

УДК 37.013.75:378.14
DOI 10.17513/snt.40554

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СОСТАВЕ EDUTAINMENT-ТЕХНОЛОГИИ ОБУЧЕНИЯ ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ «ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА»

¹Тарасова Т.Е., ²Таргонская И.С.

¹ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева», Россия, Санкт-Петербург, e-mail: tarasovate@yandex.ru;

²ФГК ВОУ «Военный институт (инженерно-технический) Военной академии материально-технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва», Россия, Санкт-Петербург

Активизация и поддержание интереса к изучаемой дисциплине со стороны обучающихся остается важной задачей педагогов всех ступеней обучения. В статье отмечена важность и некоторые проблемы изучения дисциплины «Инженерная графика» курсантами военных вузов как будущими специалистами инженерно-технических профилей. Проанализированы различные методы и модели активизации учебного процесса, такие как STEAM-технологии (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics, – наука, технология, инженерия, математика, искусство), метод «перевернутого класса», системно-интегративный и компетентностный подходы в обучении. Рассмотрена возможность применения технологии обучения edutainment для активизации обучения на примере дисциплины «Инженерная графика». С целью повышения эффективности учебного процесса предлагается применить edutainment-технологии обучения на примере использования аддитивных технологий при изучении дисциплины «Инженерная графика» курсантами военных вузов, включая курсантов иностранных государств. Представлено описание методики и результаты эксперимента по обучению русскоязычных курсантов и иностранных военнослужащих. В статье предложены учебные мероприятия на основе использования аддитивных технологий как средства edutainment-технологии обучения. Формирование интереса у обучающихся к объекту изучения происходит через самостоятельный выбор, в соответствии со своими вкусами, увлечениями, выполнения практической части научной работы курсантов. В процессе исследования были разработаны материалы для определения уровня знаний обучающихся по теме «Инженерная компьютерная графика», выявлены типовые пробелы в знаниях обучающихся, сформирован комплекс заданий с привлечением средств edutainment-технологии обучения (применение аддитивных технологий как средства). Эксперимент показал повышение уровня знаний и навыков курсантов в области решения задач по инженерной графике, подтвердив в целом свою эффективность. По результатам практического исследования были зафиксированы достоинства и недостатки предложенной методики, а также намечены перспективы корректировки и дальнейшего ее развития.

Ключевые слова: 3D-печать, трехмерное моделирование, инженерная графика, САПР, «Компас-3D», курсанты, edutainment-технологии

THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES AS A PART OF EDUTAINMENT TRAINING TECHNOLOGY STUDYING THE DISCIPLINE «ENGINEERING GRAPHICS»

¹Tarasova T.E., ²Targonskaya I.S.

¹Saint-Petersburg State Fire Service University of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters named after the Hero of the Russian Federation, Army General E.N. Zinichev”, Russia, Saint Petersburg, e-mail: tarasovate@yandex.ru;

²Military Institute (engineering and technical) of Military Educational Institution of Logistics named after General of the Army A.V. Khrulev, Russia, Saint Petersburg

Enhancing and maintaining student interest in the discipline remains an important task for educators at all levels of education. This article highlights the importance and challenges of studying the course “Engineering Graphics” by military cadets preparing them for future engineering and technical careers. Various methods and models for enhancing the learning process are analyzed, including STEAM technologies (Science, Technology, Engineering, Art, Mathematics), the flipped classroom method, and system-integrative and competency-based approaches to teaching. The possibility of using edutainment technology to enhance learning is considered, using the example of the course “Engineering Graphics.” To improve the effectiveness of the learning process, it is proposed to apply edutainment technology to the use of additive technologies in studying the course “Engineering Graphics” by military cadets, including cadets from foreign countries. This article describes the methodology and the results of an experimental study for training Russian-speaking cadets and foreign military personnel. The article proposes educational activities using additive technologies as a means of edutainment. Students develop interest in the subject of study through independent choice in accordance with their tastes and interests, through the practical part of the cadets’ scientific work. During the study, materials were developed to assess students’ knowledge of engineering computer graphics, typical gaps in students’ knowledge were identified, and a set of tasks was developed using edutainment technology (using additive technologies as a means). The experiment demonstrated an increase in cadets’ knowledge and skills in solving engineering graphics problems, confirming its overall effectiveness. Based on the practical study, the advantages and disadvantages of the proposed methodology were identified, and prospects for its adjustment and further development were outlined.

