

УДК 378.6; 004.051

DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-3-54-70

А.И. Фоломкин

Канд. техн. наук, доцент,
Санкт-Петербургский горный университет,
Россия, 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров,
21-я линия, д. 2

С.В. Янкилевич

Канд. техн. наук, доцент,
Санкт-Петербургский горный университет,
Россия, 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров,
21-я линия, д. 2

О.Н. Мороз

Канд. техн. наук, доцент,
Санкт-Петербургский горный университет,
Россия, 199106, Санкт-Петербург, Васильевский остров,
21-я линия, д. 2

Оценка результативности применения пилотного проекта программы-тренажёра по начертательной геометрии

Аннотация. Доступность материально-технологических возможностей современных информационно-коммуникационных технологий в области образования позволяет, с одной стороны, реализовать творческий потенциал каждого преподавателя в создании таких средств, как учебно-методические комплексы, приложения, тренажёры, учебные игры и т.д., значительно изменив педагогический инструментарий, а с другой стороны, расширяющаяся номенклатура вновь созданных учебных средств вызывает острую необходимость в адекватной оценке их влияния на результативность обучения. Цель работы — оценить результативность использования программы-тренажёра для самостоятельных занятий студентов по дисциплине «Начертательная геометрия». В работе использованы такие методы исследования, как анкетирование при помощи *Google Forms*, тестирование, хронометраж, статистическая обработка данных, сравнение контрольных и экспериментальных групп, построение столбчатых и круговых диаграмм, *SWOT*-анализ. В процессе педагогических исследований использовались следующие платформы и программы: *LMS Moodle*, *Microsoft Excel*, оригинальная программа-тренажёр для развития пространственного мышления студентов. Установлено, что разработанная программа-тренажёр для развития пространственного мышления студентов инженерных специальностей, изучающих дисциплину «Начертательная геометрия», позволяет повысить заинтересованность студентов в освоении тем дисциплины, благоприятно сказывается на формировании навыков построения ортогональных проекций точки, уменьшая время решения задач по данной теме на 40%, а также положительно отражается на степени адекватности самооценки студентов. Установлено также, что для проверки в полуавтоматическом режиме 80 отчетов студентов о выполнении индивидуальных заданий в программе-тренажёре преподаватель затратит всего около 30–40 минут своего времени. В конце статьи приводятся пути совершенствования программы-тренажёра и намечаются направления дальнейших исследований.

Ключевые слова: программа-тренажёр, пространственное мышление, информационно-коммуникационные технологии, *LMS Moodle*, результативность обучения, формирование навыков.

A.I. Folomkin

Ph. D. of Engineering, Associate Professor,
St. Petersburg Mining University,
2, Line 21, Vasilevsky Island, St. Petersburg, 199106, Russia

S.V. Yankilevich

Ph. D. of Engineering, Associate Professor,
St. Petersburg Mining University,
2, Line 21, Vasilevsky Island, St. Petersburg, 199106, Russia

O.N. Moroz

Ph. D. of Engineering, Associate Professor,
St. Petersburg Mining University,
2, Line 21, Vasilevsky Island, St. Petersburg, 199106, Russia

Performance Evaluation of Simulator by Curriculum «Descriptive Geometry»

Abstract. The availability of the material and technological capabilities of modern information and communication technologies in the field of education allows, on the one hand, to realize the creative potential of each teacher in creating such tools as educational and methodological complexes, applications, simulators, educational games, and so on, significantly changing the pedagogical tools, and on the other hand, the expanding range of newly created teaching aids causes an urgent need for an adequate assessment of their impact on learning outcomes. The purpose of the work is to evaluate the effectiveness of using the simulator program for independent studies of students in the discipline "Descriptive geometry". The work used such research methods as questionnaires using *Google Forms*, testing, timing, statistical data processing, comparison of control and experimental groups, construction of bar and pie charts, *SWOT* analysis. In the process of pedagogical research, the following platforms and programs were used: *LMS Moodle*, *Microsoft Excel*, an original simulator program for the development of students' spatial thinking. It has been established that the developed simulator program for the development of spatial thinking of students of engineering specialties studying the discipline "Descriptive Geometry" allows increasing students' interest in mastering the topics of the discipline, favorably affects the formation of skills for constructing orthogonal projections of a point, reducing the time for solving problems on this topic by 40% and also positively affects the degree of adequacy of students' self-assessment. It has also been established that to check in a semi-automatic mode 80 reports of students on the implementation of individual tasks in the simulator program, the teacher will spend only about 30 ... 40 minutes of his time. At the end of the article, ways to improve the simulator program are given and directions for further research are outlined as a means of visualizing the cause-and-effect analysis, is shown.

Keywords: simulator program, spatial thinking, information and communication technologies, *LMS Moodle*, learning effectiveness, skills formation.

Актуальность. К сожалению, возникшую в современных условиях наиболее заметную проблему образования — отсутствие у студентов интереса к об-

учению, — решить только классическими методами преподавания невозможно. Доступность с детского возраста цифровой среды с интуитивно понятными интерфейсами привела к тому, что молодое поколение потеряло интерес к процессу познания окружающего физического мира, так как гораздо проще и интереснее получать готовые ответы и решения из Интернета. Поэтому, в настоящее время, самой актуальной задачей не только высшей школы, но и всего сообщества педагогов и преподавателей является воспитание творческой личности, желающей и умеющей учиться на протяжении всей жизни. Для этого необходимо заинтересовать современного человека использовать достижения научно-технического прогресса не для получения готовых ответов и решений, а для развития собственного творческого потенциала.

Одним из направлений повышения качества образования в вузе и стимулирования желания и заинтересованности в качественных знаниях, является создание на базе сквозных цифровых технологий единой информационно-образовательной среды учебного заведения, как многоаспектной целостной социально-психологической реальности, которая позволяет расширить психолого-педагогические условия, необходимые для активизации познавательной деятельности и доступности к информационным ресурсам [10].

При проектировании информационно-образовательной среды основополагающим видом работы для преподавательского состава вуза является разработка контента учебных курсов, основанного на исходной информации, подготовленной по единым требованиям учебного заведения (кафедры, дисциплины). Процесс создания контента учебного курса состоит из нескольких этапов, включающих в себя: целеполагание, планирование, определение объема и структуры входных и выходных данных, разработку алгоритмов, разработку отдельных элементов контента, в том числе пилотного проекта учебного курса, их тестирование и корректировку, пробную эксплуатацию, оценку результативности (эффективности), корректировку и доработку пилотного проекта до рабочей версии, сборку, редизайн контента и внедрение.

Данная статья является продолжением работы, описанной в источниках [17; 24], и посвящена оценке результативности применения и разработке путей дальнейшего развития программы-тренажера, являющегося элементом контента электронного курса «Начертательная геометрия».

Цель работы — оценить результативность использования программы-тренажера для самостоятельных занятий студентов по дисциплине «Начертательная геометрия».

Задачи исследования

1. В ходе литературного обзора выявить перспективные пути развития учебных тренажеров и компьютерных программ для учебного процесса.
2. Разработать анкеты для сбора информации о взаимодействии студентов с программой-тренажером.
3. Получить и обработать результаты анкетирования студентов о их взаимодействии с программой тренажером.
4. Проанализировать эффективность использования программы на контрольной и экспериментальной группах.
5. Провести *SWOT*-анализ использования программы-тренажера в условиях учебного процесса.
6. Исходя из результатов проведенного исследования, разработать рекомендации по совершенствованию программы-тренажера и наметить пути дальнейших исследований.

Объект исследования — процесс геометро-графической подготовки студентов первого курса технического вуза.

Предмет исследования — успешность использования программы-тренажера для развития пространственного мышления при обучении «Начертательной геометрии».

Методы исследования — обобщение педагогического опыта по использованию игрового подхода, геймификации и тренажеров в учебном процессе. В работе использованы такие методы исследования, как анкетирование при помощи *Google Forms*, тестирование, хронометраж, статистическая обработка данных, сравнение контрольных и экспериментальных групп, построение столбчатых и круговых диаграмм, *SWOT*-анализ. В процессе педагогических исследований использовались следующие платформы и программы: *LMS Moodle*, *Microsoft Excel*, оригинальная программа-тренажер для развития пространственного мышления.

База исследования. Исследование проводилось на кафедре начертательной геометрии и графики Санкт-Петербургского горного университета. В исследовании принимали участие 160 студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавриата «Нефтегазовое дело». Описанные в данной статье материалы относятся к работе по внедрению автоматизированной системы обучения, которая началась в 2020 г. в связи с пандемией *Covid-19* и получила развитие в теме научного гранта «Разработка методологии индивидуализации процесса обучения с использованием смешанных технологий на базе искусственного интеллекта» по программе «Научный инкубатор». Общее число участников проекта — 1135 студентов.

Обзор литературы

В работе проанализированы научные источники, касающиеся вопросов использования технологий дополненной и виртуальной реальности (*AR* и *VR*), а также статьи, касающиеся обсуждения игрового подхода и геймификации, опыта их использования в учебном процессе различных учебных заведений. Рассмотренные статьи, отражающие последние мировые тенденции в перечисленных областях, опубликованные в журналах, индексируемых *SCOPUS*, представлены ниже.

