition efficiency in the field of 24.03.05 Aircraft Engines. The platform "Virtual pavilion for studying of aircraft engines design" was used as an immersive educational environment. It is a set of interconnected educational spaces: a virtual hangar, a training laboratory, an engine design class and a workshop-simulator. The platform is equipped with tools for interacting with objects during practical tasks, IT databases aintegrated into the environment with information about the studied engines, and their interactive models as digital replicas of engines displayed in the Center for the History of Aircraft Engines at Samara University. An attempt was made to assess the quality of students' learning in the discipline "Introduction to the Specialty" using testing methods. The analysis results suggest that employing immersive technologies in studying complex technical objects can reduce reliance on traditional methods such as drawings, diagrams, cutaway models, and full-scale samples. Instead, virtual simulators, laboratories, libraries, and other tools, including those supporting distance learning, can be increasingly utilized.

Keywords: virtual reality, immersive learning technologies, aircraft engines, learning quality assessment, testing, training simulator.

For citation: Gvozdev AS, Melentjev VS, Leykovskyy IF. Comparative assessment of approaches to training bachelor's students in aircraft engine design [In Russian]. *Ontology of designing*. 2025; 15(1): 82-95. DOI:10.18287/2223-9537-2025-15-1-82-95.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

List of figures and tables

Figure 1 - Examples of interaction between students and objects of study in an "Virtual pavilion" immersive environment

Figure 2 - Distribution diagram of the average score (%) of the A-test about "Compressor of gas turbine engine" topic

Figure 3 - Distribution diagram of the average score (%) of the B-test about "Compressor of gas turbine engine" topic

Figure 4 - Distribution diagram of the average score (%) of the A-test about "Combustion chamber of gas turbine engine" topic

Figure 5 - Distribution diagram of the average score (%) of the B-test about "Combustion chamber of gas turbine engine" topic

Figure 6 - Summary diagram of the distribution of the average score (%) for the entire testing course

Figure 7 - Diagram of the overall average score (%) into the experimental ("VR") and control ("Classic") groups

Table 1 - Collective fragment of the lesson plan scenario for the experimental and control groups

Table 2 - A fragment of lesson plan scenario that differs for the experimental and control groups

Table 3 - Examples of test questions for different levels of knowledge acquisition

Table 4 - Characteristics of students and their distribution among test groups

References

- [1] *Nosova A.* The Future of Education: Will the Virtual Studio Replace Teachers and Textbooks? Source [In Russian]. <https://rb.ru/longread/VR-education/>.
- [2] *Berestneva OG, Ly'zin IA, Tixomirov AA, Korniyakov MV, Dzhabari G, Duga SV, Kuular EK, Tru-fanov AI, Petrova LA.* Network concept of a metadisciplinary platform for constructing multiple real and virtual worlds. [In Russian]. *Ontology of designing*. 2022; 12(2): 218-230. DOI:10.18287/2223-9537-2022-12-2-218-230.