Keywords: 3D printing, 3D modeling, engineering graphics, CAD, Compass-3D, cadets, edutainment-technologies

Введение

Одной из важных задач, с которыми сталкивается большинство преподавателей в процессе обучения, является активизация и поддержание интереса к изучаемой дисциплине со стороны обучающихся. Следует отметить важность и некоторые проблемы изучения дисциплины «Инженерная графика» курсантами военных вузов как будущими специалистами инженерно-технических профилей.

На начальном этапе обучения курсантов военного института (инженерно-технического) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулева, а изучение дисциплины «Инженерная графика» обычно приходится на первые два семестра, обучающиеся зачастую воспринимают ее как нечто неактуальное и бесполезное, полагаются на гипотетическое могущество цифровых технологий. При этом у большинства курсантов младших курсов пространственное мышление развито недостаточно, и многие из них испытывают трудности при построении аксонометрического изображения несложной детали, а также недостающего третьего вида детали, совмещенного с разрезом по двум заданным видам. Последнее подтверждают результаты рубежного контроля. Использование аддитивных технологий для иллюстрации собственных чертежей позволяет обучающимся не только создать материальный прототип детали/изделия, но и приобрести навыки работы с 3D-моделированием и 3D-печатью для успешного и осознанного применения полученных навыков в научной и практической деятельности. Однако простая печать трехмерных образцов может не достичь желаемого педагогом результата ввиду отсутствия у обучающихся интереса как такового и мотивации к дальнейшему расширению своих познавательных горизонтов. Очень многое зависит от выбранной методики обучения. Данные вопросы неоднократно поднимались педагогами, работающими с обучающимися разных уровней обучения: от средней до высшей школы.

Необходимость поиска новых методов и путей преподавания обосновывает в своей работе Гусарова Е.А., рассматривая дисциплину «Инженерная графика» в качестве одной из дисциплин, развивающих умение будущих инженеров мыслить по-новому и эффективно преподносить свои идеи [1]. На сегодняшний день в ходе проведения занятий активно применяются как традиционные, так и инновационные методики, основанные на использовании современных информационных технологий и ресурсов. Отметим некоторые из них.

Компетентностная модель в военно-профессиональной подготовке рассматривается в работе Ю.Л. Евтушенко [2], где авторы делают основной акцент на метод аналогий, установление межпредметных связей, решение проблемных задач, проектную деятельность, ситуационный подход, на самостоятельность в подготовке курсантов к учебным занятиям. На актуальность данного подхода указывают и Урукова А.Г., Смирнова Н.Б в применении к обучению инженерной графике студентов среднего специального образования [3].

В ряду предлагаемых педагогами для повышения интереса к изучению разных учебных дисциплин или отдельных тем можно отметить так называемые STEAM-технологии в обучении, которые позволяют объединить науку, технологии, инженерное дело, искусство и математику для обучающихся разных возрастов. Метод «перевернутого класса» в применении к учебному процессу рассматривается педагогами как способ, с одной стороны, избежать определенных трудностей с использованием технических средств обучения, а точнее, их отсутствием в ряде аудиторий учебных заведений, а с другой – мотивировать обучающихся к самостоятельному изучению материала без использования искусственного интеллекта [4]. Верхогурова Е.В., Пронин С.А., Иващенко Г.А. рассматривают технологию так называемого реверсивного инжиниринга при изучении инженерной графики как дополнение темы «Эскиз детали» [5].

Технология обучения *edutainment*, которую Кобзева Н.А. определяет как «технологию обучения, рассматриваемую как совокупность современных технических и дидактических средств обучения, которая основана на концепции обучения через развлечение» [6], по мнению авторов данной статьи, может помочь в изучении отдельных тем дисциплины «Инженерная графика». Большинство педагогов, изучающих применение данной технологии в обучении, сходятся во мнении, что она способна повысить мотивацию к познанию новых областей знания, к расширению словарного запаса, включая терминологию в предметной области на иностранных языках. Верещагина Е.А., Рудниченко Д.С. и Рудниченко А.К. успешно применили технологию *edutainment* при изучении вопросов киберпреступлений и защиты информации через игры-симуляторы с целью максимального погружения студентов в изучаемую тему [7].