Целью исследования, изложенного в работе [33], было изучение влияния преподавания геометрии с поддержкой дополненной реальности (*AR*) на навыки трехмерного мышления учащихся. Это исследование состояло из трех этапов:

- разработка шкалы оценки способностей к трехмерному мышлению;
- проектирование и разработка системы обучения геометрии с дополненной реальностью (*ARGTS*);
- внедрение и оценка преподавания геометрии при поддержке *ARGTS*.

Установлено, что в результате использования *ARGTS* наблюдалось улучшение навыков трёхмерного мышления и увеличение среднего балла по предмету. В работе показано, что *ARGTS* существенно влияет на способность распознавать и создавать трехмерные фигуры. Подчеркивается, что результаты этого исследования важны для выявления индивидуальных различий в навыках трехмерного мышления учащихся средней школы и создания персонализированных динамических интеллектуальных учебных сред.

В работе [39] проведена оценка академической успеваемости студентов при обучении с использованием дополненной реальности в образовательных средах, связанных с архитектурой и гражданским строительством. В описанном исследовании студенты строительных направлений подготовки смогли визуализировать процесс создания сложных строительных объектов при помощи технологий виртуальной и дополненной реальности. В ходе эксперимента было проведено предварительное тестирование студентов и тестирование после работы с виртуальными моделями, а также анкетирование, обработка результатов которых показала высокий уровень результативности использования таких моделей. Исследование подтвердило улучшение общей работоспособности студентов и повышение уровня квалификации.

В работе [34] проведена оценка эффективности изучения стереометрии с помощью оригинальной системы обучения с дополненной реальностью. В статье рассматриваются следующие основные вопросы:

- взаимосвязь между достижениями в математике и успеваемостью в пространственном мышлении;
- может ли системное обучение улучшить пространственное мышление учащихся;
- эффективно ли учатся учащиеся с высокими, средними и низкими академическими достижениями после обучения с помощью системы;
- оценивается удобство использования системы.

В статье [41] описывается педагогический опыт использования дополненной реальности в преподавании начертательной геометрии. С помощью нового инструмента трехмерного моделирования с открытой лицензией *Google Sketchup* было разработано педагогическое приложение, использующее дополненную реальность и позволяющее учащимся активно работать с *3D*-моделями, улучшая качество трехмерного восприятия. Проект также позволил оценить инструменты, используемые учителями, в вопросе активизации роли учащегося в построении собственной учебной среды.

В статье [37] описывается педагогический опыт использования свободно распространяемой программы *ARTID* для работы с дополненной реальностью через мобильные устройства. Серия *QR*-кодов, которыми сопровождалась чертежи деталей и механических узлов, считывались студентами с помощью мобильных телефонов. В результате студенты получали виртуальную *3D*-модель изображаемого объекта, что значительно облегчало восприятие технической документации и ускоряло процесс анализа поставленной задачи.

В статье [35] описывается эксперимент по использованию программы *ARTID* и дополненной реальности в курсе «Промышленный дизайн» для студентов инженерных направлений подготовки в Техническом университете Картахены. Изучаемые на занятиях изображения поверхностей сопровождалась *QR*-кодом, для использования дополненной реальности, что позволило решить проблему трудности восприятия студентами сложных геометрических поверхностей. Указывается, что за счёт использования мобильных устройств для визуализации изучаемых поверхностей повысился интерес учащихся к освоению данной дисциплины.

Целями статьи [30] являются обобщение опыта использования ИКТ в обучении и анализ новых возможностей ИКТ для обучения как в онлайн, так и в офлайн форматах. Указывается, что среди различного программного обеспечения с открытым исходным кодом, модульная объектно-ориентированная среда Moodle получила наиболее широкое распространение, так как имеет широкие функциональные возможности, обеспечивающие создание контента, администрирование, автоматическое оце-

нивание, отслеживание успеваемости учащихся, создание чатов и т.д.

В масштабном исследовании, описанном в источнике [27], указывается, что, несмотря на ажиотаж вокруг геймификации, как нового захватывающего метода вовлечения учащихся, свидетельства ее способности улучшать обучение неоднозначны. В статье подчеркивается, что явление геймификации вызвало серьезные споры в педагогическом сообществе, поэтому, чтобы обосновать или опровергнуть геймификацию в образовании, важно изучить влияние (если таковое имеется) геймификации на успеваемость учащихся. Представленное в статье исследование охватывало статистические данные по 3202 участникам, взятые из 24 количественных исследований, в которых изучалось влияние геймификации на успеваемость учащихся в различных образовательных учреждениях. Результаты показывают общий значимый средний размер эффекта в пользу геймификации по сравнению с обучением без нее.

В работе [28] указывается, что геймификация привлекла большое внимание как возможный способ стимулирования мотивации и поведения учащихся. Установлено, что геймификация способствует более успешному онлайн-обучению. Была проведена оценка геймификации на базе *Moodle* и выявлены положительные мотивационные результаты даже у студентов, не имеющих интереса к обучению.

В работе [31] описывается педагогический опыт добавления элементов геймификации в курс для мотивации учащихся. Установлены взаимосвязи между заинтересованностью студентов и их оценками. Для оценки реализации геймификации учащиеся заполняли анкету, в которой оценивали удовольствие и мотивацию, вызванные игрой. Результаты проведенного в работе исследования показали, что чем больше студенты были мотивированы игрой, тем выше их оценки по курсу (и наоборот).

В работе [40] проблемой исследования является выявление механизмов повышения эффективности процесса обучения за счет использования цифровых сред с нелинейным представлением информации. В работе доказывается, что цифровые среды создадут дополнительные факторы для развития мышления. В статье впервые описывается модель деятельности, основанная на возможностях новых цифровых технологий. Новизна исследования в том, что модель позволяет не только прогнозировать процесс познания, но и обеспечивать факторы для формирования когнитивной картины мира, адекватной требованиям общества и трендам профессий будущего. На примере моделирования персональной траектории развития в цифровой среде с возможностью нелинейного представления информации описаны эф-

фекты в плане формирования востребованных над-профессиональных компетенций. Сформулированы рекомендации, которые могут использоваться для изменения традиционных методических систем обучения в целях повышения качества управления, социальной интеграции и профессиональной ориентации.

В работе [29] проводилось исследование влияние геймификации при подготовке к экзаменам на их результаты. В эксперименте принимало участие 700 участников. Установлено, что добавление игровых элементов к платформе, поддерживающей самотестирование, повышает вовлеченность студентов и, как следствие, высокие оценки на экзамене. Таким образом, подтверждается причинно-следственная связь между геймификацией и результатами обучения.

В работе [42] указывается, что обучение в познании окружающего мира и самого себя осуществляется ребенком через игры. По мере взросления обучение перестает быть развлечением и постепенно приобретает очертания формального образования. Формальное образование с его строгими, заранее определенными правилами и целями не оставляет места для игры, а требует постоянных усилий в приобретении знаний, что может привести к потере интереса или даже к отказу от обучения. В данной работе предлагается модель персонализированной среды электронного обучения, в которой принципы игрового дизайна и игровые элементы используются с целью увеличения вовлеченности учащихся в процесс познания.

В статье [26] исследуется взаимосвязь между успеваемостью студента в онлайн-упражнениях по программированию, выполненным в течение семестра, и последующей оценкой студента на выпускном экзамене. Представлен подход оценки успеваемости в онлайн-упражнениях, который сочетает в себе информацию о том, правильно ли учащийся решил онлайн-упражнение, с информацией о количестве попыток выполнения упражнения. Чтобы оценить результативность этого подхода, в работе использовались данные, полученные от студентов, обучающихся в вводному курсу *Java*.

В статье [25] рассматривается ранняя диагностика учащихся, испытывающих затруднения при обучении, как преимущество геймификации. На основании данных о выполнении упражнений по программированию с использованием методов машинного обучения корректируется учебная программа для данной группы студентов, что позволяет им более успешно осваивать учебный материал. В статье отмечается, что преподаватели, еще на раннем этапе обучения, могут более успешно корректировать действия учащихся, испытывающих затруднения, а так-

же выдавать более сложные задания наиболее успешным студентам для поддержания их заинтересованности и мотивации.

В статье [36] рассматривается образовательная парадигма игрового обучения, указывается, что игровое обучение создает возможности для применения знаний в виртуальном мире, тем самым делая процесс обучения более наглядным. В первой части статьи рассматривается взаимосвязь коллаборативного социального контекста обучения с игровым обучением. Во второй части статьи представлена игровая платформа «*UniGame* — обучение социальным навыкам и знаниям», которая позволяет преподавателю применять игровое обучение на занятиях. Изложены игровые идеи на образовательном фоне игровой концепции *UniGame*. Представленные сценарии *UniGame* и возможные варианты использования должны стимулировать пользователей к применению игрового подхода к обучению.

Кроме того, выполнен анализ отечественных источников, посвященных методике преподавания графических дисциплин с использованием информационно-коммуникационных технологий.

В работе [4] представлены результаты некоторых исследований, проведенных на примере обучения предмету инженерной графики в МГУНТ с использованием активных методов обучения на базе ИКТ.

В статье [13] для решения проблемы появления ошибок при мысленном проецировании изделия на разные плоскости проекций, которые связаны с когнитивными способностями пространственного мышления обучаемого, предлагается создание и внедрение в учебный процесс современных цифровых технологий виртуальной и дополненной реальности.