- [3] **Solovov AV, Men`shikova AA.** Promising directions for the development of e-learning. *Promising information technologies* (PIT 2017). Collection of scientific papers [In Russian]. Samara: Publ. Samara University, 2017. P.1111-1114.
- [4] **Starichenko BE, Semyonova IN, Slepuxin AV.** About the relationship between the concepts of e-learning in higher education [In Russian]. *Education and Science.* 2014; 9: 51-68.
- [5] **Solovov AV, Mishhuk VT.** Intelligent simulators and virtual laboratories: textbook. [In Russian]. Samara: Publ. of Samara state aerospace university, 2007. 59 p.
- [6] **Fabris Ch, Rathner J, Fong A, Sevigny Ch.** Virtual Reality in Higher Education. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education.* 2019. 27. 69-80. 10.30722/IJISME.27.08.006.
- [7] **Riner A, Hur J, Kohlmeier J.** Virtual Reality Integration in Social Studies Classroom: Impact on Student Knowledge, Classroom Engagement, and Historical Empathy Development. *Journal of Educational Technology Systems.* 51. 004723952211325. DOI:10.1177/00472395221132582.
- [8] **Sergeev SF.** Methodology for designing simulators with immersive learning environments. [In Russian]. *Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics.* 2011; 1(71): 109–114.
- [9] **Semenova GV.** Experience of using augmented and virtual reality technologies in the educational process [In Russian]. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Pedagogika.* 2022; 1: 57 - 63.
- [10] **Ponomarev YaA.** Knowledge, cogitation and mental stature. [In Russian]. Moscow: Prosveshhenie. 1967. 264 p.
- [11] **Robert IV.** Modern information technologies in education: didactic problems; prospects of use. [In Russian]. Moscow: IIO RAO. 2010. 140 p.
- [12] **Yakimanskaya IS.** Technology of personality-oriented education [In Russian]. Moscow: Sentyabr', 2000. 176 p.
- [13] **Rubinshtejn SL.** Fundamentals of General Psychology [In Russian]. SPb.: Piter, 2005. 723 p.
- [14] **Badmaeva NCz.** Motivational factors in the formation of cogitation and mnemonic abilities [In Russian]. Ulan-Ude': Publ. VSGTU, 2000. 175 p.
- [15] A Case Study - The Impact of VR on Academic Performance [Research report]. Beijing Bluefocus E-Commerce Co., Ltd; Beijing iBokan Wisdom Mobile Internet Technology Training Institutions. 2016. URL: https://download.lenovo.com/km/media/attachment/case_study_impact_of_vr_20161125.pdf
- [16] **Selivanov VV, Selivanova LN.** Efficiency of using virtual reality in education during adolescence and adulthood [In Russian]. *Continuous education: XXI century. Scientific electronic journal.* 2015. No. 1 (9). <https://i1121.petrus.ru/journal/article.php?id=2729>.
- [17] **Borgest NM, Vlasov SA, Glibotsky DS.** Development and Application of an Application with Augmented Reality Technology for Training Future Aircraft Designers. *Proceedings - 2023 International Russian Smart Industry Conference, SmartIndustryCon 2023.* P.387-391.
- [18] **Chernova OV, Shendrik IG.** Design of educational environment: textbook [In Russian]. Ekaterinburg: Publ. RGPPU, 2008. 93 p.
- [19] **Ovchinnikova KR.** Didactic design of a university course as an opportunity for advanced management of student's intellectual development [In Russian]. *Alma mater. Bulletin of Higher School.* 2013; 6: 46-52.
- [20] **Bloom BS.** Taxonomy of educational objectives: The classification of educational goals / B.S. Bloom, M.D. Engelhart, E. J. Furst ... [at al.]. David McKay Company, 1956. Vol. Handbook I: Cognitive domain. 216 p.
- [21] **Avanesov VS.** Composition of test tasks. A textbook for university lecturers, school teachers, postgraduate students and students of pedagogical universities [In Russian]. Moscow: Adept, 1998. 217 p.
- [22] **Solovov AV.** Methodological foundations of electronic textbooks: textbook [In Russian]. Samara: Publ. SSAU, 2007. 68 p.
- [23] **Komenskij YaA.** Didactic principles: excerpts from the "The great didactic (Didactica magna)" [In Russian]. Moscow: Uchpedgiz, 1940. 91 p.
- [24] **Solovov AV, Men`shikova AA.** Systemic and didactic analysis of digital educational resources [In Russian]. Education in the modern world: risks and prospects of digitalization. Collection of scientific papers. Samara: Publ. Samara University, 2023. P.121-126.
- [25] **Mikhailychev EA.** Didactic testology [In Russian]. Moscow: Narodnoe obrazovanie, 2001. 432 p.
- [26] **Kim VS.** Testing of educational achievements: monograph [In Russian]. Ussuriysk: Publ. UGPI, 2007. 214 p.
- [27] **Nemov RS.** Psychology: General foundations of psychology [In Russian]. Moscow: Humanitarian Publishing Center VLADOS, 2003. 688 p.

About the authors

Alexander Sergeevich Gvozdev (b. 1983) graduated from the Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev in 2006, PhD (2011). He is an Associate Professor of the Aircraft Engines Design Department at Sa-

mara University. He is a co-author of about 50 research papers, including 11 educational and methodological manuals and 8 patents. Author ID (RSCI): 735719; Author ID (Scopus): 56472535600. gvozdev.as@ssau.ru ✉.

Vladimir Sergeevich Melentjev (b. 1984) graduated from the Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolev in 2006, PhD (2011). He is an Associate Professor of the Aircraft Engines Design Department at Samara University. Advanced Engineering Aerospace School "Integrated Technologies by the creation of Aerospace Equipment", senior research fellow. He is a co-author of about 40 scientific articles and abstracts in the field of CAD and vibration protection. Author ID (RSCI): 735722; Author ID (Scopus): 56472780100; Researcher ID (WoS): E-7639-2014. melentev.vs@ssau.ru.

Ilya Fimovich Leykovskyy (b. 1985) graduated from the Samara National Research University named after academician S.P. Korolev in 2018. Head of the educational laboratory of the Aircraft Engines Design Department, Director of the Interactive Complex for advanced training of engineering personnel based on modern digital technologies "Immersive Technologies in engine building". nig391@inbox.ru.

Received November 12, 2024. Revised December 21, 2024. Accepted December 25, 2024.