Литвинова М.А. и Конева В.А. предлагают решение школьниками инженерно-математических классов практико-ориентированных математических задач для моде-

лирования и анализа процесса аддитивной печати деталей [8; 9]. Хрусталева Н.В., Логинов А.Н. и Логинова Д.Н. апробировали реализацию постепенно усложняющихся творческих заданий/проектов с использованием лазерных и аддитивных технологий студентами – будущими учителями технологии: от предметов мебели гипотетического класса технологии до 3D-модели памятников городов-героев Великой Отечественной войны проекта «Макет-карта «Города-герои Великой Отечественной войны»» [10]. Чайкина Ж.В., Балунова С.А., Дружинина О.В. предоставляют студентам педагогических профилей вуза возможность самостоятельно разрабатывать и изготавливать при помощи лазерной и 3D-печати учебно-дидактические материалы и макеты для дисциплин физикоматематического, естественно-научного направления для средней школы [11; 12]. Астафьева Е.А. с соавторами фиксируют в своей работе опыт применения аддитивных технологий студентами инженерного направления при изготовлении оснастки в процессе освоения этапов литейного производства, а также полноценных прототипов, с последующей сборкой функционирующих механизмов [13]. В свою очередь, Кузьменко Е.Л., Белоусова Т.М. и Терновская О.В. при работе с курсантами в рамках военно-научного общества в качестве приоритетного направления проектной деятельности на основе аддитивных технологий выделяют изготовление макетов и функциональных прототипов изделий, в т.ч. технических устройств и элементов авиационной техники [14].

Тарасова Т.Е. рассматривает системно-интегративный подход при изучении курсантами военного института (инженерно-технического) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулева дисциплины «Системы автоматизированного проектирования», при котором предусмотрено выполнение курсантами военного вуза практической части лабораторных работ с применением аддитивных технологий [15]. В качестве разрабатываемых деталей предложены отдельные детали военной техники, в частности рамы, винты и лопасти квадрокоптеров.

Таким образом большинство авторов обосновывают применение аддитивных технологий при изучении различных дисциплин для решения общих задач повышения эффективности и качества обучения.

Научная новизна данного исследования определяется тем, что предложены учебные мероприятия на основе использования аддитивных технологий как средства *edutainment*-технологии обучения. Формирование интереса у обучающихся к объекту изучения происходит через самостоятельный

выбор, в соответствии со своими вкусами, увлечениями, выполнения практической части научной работы курсантов (ВНОК) и др.

Цель исследования заключается в повышении эффективности учебного процесса с помощью *edutainment*-технологии обучения на примере применения аддитивных технологий при изучении дисциплины «Инженерная графика» курсантами военных вузов, включая курсантов иностранных государств.

Задачи исследования:

- выявление трудностей курсантов, связанных с проекционным черчением;
- разработка тестовых заданий, определяющих изначальный/итоговый уровень знаний курсантов по 3D-моделированию;
- формирование комплекса заданий с привлечением средств *edutainment*-технологии обучения (включает предварительный анализ аддитивных технологий как аналога);
- руководство самостоятельной работой курсантов с моделью (включает работу со всеми этапами аддитивного производства);
- фиксация результатов применения методики, анализ, выводы о распространении предлагаемой методики на разные специальности обучения.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе военного института (инженерно-технического) ВА МТО им. генерала армии А.В. Хрулева. В эксперименте по обучению с помощью *edutainment*-технологии участвовали две группы русскоязычных курсантов общей численностью 54 человека, и четыре группы курсантов дальнего (18 чел.) и ближнего зарубежья (12 чел.). Исследование опиралось на следующие методы: анализ и обобщение научной и учебно-методической литературы, контрольный опрос участников учебного процесса, систематизация и статистическая обработка данных, моделирование ситуаций практической деятельности курсантов в условиях несения боевой службы. В результате проведенного исследования был сформирован банк заданий, разработаны рекомендации к практическим и лабораторным работам.

Результаты исследования и их обсуждение

Учебный план дисциплины «Инженерная графика», участвующей в исследовании, предусматривает план изучения дисциплины на первом курсе. При этом курсанты знакомятся с технологией проекционного черчения в конце первого семестра, а большинство практических заданий (разработка чертежей разъемных и неразъемных соединений, сборочного чертежа, чертежа

узла стропильной фермы и др., в зависимости от специальности) выполняют в течение второго семестра. Традиционно в конце обучения обучающиеся знакомятся с выполнением чертежей и трехмерных моделей в системе автоматизированного проектирования по готовым технологическим картам, выполняя работы из стандартного банка заданий по выбору преподавателя. В рамках проводимого эксперимента были выделены на каждом потоке по одной группе курсантов (группы № 1), обучающихся по традиционной, принятой на кафедре методике (общее количество 41 человека), и по одной группе курсантов на каждом потоке (группы № 2), которым предоставлялось больше свободы в выборе объекта моделирования, ориентируясь на их личные предпочтения, но при этом находясь в рамках общей темы изучения дисциплины, чем группе, обучающейся по традиционной методике (43 человека).