В статье [2] описывается педагогический опыт использования системы геометрического моделирования «Симплекс», разработанной профессором Д.В. Волошиновым в условиях дистанционного обучения. Указывается, что использование системы в учебном процессе существенно сократило время на выполнение и проверку учебных заданий в режиме реального времени.

В статье [1] формулируется актуальность создания компьютерных средств проверки решений задач начертательной геометрии. Анализируются недостатки имеющихся способов и систем для такой проверки. Предлагается новый способ проверки — способ наложения, основанный на совмещении некоторого эталона с решением студента и формальной оценке результатов совмещения. Для создания эталонов к широкому кругу задач начертательной геометрии предлагается использовать формальную грамматику правильного решения, которая строится с исполь-

зованием специальных нетерминальных символов — *and*, *or*, *transform* и *instance*.

В статье [23] раскрываются особенности генерирования в графической программе «КОМПАС» и содержание приложения «Генератор», включающего методический комплекс, направленный на формирование необходимой компетентности, развитие самообразовательной деятельности, проверку знаний, умений и навыков по графическим дисциплинам.

Работа [5] представляет собой обзор текущего состояния знаний и педагогического опыта применения существующих образовательных курсов, использующих технологии *AR*, в том числе в процессе геометро-графической подготовки студентов вуза.

Статья [20] посвящена актуальному вопросу о готовности преподавательских кадров к проведению цифровизации образовательного процесса. В статье представлен комплекс практических мер, способствующих повышению квалификации преподавательского состава кафедры и обеспечивающих готовность к решению актуальных проблем обучения студентов посредством цифровой образовательной среды.

Кроме того, в данной работе проанализированы и другие статьи, и обзоры, посвященные методике преподавания графических дисциплин [12; 14–16; 32].

В процессе создания программы-тренажера и оценки его качества был изучен опыт разработки и применения программно-технических средств для учебного процесса подготовки специалистов различных отраслей. В данной работе проанализированы русскоязычные источники, связанные с использованием в учебном процессе учебно-тренировочных средств и комплексов [8; 9; 22], в том числе для моделирования открытых горных работ [21], моделирования ведения боевых действий на море [6] и их оценки [7], тренажерной подготовки летного состава [3; 11; 18].

Исследование зарубежной и отечественной научно-педагогической литературы говорит о том, что наличие ИКТ позволяет, с одной стороны, реализовать творческий потенциал каждого преподавателя в создании таких средств, как учебно-методические комплексы, приложения, тренажеры, учебные игры и т.д., значительно изменив педагогический инструментарий, а с другой стороны, расширяющаяся номенклатура вновь созданных учебных средств вызывает острую необходимость в адекватной оценке их влияния на результативность обучения.

Кроме того, выполненные теоретические исследования позволяют наметить и сформулировать общие тенденции, влияющие на успешность обучения с использованием новых технологий, методов и средств

обучения, в том числе применения программ-тренажёров.

При обучении студентов на программе-тренажёре для повышения их мотивации и заинтересованности необходимо расширять использование интерактивной трехмерной и двумерной графики, в том числе, дополненной и виртуальной реальностей [33–35; 37; 39; 41].

При разработке учебно-тренировочных средств (приложений) необходимо стремиться к созданию такого уровня интерфейса и его функциональных возможностей, которые бы обеспечивали углубленную проработку тем учебной дисциплины и приобретения необходимых навыков [3; 6; 7; 11; 18; 21], соответствующих уровню индивидуальных занятий.

Приведенные в рассмотренных источниках [30; 33, 34, 30–35; 39; 41 и т.д.] наблюдения, суждения и утверждения нуждаются в апробации и проверке в условиях преподавания геометро-графических дисциплин в отечественных вузах, в частности с использованием технологий *Big Data* и *Learning Analytics*.

Педагогические условия применения пилотного проекта программы-тренажёра. В данной статье рассматривается педагогический опыт использования пилотного проекта программы-тренажёра, алгоритм и работа которого подробно описаны в работах [17; 24]. В данной статье рассматривается работа варианта программы-тренажёра для рабочей станции, которая скачивается с сайта дистанционного обучения, работающего под управлением *LMS Moodle*.

При запуске программы-тренажёра на экран выводится текст условия задачи (рис. 1), которая заключается в выполнении ортогонального чертежа точки и определения ее октанта по заданным координатам. Численные значения координат точек (целые числа) формируются случайной функцией в определенном диапазоне ($-10 \leq x \leq +10$; $-10 \leq y \leq +10$; $-10 \leq z \leq +10$).



Рис. 1. Экранная форма программы-тренажёра с выводом задания (получено авторами)

Для получения положительной оценки за работу в программе-тренажёре студенту необходимо решить три задачи, состоящие из четырех вопросов каждая, в результате необходимо ответить без ошибок на двенадцать вопросов подряд.

В случае неправильных ответов на вопросы включается режим визуализации. В графическом окне воспроизводятся аксонометрическая проекция и ортогональный чертёж точки, указанной в условии задачи.

Для проверки преподавателем выполненной студентом работы и выставления оценки в базу данных *LMS Moodle* все действия студента с программой-тренажёром протоколируются, зашифровываются и записываются на диск в файл текстового формата, который потом загружается на сайт дистанционного обучения в раздел «Работа с программой-тренажёром».

Оценка результативности использования программы-тренажёра. При оценке результативности использования программы-тренажёра в учебном процессе необходимо проанализировать его влияние на решение дидактических задач. С этой целью в данной статье для оценки результативности использования программы-тренажёра рассматриваются следующие критерии, отражающие в том числе и педагогический эффект [37]:

- эмоциональное восприятия студентами программы-тренажера (анкетирование);
- влияние использования программы-тренажёра на формирование навыков построения ортогональных проекций точки (сравнение контрольных и экспериментальных групп);
- влияние использования программы-тренажёра на организацию работы студента и преподавателя (проведение хронометража, построение тепловых карт);
- влияние использования программы-тренажёра на общую успеваемость студентов (сравнение контрольных и экспериментальных групп, а также сравнение успеваемости текущего и прошлого года).

Подготовка эксперимента, формирование экспериментальной и контрольной групп. Для предварительного определения эффективности использования программы-тренажёра были отобраны студенты направления подготовки 21.03.01 «Нефтегазовое дело», обучающиеся по различным профилям. Контрольная и экспериментальная группы были сформированы случайным образом, содержащие 80 студентов каждая. В сформированных группах участвовали только студенты, показавшие удовлетворительную успеваемость и выше, не имеющие большого количества пропусков и достаточно мотивированные к обучению. При этом контрольная и экспериментальная группы студентов имели одинаковые средние значения параметров,

влияющих на процесс усвоения материала по дисциплине «Начертательная геометрия», в том числе:

- средний уровень пространственного мышления 4,5 балла из 7;
- средний общий балл ЕГЭ по трем предметам 245 баллов из 300;
- средний уровень остаточных знаний по предмету «Геометрия» 9,3 балла из 14.

В экспериментальной группе обучение студентов на программе-тренажёре осуществлялось в условиях самостоятельной работы дома, без непосредственного контроля преподавателем хода выполнения заданий. В контрольной группе обучение студентов на программе-тренажёре не производилась.

Оценка эмоционального восприятия студентами программы-тренажёра. Для определения восприятия студентами работы с программой-тренажёром было проведено анкетирование. Содержательная часть анкеты состояла из трех блоков вопросов: 1) восприятие и заинтересованность работы с программой-тренажёром; 2) недостатки программы-тренажёра и пути её совершенствования; 3) наличие предыдущего опыта работы с подобными программами.

Распределение ответов респондентов представлено на рис. 2–8.

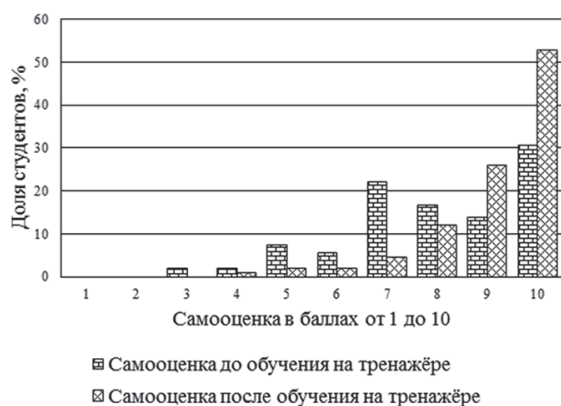


Рис. 2. Распределение ответов на вопрос: «Как вы оцениваете свои умения по построению ортогонального чертежа до и после обучения на программе-тренажёре, по десятибалльной шкале?» (получено авторами)

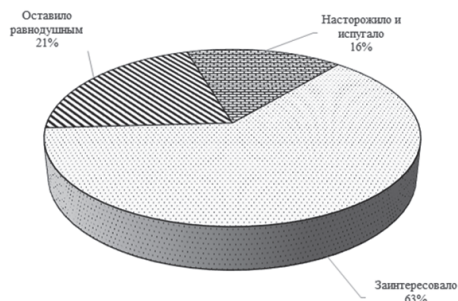


Рис. 3. Распределение ответов на вопрос: «Какое чувство вызвало предложение пройти обучение на программе-тренажёре?» (получено авторами)

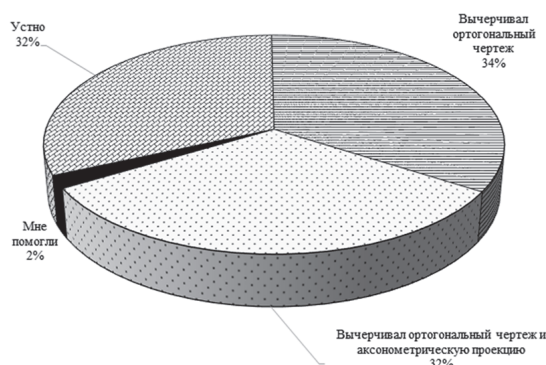


Рис. 4. Распределение ответов на вопрос: «Как вы подготавливали ответы при работе с программой-тренажёром?» (получено авторами)

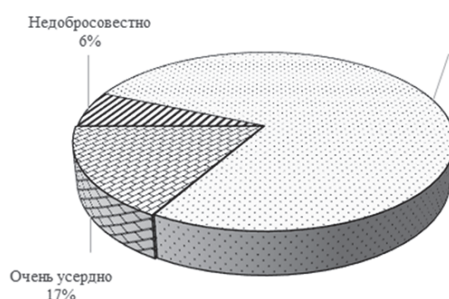


Рис. 5. Распределение ответов на вопрос: «Каким, по вашему мнению, было ваше прилежание при обучении на программе-тренажёре?» (получено авторами)

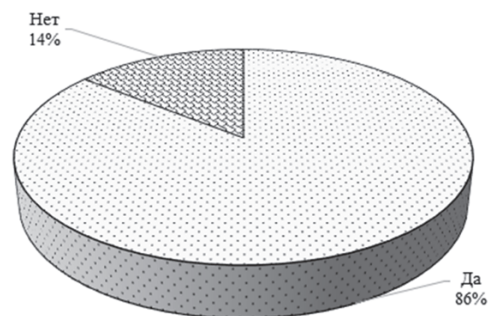


Рис. 6. Распределение ответов на вопрос: «Как вы считаете, была бы работа с программой-тренажёром более интересной, если в ней использовалась возможность интерактивного построения проекции заданной точки?» (получено авторами)

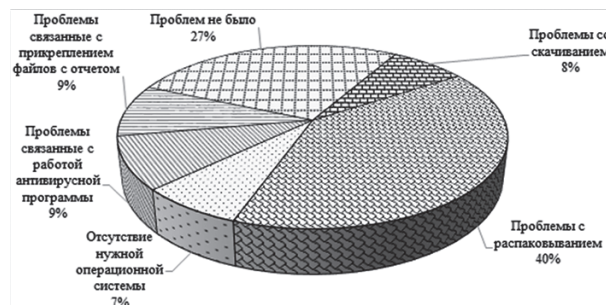


Рис. 7. Распределение ответов на вопрос: «С какими проблемами вы столкнулись при работе с программой-тренажёром?» (получено авторами)

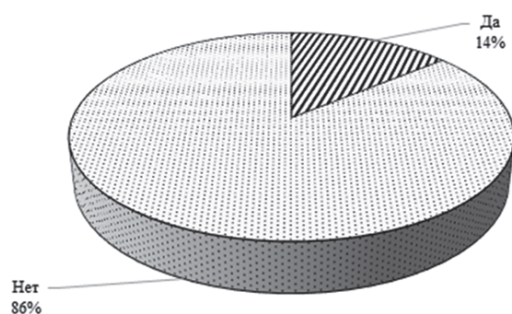


Рис. 8. Распределение ответов на вопрос: «Обучались ли вы при помощи аналогичных программных средств до этого?» (получено авторами)

Как видно из рис. 8, лишь 14% из опрошенных респондентов ранее обучались с использованием электронных средств обучения. В качестве основных, опрошенными указываются: **электронные ресурсы «Российской экономической школы» (РЭШ)**, цифровой образовательный ресурс для школ «Якласс», онлайн-курсы академии Cisco.

Оценка влияния программы-тренажёра на формирование навыков построения ортогональных проекций. Так как основной задачей дисциплины «Начертательная геометрия» является формирование навыков построения проекций различных геометрических фигур, необходимо произвести адекватную оценку влияния программы-тренажёра на формирование этих навыков. Исходя из того, что навык — это способность деятельности, сформированная путём повторения и доведённая до автоматизма, основными критериями его оценки должны быть не только количество правильно решённых задач, но и время, затраченное студентом на решение задачи, а также степень уверенности обучаемого студента в своих действиях.

Для оценки сформированных навыков после прохождения обучения студентам экспериментальной и контрольной групп было предложено ответить на десять элементарных вопросов по проецированию точки, примеры которых представлены ниже.

1. В каком октанте располагается точка $A(20; -35; -15)$?
2. На каком расстоянии от горизонтальной плоскости проекций находится точка $B(-25; 30; -10)$?

Результаты статистической обработки итоговых оценок выполнения тестовых заданий (по десяти-балльной шкале) приведены в табл. 1 и 2. Из представленных данных видно, что примерно 6% студентов увеличили свои баллы с 6–8 до 9–10 баллов. Это перераспределение фактически набранных студентами баллов наглядно видно на диаграмме, показанной на рис. 9. Вместе с тем очевидно существенное влияние программы-тренажёра на сокра-

щение затраченного студентами времени на решение задач, которое сократилось примерно на 40%. Для выявления степени адекватности самооценки студентов на рис. 9 сопоставлены диаграммы самооценки (см. рис. 2) и фактически заработанных баллов, из которых видно наличие студентов как недооценивающих, так и переоценивающих свои возможности. Например, до использования программы-тренажёра недооценивали свои возможности примерно 30% студентов, набравших фактически в дальнейшем максимально возможные 10 баллов. Использование же программы-тренажёра позволило приблизить самооценку студентов к более адекватной.

Таблица 1

Средние значения показателей сформированности навыка по группам успеваемости

№ n/n	Количество набранных баллов	Доля студентов от общего числа группы, %			Среднее время выполнения теста, мин.		
		Контрольная группа	Экспериментальная группа	Изменение показателя	Контрольная группа	Экспериментальная группа	Изменение показателя
1	10	59,3	61,3	+1,9	14,12	8,24	–5,88
2	9	23,1	27,5	+4,4	14,7	8,27	–6,43
3	8	6,6	6,3	–0,3	11,8	9,25	–2,55
4	7	7,7	3,8	–3,9	14,43	6,67	–7,76
5	6	3,3	1,3	–2,0	10	8	–2

Таблица 2

Средние значения показателей сформированности навыка для контрольной и экспериментальной групп

№	Показатель	Контрольная группа	Экспериментальная группа	Изменение показателя
1	Среднее значение правильных ответов в контрольном тесте, баллов из 10	9,27	9,44	0,17
2	Среднее время выполнения контрольного теста, мин.	13,95	8,24	–5,71
3	Среднее время ответа на вопрос, сек	84	50	–34

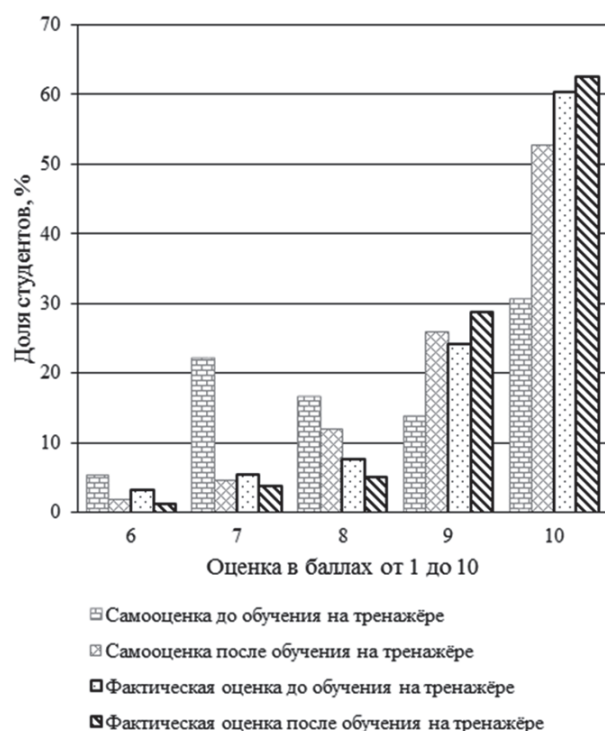


Рис. 9. Распределение студентов согласно набранным баллам (получено авторами)

Для подтверждения существенного уменьшения времени при выполнении студентами построения ортогональных проекций точки был проведен дополнительный эксперимент по хронометражу. В ходе эксперимента из контрольной и экспериментальной групп случайным образом было отобрано по три студента, которые осуществляли построение ортогонального чертежа произвольной точки, заданной преподавателем. Время выполнения задания фиксировалось и приведено в табл. 3.

Таблица 3

Результат хронометража выполнения построения ортогональных проекций точки

Студент	Время выполнения тестового задания, сек
Контрольная группа	
Студент № 1	201
Студент № 2	107
Студент № 3	204
Среднее	171
Экспериментальная группа	
Студент № 1	49
Студент № 2	56
Студент № 3	107
Среднее	71

Оценка организации работы с программой-тренажёром. Для оценки организационных возможностей совместного использования программы-тренажёра и *LMS Moodle* использовались данные учебной аналитики.