Для оценки уровня знаний курсантов всех групп в начале исследования авторами было сформировано тестовое задание, включавшее в себя вопросы по 2D- и 3D-моделированию в «Компас-3D». Опрос курсантов выявил сходный уровень знаний групп и позволил вычленить основные трудности, с которыми большинство курсантов сталкивались при выполнении заданий. Наиболее частой причиной стал преимущественно недостаток знаний процесса формообразования в целом и в САПР «Компас-3D» в частности.

Чтобы активизировать интерес курсантов к 3D-моделированию и к изучаемой дисциплине в целом, авторы обратили внимание обучающихся на одну из актуальных технологий – аддитивное производство, или технология 3D-печати, под которым авторы в данном конкретном случае понимают производство, представляющее собой процесс создания трехмерных объектов путем послойного дополнения материала. Назовем основные этапы работы курсантов экспериментальной группы.

1. В документе «Деталь» в системе «Компас-3D» сформировать деталь. На данном этапе обучающимся предлагается моделировать следующие варианты деталей:

- деталь сложной геометрической формы в разрезе для иллюстрации темы «Проекционное черчение» дисциплины «Инженерная графика» по выбору обучающегося, выполняется с помощью операций по твердотельному формообразованию;
- изделие типовой простой геометрической формы по аналогии с примером, по готовой детали или по самостоятельной идее обучающегося без подробной технологической карты, самостоятельно.

2. Экспорт обучающимися модели в формат *.stl*-файла. Корректировка модели с учетом специфики FDM-технологии (*Fused Deposition Modeling*) выполняется при необходимости. Так, при низкой адгезии печатаемой детали к платформе предпочтительно увеличить площадь соприкосновения детали с платформой, при трудности печати отдельных нависающих участков модели предпочтительно или изменить геометрию модели, или установить поддержки и т.д.).

3. Слайсинг модели, экспорт *.stl*-файла в формат *.gcode*-файла осуществляется с помощью преподавателя в программе-слайсере, например *Cura*, *Slic3r*, *Simplify3D* и др.

4. Печать созданных обучающимися моделей из пластика (PLA), для того чтобы обучающиеся получили на руки о веществе результаты своего труда.

5. Постобработка модели из пластика производится обучающимся при желании (обрезание поддержек, ошкуривание и др.).

При проведении исследования группы № 1 изучали процесс моделирования по действующему тематическому плану, выполняя типовые задания/модели деталей по готовым технологическим картам. Задания были представлены градиентные, различного уровня сложности, в зависимости от того, на какую оценку претендовал курсант.

Экспериментальные группы № 2 выполняли задания аналогичного назначения и уровня сложности, но при этом курсанты имели возможность выбрать индивидуальное задание на моделирование и впоследствии 3D-печать детали по личным предпочтениям, выполняя этапы 1, 2, 5 самостоятельно, а этапы 3 и 4 с помощью преподавателя.

В качестве индивидуальных заданий курсантам были предложены модели поверхностей, взаимодействующих друг с другом, например сфера в кубе, призме, октаэдре и др., *flexi*-моделей (изделий с сочленениями, которые можно создать единой напечатанной моделью, используя преимущества технологии 3D-печати, а не собирать из отдельных деталей), макеты моделей транспортных средств, гражданских зданий и сооружений, геометрические узоры из музеев и дворцов Санкт-Петербурга и др. Наиболее подготовленным курсантам дополнительно были предложены в качестве индивидуальных заданий макеты военной транспортной техники, объектов военных городков, фортификационных сооружений, модели некоторых элементов динамической защиты бронетанковой техники и др. Особый интерес среди обучающихся вызвало моделирование отдельных деталей боевой техники, которые могут быть изготовлены из PLA на лабораторном оборудовании