В табл. 4 показана карта взаимодействия студентов в процессе самостоятельной работы с *LMS Moodle* при обучении на программе-тренажёре в весеннем семестре 2022 г. В соответствующих ячейках таблицы указано общее количество различных событий, включая следующие: загрузку файлов программы, представление отчетов, просмотр страниц представленных ответов и т.д. Из представленной карты видно, что взаимодействие студентов с программой-тренажером не соответствует календарному плану и чрезмерно растянуто во времени на 46 дней. Объяснить такое положение можно тем, что:

- эксперимент по внедрению пилотного проекта начался не с начала семестра;
- действия студентов отклонились от выданной инструкции;
- имелись технические ошибки и несовершенство программного обеспечения;
- была недостаточная мотивация студентов по соблюдению временного графика.

Оценка организационных возможностей совместного использования программы-тренажёра и *LMS Moodle* со стороны преподавателя заключалась в определении трудоемкости процесса проверки присланных отчетов и выставления оценок. Проверка отчетов, присланных студентами, проводилась в полуавтоматическом режиме и состояла из отдельных этапов, время на выполнение которых, представлено в табл. 5.

Таблица 5

Результат хронометража работы преподавателя по проверке протоколов

№	Этап	Время, с
1	Открытие списка присланных заданий в <i>LMS Moodle</i>	2
2	Скачивание файла с отчетом	4
3	Визуальная проверка файла	4
4	Расшифровка файла при помощи специальной программы	10
5	Простановка оценки в <i>LMS Moodle</i>	5
	Итого:	25

Таким образом, время для качественной проверки 80 работ студентов, среди которых нет ни одного повторяющегося варианта задания, составит около 30–40 минут.

Карта взаимодействия студентов с LMS Moodle

		Апрель							Май														Июнь			Итого								
		21	22	24	25	27	28	29	30	01	03	04	05	06	07	08	09	10	12	14	15	16	17	18	19		20	22	24	25	26	29	03	06
Студент 1	1	1					1 7	1	3					7					3 1								1						1	35
							1	6	1																								15	
Студент 2							2						3	5																			10	
Студент 3							2					1	1						1					1						2	4	2	2	16
Студент 4							1		3										8	3				1		1	1						18	
Студент 5							1										8		1						2	7							27	
Студент 6							1	7						1					6														9	
Студент 7																												1					14	
Студент 8																																	13	
Студент 9												1 3																						16
Студент 10													4		1				1 1														15	
Студент 11															2				5	5	2					1							16	
Студент 12	1																													3	2	5	16	
Студент 13															1	1	2	4								4							8	
Студент 14																			8						2								11	
Студент 15	15	2					2																				6	1 2						37
Студент 16	9	3					8	3	1										2											2			30	
Студент 17	3						1					2								6													14	
Студент 18																			3														4	
Студент 19																																	2	
Студент 20																																	9	
Студент 21																																	19	
Итого	29	7	6	10	2	19	2	27	15	7	12	16	8	5	12	1	2	12	19	36	13	2	1	3	5	4	8	25	4	7	2	8	338	

Оценка влияние использования программы-тренажёра на общую успеваемость студентов. Оценка влияния использования программы-тренажёра по первой теме на конечный результат освоения дисциплины (экзаменационная оценка) является сложной задачей, зависящей от целого ряда факторов, степень влияние каждого из которых на данном этапе работ установить не представляется возможным, а для получения выверенных, достоверных результатов необходим многолетний эксперимент. Для предварительной оценки влияния программы-тренажёра (по одной из семнадцати тем) на общую успеваемость по дисциплине «Начертательная геометрия» были подсчитаны средние значения положительных баллов за экзамен, которые составили: в контрольной группе 4,14 балла, в экспериментальной группе — 4,21 балла. В эксперименте использовались те же контрольные и экспериментальные группы, что и в предыдущих исследованиях, но в расчётах не рассматривались отрицательные результаты и неявка студентов на экзамен. Учитывая, что удельный вес темы, на которую создана программа-тренажер, составляет не более 10% от общего объема курса, а выявленное в ходе эксперимента влияние применения программы-тренажёра составило порядка 2%, можно предположить, что дальнейшая разработка программ-тренажёров по каждой теме курса позволит повысить средний балл на 15%.

Основные показатели успешности применения программы-тренажёра в учебном процессе, определенные в ходе исследований, для наглядности представлены на диаграмме рис. 10.

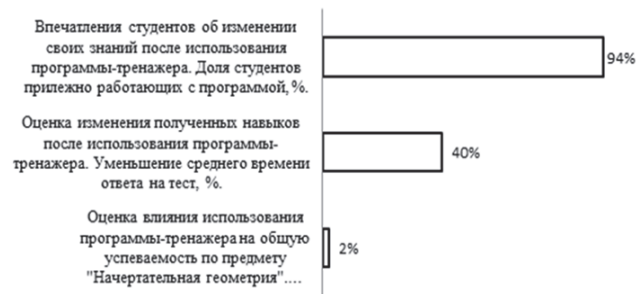


Рис. 10. Основные показатели успешности использования программы-тренажёра (получено авторами)

SWOT-анализ использования программы тренажёра в условиях учебного процесса. Для стратегического планирования развития программы-тренажёра на основании пилотной апробации в условиях учебного процесса и проведенного исследования успешности его применения был проведен SWOT-анализ, результаты которого показаны в табл. 6.

Таблица 6

Результаты SWOT-анализа

1. Сильные стороны (Strengths)	2. Слабые стороны (Weaknesses)
1.1. Использование тренажёра положительно влияет на формирование навыка и успешность обучения: <ul style="list-style-type: none">• позволяет сократить время решения задачи на построение проекций точки на 40%;• положительно влияет на степень адекватности самооценки;• положительно влияет на общую оценку за экзамен. 1.2. Использование современных технологий, обеспечивающих комфортную среду для современных студентов. Около 90% процентов студентов заинтересованы в использовании программы-тренажёра и охотно её применяют при самостоятельных занятиях.	2.1. Имеются возможности для подсматривания, списывания, использования мнения третьих лиц.
1.3. Автоматизированный процесс формирования заданий и их проверки	2.2. Отсутствие интерактивной графики, которая интересна основной массе студентов (86%).
	2.3. Программа работает только под управлением операционной системы Windows.
	2.4. В отчет, формируемый программой, записывается только успешная сессия работы с программой, остальные, неудачные попытки, не записываются
3. Возможности (Opportunities)	4. Угрозы (Threats)
3.1. Цифровизация образования является одним из приоритетных направлений развития образования России.	4.1. Геополитические условия формируют неопределенные условия по использованию иностранного программного обеспечения, в том числе языков программирования, используемых для создания тренажёра.
3.2. Интенсивное развитие информационно-коммуникационных технологий	4.2. Низкий уровень отечественных информационных технологий.
	4.3. Низкий уровень законодательной базы в сфере сбора и обработки персональных данных

Обсуждение результатов

Полученные результаты исследования показали, что использование современных технических средств и применение информационно-коммуникационных технологий повышают заинтересованность студентов при самостоятельной работе над выполнением индивидуальных заданий, что согласуется с источниками [28; 31; 38]. Кроме того, мы согласны с авторами работы [25; 40], что использование цифровых сред за счет работы заложенных в них нелинейных алгоритмов позволяют повысить результативность процесса обучения в приобретении знаний и навыков. Результаты описанного в статье исследования подтверждают сделанные в работах [26; 29] выводы о том, что добавление интерактивного и игрового контента к платформе электронного обучения, повышает результативность обучения и положительно сказывается на результатах экзамена. Выполненные работы по хронометражу процесса проверки отчетов студентов показали существенное сокращение затрат

времени преподавателя, что согласуется с выводами авторов работы [2].

По результатам проведенных исследований и в том числе *SWOT*-анализа (п. 2.1–2.4) желательно расширить возможности программы-тренажёра, выполнив следующие доработки.

1. Предусмотреть возможности использования интерактивной графики с использованием сред интерактивной визуализации и систем виртуальной реальности, таких как, например, *Unreal Engine*, *Unity*, *UNIGINE* и т.д.
2. Учесть возможности использования программы-тренажёра под управлением различных операционных систем *Windows*, *Linux*, *iOS*, *Android* и т.д.
3. Расширить протокол и включить в него все попытки работы с программой-тренажёром, а также организовать автоматический сбор данных о времени и дате.
4. Рассмотреть возможности организации прокторинга.

Для проведения дальнейших исследований и получения более объективных данных необходимо скорректировать условия проведения эксперимента и в том числе:

- расширить применение программы-тренажёра за счет использования его в очном формате;
- уточнить степень влияния приобретенных навыков на программе-тренажёре в условиях очной формы занятий на результаты дальнейшего обучения по курсу учебной дисциплины;
- произвести дифференциацию студентов по успеваемости, включая неуспевающих;
- провести организационные мероприятия для использования программы-тренажёра согласно учебному календарному плану дисциплины;
- расширить эксперимент на учебные группы, учащиеся по другим направлениям подготовки;

- сравнить результативность работы студентов со старой и новой версией программы-тренажёром тренажёра (доработанной согласно п. 1–4);
- с целью корректировки рабочей программы дисциплины, используя отчеты студентов, загруженные в *LMS Moodle*, оценить время работы с программой-тренажёром студентов разных групп успеваемости.

Заключение

В результате выполнения работы проанализированы и обобщены литературные источники, связанные с использованием в учебном процессе учебных игр, тренажёров, виртуальной и дополненной реальности. Выполненные теоретические исследования позволили наметить и сформулировать общие тенденции, влияющие на успешность обучения с использованием новых технологий, методов и средств обучения, в том числе применения программ-тренажёров.

Установлено, что при использовании программы-тренажёра примерно 6% студентов увеличили свои баллы успеваемости по тестовым заданиям с 6–8 до 9–10 баллов. Выявлено существенное влияние программы-тренажёра на сокращение затраченного студентами времени на решение задач, которое сократилось примерно на 40%. Отмечено наличие студентов как недооценивающих, так и переоценивающих свои возможности. Например, до использования программы-тренажёра недооценивали свои возможности примерно 30% студентов, набравших фактически в дальнейшем максимально возможные 10 баллов. Использование же программы-тренажёра позволило приблизить самооценку студентов к более адекватной. Установлено положительное влияние программы-тренажёра на общую успеваемость по дисциплине «Начертательная геометрия», при этом средний балл за экзамен в группе вырос примерно на 2%.

Литература

1. Бойков А.А. Компьютерная проверка решений задач начертательной геометрии для инженерно-графического образования [Текст] / А.А. Бойков // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 2. — С. 66–81. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-66-81.
2. Бояшова Е.П. Особенности дистанционного обучения геометро-графическим дисциплинам с использованием методов конструктивного геометрического моделирования [Текст] / Е.П. Бояшова // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 3. — С. 46–56. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-46-56.
3. Годунов А.И. Синтез автоматизированной системы оценивания качества пилотирования на авиационном тренажере [Текст] / А.И. Годунов, Ю.Г. Квятковский, Н.К. Юрков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. — 2012. — Т. 21. — № 1. — С. 58–64.
4. Дамчаасурэн Х. Внедрение электронной технологии в образование / Х. Дамчаасурэн // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 3. — С. 39–45. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-39-45.
5. Игнатьев С.А. Обзор образовательных курсов на основе технологий дополненной реальности [Текст] / С.А. Игнатьев, З.О. Третьякова, М.В. Воронина // Гео-

- метрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 3. — С. 67–86. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-67-86.
6. Ильин В.А. Оценка качества тренажерных средств [Текст] / В.А. Ильин, Е.С. Пахомов // Программные продукты и системы. — 2021. — Т. 34. — № 1. — С. 67–74. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestva-trenazhernyh-sredstv>
 7. Ильин В.А. Тактические тренажерные комплексы для подготовки к ведению боевых действий на море [Текст] / В.А. Ильин, Е.С. Пахомов, С.Н. Соколов, А.Д. Шуванов // Программные продукты и системы. — 2016. — Т. 113. — № 1. — С. 22–26. — DOI: 10.15827/0236-235X.113.022-026.
 8. Катунцов Е.В. Обновление курсов по основам ИТ в сетевой академии Cisco [Текст] / Е.В. Катунцов // Современные образовательные технологии в подготовке специалистов для минерально-сырьевого комплекса Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский горный университет. — 2020. — Т. 1. — С. 186–190.
 9. Катунцов Е.В. Применение средств электронного обучения при подготовке специалистов в области информационно-сырьевого комплекса [Текст] / Е.В. Катунцов, Я. Култан, А.Б. Маховиков // Записки Горного института. — 2017. — Т. 226. — № 4. — С. 503–508. — DOI: 10.25515/pmi.2017.4.503.
 10. Красильникова В.А. Методология создания единой информационно-образовательной среды университетского округа [Текст] / В.А. Красильникова // Вестник ОГУ. — 2002. — № 2. — С. 105–110.
 11. Куатов Б.Ж. Системный подход к организации тренажерной подготовки летного состава в современных условиях [Текст] / Б.Ж. Куатов // НиКСС. — 2014. — Т. 8. — № 4. — С. 34–39. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnyy-podhod-k-organizatsii-trenazhernoy-podgotovki-letnogo-sostava-v-sovremennyh-usloviyah> (дата обращения: 07.07.2022).
 12. Меркулова В.А. Инновации в инженерно-техническом образовании с использованием AR-технологии на примере дисциплин начертательной геометрии и инженерной графики [Текст] / В.А. Меркулова, З.О. Третьякова, И.Г. Шестакова // Перспективы науки и образования. — 2022. — № 4. — С. 243.
 13. Мусаева Т.В. Дополненная реальность в проведении занятий по инженерным техническим дисциплинам проектирования [Текст] / Т.В. Мусаева, А.А. Ураго // Геометрия и графика. — 2021. — Т. 9. — № 2. — С. 46–55. — DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-2-46-55.
 14. Назарова О.Н. Современные проблемы преподавания курса «Прикладная геометрия и инженерная графика» для эксплуатационных направлений авиационного вуза [Текст] / О.Н. Назарова // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 2. — С. 58–65. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-58-65.
 15. Сальков Н.А. Отображение проблем геометрического образования в журнале «Геометрия и графика» [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 9. — № 3. — С. 87–119. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-87-119.
 16. Сальков Н.А. Системный подход к изучению начертательной геометрии [Текст] / Н.А. Сальков // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 1. — С. 14–23. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-14-23.
 17. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ 2021681410 Российская Федерация. Тренажер для развития навыков построения проекций геометрических объектов / А.И. Фоломкин, С.А. Чупин, К.Д. Устименко; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский горный университет». — № 2021680541; заявл. 14.12.2021; опубл. 21.12.2021 — 1 с.
 18. Солдатенков О.Ф. Перспективные технологии разработки и сопровождения авиационных тренажеров (АТ) [Текст] / О.Ф. Солдатенков // Тренажерные технологии и обучение: новые подходы и задачи: сб. ст. междунар. конф. — М.: ЦАГИ. — 2003. — С. 40–43.
 19. Стариченко Б.Е. Педагогический подход к оценке результативности использования ИКТ в решении образовательных задач [Текст] / Б.Е. Стариченко // Педагогическое образование в России. — 2018. — № 8. — С. 153–162. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pedagogicheskiy-podhod-k-otsenke-rezultativnosti-ispolzovaniya-ikt-v-reshenii-obrazovatelnyh-zadach> (дата обращения: 07.07.2022).
 20. Столбова И.Д. К вопросу о готовности преподавательских кадров к цифровому обучению [Текст] / И.Д. Столбова, К.Г. Носов, Л.С. Тарасова // Геометрия и графика. — 2022. — Т. 10. — № 1. — С. 24–35. — DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-1-24-35.
 21. Трашкова А.В. Выбор способа реализации тренажёра-симулятора для системы трехмерного моделирования открытых горных работ [Текст] / А.В. Трашкова, А.В. Вицентий // Труды Кольского научного центра РАН. — 2020. — № 8–11. — URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-sposoba-realizatsii-trenazhera-simulyatora-dlya-sistemy-trehmernogo-modelirovaniya-otkrytyh-gornyh-rabot> (дата обращения: 07.07.2022).
 22. Трухин А.В. Анализ существующих в РФ тренажерно-обучающих систем [Текст] / А.В. Трухин // Открытое и дистанционное образование. — Томск. — 2008. — Т. 29. — № 1. — С. 32–39.
 23. Турутина Т.Ф. Применение информационных технологий в методике проверки графической грамотности будущих специалистов [Текст] / Т.Ф. Турутина, Д.В. Третьяков // Геометрия и графика. — 2020. — Т. 8. — № 1. — С. 45–56. — DOI: 10.12737/2308-4898-2020-45-56.
 24. Фоломкин А.И. Разработка программы-тренажера на базе нейронных сетевых технологий для развития пространственного мышления студентов [Текст] / А.И. Фоломкин, С.А. Чупин, О.В. Трубецкая, В.В. Шарок // Перспективы науки и образования. — 2022. — Т. 57. — № 3. — С. 582–602. — DOI: 10.32744/pse.2022.3.34.

25. Ahadi A., Lister R., Haapala H., Vihavainen A. Exploring machine learning methods to automatically identify students in need of assistance // ICER 2015 — Proceedings of the 2015 ACM Conference on International Computing Education Research. 2015. Pp. 121–130. DOI: 10.1145/2787622.2787717.
26. Ahadi A., Lister R., Vihavainen A. On the number of attempts students made on some online programming exercises during semester and their subsequent performance on final exam questions // Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITiCSE. 2016. V. 11. Pp. 218–223. DOI: 10.1145/2899415.2899452.
27. Bai Shurui, Hew Khe Foon, Huang Biyun. Does gamification improve student learning outcome? Evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts. Educational Research Review. 2020. V. 30. DOI: 10.1016/j.edurev.2020.100322.
28. Bovermann K., Weidlich J., Bastiaens T. Online learning readiness and attitudes towards gaming in gamified online learning — a mixed methods case study // International Journal of Educational Technology in Higher Education. 2018. V. 15. I. 11. DOI: 10.1186/s41239-018-0107-0.
29. Denny P., McDonald F., Empson R., Kelly P., Petersen A. Empirical support for a causal relationship between gamification and learning outcomes. // Conference on Human Factors in Computing Systems — Proceedings. 2018. DOI: 10.1145/3173574.3173885.
30. Dhandabani Lakshmi, Sukumaran Rajeev. Use of ICT in engineering education: A survey report. // 2014 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, IEEE ICCIC. 2014. Pp. 343–355. DOI: 10.1109/ICCIC.2014.7238362.
31. Fernández-Reyes K., Clarke D., Hornbach J. The impact of opt-in gamification on students' grades in a software design course // 21st ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: Companion Proceedings, MODELS-Companion. 2018. Pp. 90–97. DOI: 10.1145/3270112.3270118.
32. Fortin C., Ignatiev S.A., Voronina M.V. Wolfram mathematica as applied to the interactive visualisation of descriptive geometry problems // Global Journal of Engineering Education. 2021. V. 1. I. 21. Pp. 37–42.
33. İbili Emin, Çat Mevlüt, Resnyansky Dmitry, Şahin Sami, Billinghurst M. An assessment of geometry teaching supported with augmented reality teaching materials to enhance students' 3D geometry thinking skills // International Journal of Mathematical Education in Science and Technology. 2020. V. 51. I. 2. Pp. 224–246. DOI: 10.1080/0020739X.2019.1583382.
34. Lin Hao-Chiang Koong, Chen Mei-Chi, Chang Chih-Kai. Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using an augmented reality-assisted learning system // Interactive Learning Environments. 2015. V. 23. I. 6. Pp. 799–810. — DOI: 10.1080/10494820.2013.817435.
35. Parras-Burgos D., Melgarejo-Torralba M., Cañavate F.J.F., Fernández-Pacheco D.G. Graphic Interpretation of Surfaces with the Support of Augmented Reality as a Training Complement in Engineering Studies // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2022. Pp. 318–326. DOI: 10.1007/978-3-030-92426-3_37.
36. Pivec M., Dziabenko O. Game-based learning in universities and lifelong learning: "UniGame: Social skills and knowledge training" game concept 1. // Journal of Universal Computer Science. 2004. V. 10. I. 1. Pp. 14–26.
37. Polhmann T., Parras-Burgos D., Cavas-Martínez F., Cañavate F.J.F., Nieto J., Fernández-Pacheco D.G. Augmented Reality and Mobile Devices as Tools to Enhance Spatial Vision in Graphic Representations // Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2020. Pp. 420–427. DOI: 10.1007/978-3-030-41200-5_46.
38. Pushmina S.A., Frolova M.A., Yakhina K.A. Digital e-learning socialization among engineering students // Current problems of socio-humanities and intercultural communication: language, culture, education and economy. Materials of the Third international scientific-practical conference. St. Petersburg State University of Civil Aviation. 2022. Pp. 267–274.
39. Sánchez Albert, Redondo Ernest, Fonseca David, Navarro Isidro. Academic performance assessment using Augmented Reality in engineering degree course. // Proceedings — Frontiers in Education Conference, FIE. 2014. Pp. 1–7. DOI: 10.1109/FIE.2014.7044238.
40. Soboleva E.V., Sokolova A.N., Votintseva M.L. A model of cognitive activity in the Quandary text labyrinth digital environment // Perspektivy nauki i obrazovania. 2018. V. 35. I. 5. Pp. 221–230.
41. Uribe Franz Calderón. Increased reality applied to the teaching of the descriptive geometry // AUS. 2015. V. 18. I. 004.
42. Zaric N. Personalization of gamification in (programming) e-learning environments // CEUR Workshop Proceedings. 2018.

References

1. Bojkov A.A. Komp'yuternaya proverka reshenij zadach nachertatel'noj geometrii dlya inzhenerno-graficheskogo obrazovaniya [Computer verification of problem solutions descriptive geometry for engineering graphic education]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 2, pp. 66–81. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-66-81. (in Russian)
2. Boyashova E.P. Osobennosti distantsionnogo obucheniya geometro-graficheskimi distsiplinami s ispolzovaniem metodov konstruktivnogo geometricheskogo modelirovaniya [Features of distance learning of geometric and graphic disciplines using methods of constructive geometric modeling]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2021, V. 9, I. 3, pp. 46–56. DOI: 10.12737/2308 – 4898-2021-9-3-46-56. (in Russian)
3. Godunov A.I., Kvyatkovskij Yu.G., Yurkov N.K. Sintez avtomatizirovannoj sistemy ocenivaniya kachestva pilotirovaniya na aviacionnom trenazhere [Synthesis of an au-

- tomated system for assessing the quality of piloting on an aircraft simulator]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Povolzhskij region. Tekhnicheskie nauki* [News of higher educational institutions. Volga region. Technical science]. 2012, V. 21, I. 1, pp. 58–64. (in Russian)
4. Damchaasuren H. Vnedrenie elektronnoj tekhnologii v obrazovanie [Introduction of Electronic Technology into Education]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2021, V. 9, I. 3, pp. 39–45. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-3-39-45. (in Russian)
 5. Ignat'ev S.A., Tret'yakova Z.O., Voronina M.V. Obzor obrazovatel'nyh kursov na osnove tekhnologij dopolnennoj real'nosti [Review of Educational Courses Based on Augmented Reality Technologies]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2020, V. 8, I. 3, pp. 67–86. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-67-86. (in Russian)
 6. Il'in V.A., Pahomov E.S. Ocenka kachestva trenazhernyh sredstv [Assessment of the quality of training facilities]. *Programmnye produkty i sistemy* [Software products and systems]. 2021, V. 34, I. 1, pp. 67–74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-kachestva-trenazhernyh-sredstv> (Accessed 07 July 2022). (in Russian)
 7. Il'in V.A., Pahomov E.S., Sokolov S.N., Shuvanov A.D. Takticheskie trenazhernye komplekсы dlya podgotovki k vedeniyu boevykh deystvij na more [Tactical training complexes for training for combat operations at sea]. *Programmnye produkty i sistemy* [Software products and systems]. 2016, V. 113, I. 1, pp. 22–26. DOI: 10.15827/0236-235X.113.022-026. (in Russian)
 8. Katuncov E. V. Obnovlenie kursov po osnovam IT v setevoy akademii Cisco [Updated Courses on IT Fundamentals at Cisco Networking Academy]. *Sovremennye obrazovatel'nye tekhnologii v podgotovke specialistov dlya mineral'no-syr'evogo kompleksa Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gornyj universitet* [Modern educational technologies in the training of specialists for the mineral resource complex St. Petersburg: St. Petersburg Mining University]. 2020, V. 1, pp. 186–190. (in Russian)
 9. Katuncov E.V., Kultan Y.A., Mahovikov A.B. Primenenie sredstv elektronnoho obucheniya pri podgotovke specialistov v oblasti informacionnyh tekhnologij dlya predpriyatij mineral'no-syr'evogo kompleksa [The use of e-learning tools in the training of specialists in the field of information technology for enterprises of the mineral resource complex]. *Zapiski Gornogo instituta* [Notes of the Mining Institute.]. 2017, V. 226, I. 4, pp. 503–508. DOI: 10.25515/pmi.2017.4.503. (in Russian)
 10. Krasil'nikova V.A. Metodologiya sozdaniya edinoj informacionno-obrazovatel'noj sredy universitetskogo okruga [Methodology for creating a unified information and educational environment of the university district]. *Vestnik OGU* [Bulletin of OSU]. 2002, I. 2, pp. 105–110. (in Russian)
 11. Kuatov B.Zh. Sistemnyj podhod k organizacii trenazhernoj podgotovki letnogo sostava v sovremennykh usloviyah [A systematic approach to the organization of simulator training for flight personnel in modern conditions]. *NiKSS* [NiKSS]. 2014, V. 8, I. 4, pp. 34–39. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/sistemnyy-podhod-k-organizatsii-trenazhernoy-podgotovki-letnogo-sostava-v-sovremennykh-usloviyah>. (in Russian)
 12. Merkulova V.A., Tret'yakova Z.O., Shestakova I.G. Innovacii v inzhenerno-tekhnicheskom obrazovanii s ispol'zovaniem AR-tekhnologii na primere disciplin nachertatel'noj geometrii i inzhenernoj grafiki [Innovations in engineering education using AR technology on the example of the disciplines of descriptive geometry and engineering graphics]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya* [Perspectives of Science and Education]. 2022, V. 58, I. 4, pp. 243. (in Russian)
 13. Musaeva T.V., Urago A.A. Dopolnennaya real'nost' v provedenii zanyatij po inzhenernym tekhnicheskim disciplinam proektirovaniya [Augmented Reality in Conducting Classes in Engineering and Technical Disciplines of Design]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2021, V. 9, I. 2, pp. 46–55. DOI: 10.12737/2308-4898-2021-9-2-46-55. (in Russian)
 14. Nazarova O.N. Sovremennyye problemy prepodavaniya kursa "Prikladnaya geometriya i inzhenernaya grafika" dlya ekspluatatsionnykh napravleniy aviatsionnogo vuza [Modern problems of teaching the course "Applied Geometry and Engineering Graphics" for the operational directions of an aviation university]. *Geometriya i grafika* [Geometry and graphics]. 2020, V. 8, I. 2, pp. 58–65. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-58-65. (in Russian)
 15. Sal'kov N.A. Otobrazhenie problem geometricheskogo obrazovaniya v zhurnale "geometriya i grafika" [Geometric education's problems displaying in the "geometry and graphics" journal]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 3, pp. 87–119. DOI 10.12737/2308-2020-87-119. (in Russian)
 16. Sal'kov N.A. Sistemnyj podkhod k izucheniyu nachertatel'noy geometrii [A systematic approach to the study of descriptive geometry]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2022, V. 10, I. 1, pp. 14–23. DOI 10.12737/2308-4898-2022-10-1-14-23. (in Russian)
 17. Svidetel'stvo o gosudarstvennoj registracii programmy dlya EVM 2021681410 Rossijskaya Federaciya. Trenazher dlya razvitiya navykov postroeniya proekcij geometricheskikh ob"ektov. Folomkin A.I., Chupin S.A., Ustimenko K.D.; zayavitel' i pravoobladatel' FGBOU VO "Sankt-Peterburgskij gornyj universitet". I. 2021680541; zayavl. 14.12.2021; opubl. 21.12.2021 — 1 p. (in Russian)
 18. Soldatenkov O.F. Perspektivnye tekhnologii razrabotki i soprovozhdeniya aviacionnyh trenazherov (AT) [Promising technologies for the development and maintenance of flight simulators (AT)]. *Trenazhernye tekhnologii i obuchenie: novye podhody i zadachi: sb. st. Mezhdunar. konf.* [Simulator technologies and training: new approaches and tasks: Sat. Art. International conf]. Moscow, CAGI. 2003, pp. 40–43. (in Russian)
 19. Starichenko B.E. Pedagogicheskij podhod k ocenke rezul'tativnosti ispol'zovaniya IKT v reshenii obrazovatel'nyh

- zadach [Pedagogical approach to assessing the effectiveness of using ICT in solving educational problems]. *Pedagogicheskoe obrazovanie v Rossii* [Pedagogical education in Russia]. 2018, I. 8, pp. 153–162 URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/pedagogicheskiy-podhod-k-otsenke-rezultativnosti-ispolzovaniya-ikt-v-reshenii-obrazovatelnyh-zadach> (Accessed 07 July 2022). (in Russian)
20. Stolbova I.D., Nosov K.G., Tarasova L.S. K voprosu o gotovnosti prepodavatel'skikh kadrov k tsifrovomu obucheniyu [To the question of teaching staff readiness to digital training]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2022, V. 10, I. 1, pp. 24–35. DOI 10.12737/2308-4898-2022-10-1-24-35. (in Russian)
 21. Trashkova A.V. Vicentij A.V. Vybora sposoba realizacii trenazhyora-simulyatora dlya sistemy trekhmernogo modelirovaniya otkrytykh gornyh rabot [Choosing a method for implementing a simulator for a system of three-dimensional modeling of open-pit mining]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN* [Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2020, I. 8-11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vybor-sposoba-realizatsii-trenazhera-simulyatora-dlya-sistemy-trehmernogo-modelirovaniya-otkrytykh-gornyh-rabot>. (Accessed 07 July 2022). (in Russian)
 22. Truhin A.V. Analiz sushchestvuyushchih v RF trenazhyorno-obuchayushchih sistem [Analysis of the training and training systems existing in the Russian Federation]. *Otkrytoe i distancionnoe obrazovanie* [Open and distance education]. 2008, V. 29, I. 1, pp. 32–39. (in Russian)
 23. Turutina T.F. Primenenie informacionnykh tekhnologij v metodike proverki graficheskoy gramotnosti budushchih specialistov [The use of information technology in the methodology of checking graphic literacy of future specialists]. *Geometriya i grafika* [Geometry and Graphics]. 2020, V. 8, I. 1, pp. 45–56. DOI: 10.12737/2308-4898-2020-45-56. (in Russian)
 24. Folomkin A. I., CHupin S.A., Trubeckaya O.V., Sharok V.V. Razrabotka programmy-trenazhera na baze nejronnykh setevykh tekhnologij dlya razvitiya prostranstvennogo myshleniya studentov [Development of a simulator program based on neural network technologies for the development of students' spatial thinking]. *Perspektivy nauki i obrazovaniya* [Perspectives of Science and Education]. 2022, V. 57, I. 3, pp. 582–602. DOI: 10.32744/pse.2022.3.34. (in Russian)
 25. Ahadi A., Lister R., Haapala H., Vihavainen A. Exploring machine learning methods to automatically identify students in need of assistance // ICER 2015 — Proceedings of the 2015 ACM Conference on International Computing Education Research. 2015. Pp. 121–130. DOI: 10.1145/2787622.2787717.
 26. Ahadi A., Lister R., Vihavainen A. On the number of attempts students made on some online programming exercises during semester and their subsequent performance on final exam questions // Annual Conference on Innovation and Technology in Computer Science Education, ITICSE. 2016. V. 11. Pp. 218–223. DOI: 10.1145/2899415.2899452.
 27. Bai Shurui, Hew Khe Foon, Huang Biyun. Does gamification improve student learning outcome? Evidence from a meta-analysis and synthesis of qualitative data in educational contexts. *Educational Research Review*. 2020. V. 30. DOI: 10.1016/j.edurev.2020.100322.
 28. Bovermann K., Weidlich J., Bastiaens T. Online learning readiness and attitudes towards gaming in gamified online learning — a mixed methods case study // *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. 2018. V. 15, I. 11. DOI: 10.1186/s41239-018-0107-0.
 29. Denny P., McDonald F., Empson R., Kelly P., Petersen A. Empirical support for a causal relationship between gamification and learning outcomes // *Conference on Human Factors in Computing Systems — Proceedings*. 2018. DOI: 10.1145/3173574.3173885.
 30. Dhandabani Lakshmi, Sukumaran Rajeev. Use of ICT in engineering education: A survey report. // 2014 IEEE International Conference on Computational Intelligence and Computing Research, IEEE ICCIC. 2014, pp. 343–355. DOI: 10.1109/ICCIC.2014.7238362.
 31. Fernández-Reyes K., Clarke D., Hornbach J. The impact of opt-in gamification on students' grades in a software design course // 21st ACM/IEEE International Conference on Model Driven Engineering Languages and Systems: Companion Proceedings, MODELS-Companion. 2018. Pp. 90–97. DOI: 10.1145/3270112.3270118.
 32. Fortin C., Ignatiev S.A., Voronina M.V. Wolfram mathematica as applied to the interactive visualisation of descriptive geometry problems // *Global Journal of Engineering Education*. 2021. V. 1, I. 21. Pp. 37–42.
 33. İbili Emin, Çat Mevlüt, Resnyansky Dmitry, Şahin Sami, Billingham M. An assessment of geometry teaching supported with augmented reality teaching materials to enhance students' 3D geometry thinking skills // *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*. 2020. V. 51, I. 2. Pp. 224–246. DOI: 10.1080/0020739X.2019.1583382.
 34. Lin Hao-Chiang Koong, Chen Mei-Chi, Chang Chih-Kai. Assessing the effectiveness of learning solid geometry by using an augmented reality-assisted learning system // *Interactive Learning Environments*. 2015. V. 23, I. 6. Pp. 799–810. DOI: 10.1080/10494820.2013.817435.
 35. Perras-Burgos D., Melgarejo-Torralba M., Cañavate F.J.F., Fernández-Pacheco D.G. Graphic Interpretation of Surfaces with the Support of Augmented Reality as a Training Complement in Engineering Studies // *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2022. Pp. 318–326. DOI: 10.1007/978-3-030-92426-3_37.
 36. Pivec M., Dziabenko O. Game-based learning in universities and lifelong learning: "UniGame: Social skills and knowledge training" game concept 1 // *Journal of Universal Computer Science*. 2004. V. 10, I. 1. Pp. 14–26.
 37. Polhmann T., Perras-Burgos D., Cavas-Martínez F., Cañavate F.J.F., Nieto J., Fernández-Pacheco D.G. Augment-

- ed Reality and Mobile Devices as Tools to Enhance Spatial Vision in Graphic Representations // *Lecture Notes in Mechanical Engineering*. 2020. Pp. 420–427. DOI: 10.1007/978-3-030-41200-5_46.
38. Pushmina S.A., Frolova M.A., Yakhina K.A. Digital e-learning socialization among engineering students // *Current problems of socio-humanities and intercultural communication: language, culture, education and economy. Materials of the Third international scientific-practical conference*. St. Petersburg State University of Civil Aviation. 2022. Pp. 267–274.
39. Sánchez Albert, Redondo Ernest, Fonseca David, Navarro Isidro. Academic performance assessment using Augmented Reality in engineering degree course // *Proceedings — Frontiers in Education Conference, FIE*. 2014. Pp. 1–7. DOI: 10.1109/FIE.2014.7044238.
40. Soboleva E.V., Sokolova A.N., Votintseva M.L. A model of cognitive activity in the Quandary text labyrinth digital environment // *Perspektivy nauki i obrazovania*. 2018. V. 35. I. 5. Pp. 221–230.
41. Uribe Franz Calderón. Increased reality applied to the teaching of the descriptive geometry // *AUS*. 2015. V. 18. I. 004.
42. Zaric N. Personalization of gamification in (programming) e-learning environments // *CEUR Workshop Proceedings*. 2018.