и полноценно применяться в реальных условиях в дальнейшем (рамы квадрокоптеров, пропеллеры, защита пропеллеров, части корпусов квадрокоптера и др.). При этом одним из этапов работы над моделью являлось выполнение полноценного чертежа реальной детали, находящейся в лаборатории. Поскольку в рамках эксперимента так называемые технологические карты для моделирования объектов по индивидуальным заданиям не предусматривались, курсанты вынуждены были самостоятельно выбирать методы моделирования. Для оценки результатов работы обучающихся индивидуальные задания были объединены по уровню сложности в три группы: базовый уровень, стандартный и повышенный. Базовый уровень включал выполнение несложной детали с очевидными геометрическими формами по готовому изображению, стандартный – составная модель, включающая сочленения, фигуру в фигуре и др. Повышенный уровень предусматривал использование нескольких видов моделирования одновременно, например твердотельное и поверхностное, или поверхностное и листовое и т.д. В отдельных случаях курсантам предлагалось самостоятельно разработать описание технологической карты моделирования выбранного объекта.

В группах русскоязычных курсантов базовый уровень выбрали примерно 15% курсантов, стандартный – 55%, повышенный – 30%. Такое распределение вполне объяснимо уровнем предварительной подготовки обучающихся, уровнем пространственного мышления, мотивацией к исследовательской работе, а также загруженностью во внеаудиторное время мероприятиями, относящимися к несению воинской службы.

Курсанты иностранных государств (далее зарубежье) выбирали чаще базовый и стандартный уровень заданий. Процент выбора ими заданий повышенного уровня сложности составил не более 5. Курсантов ближнего зарубежья, способных в полной мере выполнить сложные и объемные задания, было не более 15%.

Рубежный контроль предусматривал прием выполненных заданий с полноценной их защитой, а также повторный контрольный опрос курсантов обеих групп. При анализе результатов внимание акцентировалось на ответах на вопросы, касающиеся проблемных для курсантов тем в опросе первоначально.

По итогам проведенного практикума курсанты смогли систематизировать и повторить полученную в течение первого и второго семестров информацию о технологии проекционного черчения и компьютерного моделирования, изучили все этапы

аддитивного производства, познакомились с технологией разработки технологических карт для изготовления различных деталей/изделий, с выбором и использованием инструментов для снятия размеров с детали, выбором способа формообразования в 3D-моделировании и др. Отдельным важным этапом в работе обучающихся является адаптация технологических карт к специфике изготовления деталей на 3D-принтере. Ряд заданий курсантами был выполнен в рамках их внеаудиторной научной работы и представлен на научных курсантских конференциях в рамках вуза.

Тестовый контроль курсантов показал, что выполнение описанного выше объема работ повысило эффективность изучения дисциплины «Инженерная графика». Зафиксирован рост количества правильных ответов (на 26% в группе русскоязычных курсантов № 2 при повторном опросе по сравнению с результатами группы № 1).

По результатам исследования были зафиксированы следующие достоинства и недостатки описанной методики. Достоинства:

- курсанты групп № 2 стали проявлять интерес как к аддитивным технологиям в частности, так и к изучаемой дисциплине в целом, стали чаще проявлять инициативу, запрашивали дополнительные задания;

- в группах № 2 наблюдалось улучшение психологического климата за счет того, что курсанты, занятые 3D-печатью, активно помогали друг другу с решением тех или иных технологических вопросов;

- эффективность учебного процесса при изучении дисциплины в группе русскоязычных курсантов № 2 оказалась выше на 18%, чем в группе № 1, что подтверждается данными статистического анализа общей успеваемости по инженерной графике, а также по смежным дисциплинам, таким как теоретическая механика, математика. Статистика по группам иностранных курсантов первого курса показала незначительное изменение уровня вовлеченности в процесс обучения, не более 8%, что можно объяснить определенными трудностями обучения на фоне недостаточного уровня владения русским языком и не всегда достаточным для выполнения пространственного моделирования уровнем предварительной подготовки.

Недостатки:

- 3D-печать осуществлялась во внеаудиторное время, в дополнение к предусмотренному тематическим планом, что обусловлено спецификой 3D-печати (периодически возникающие трудности с оборудованием и используемыми материалами, сама продолжительность непосредственно 3D-печати, необходимость дополнительной подготовки преподавателя к работе

с 3D-печатью, напряженный график несения курсантами воинской службы и др.);

– работа с аддитивными технологиями как средство *edutainment*-технологии обучения не является универсальным средством для привлечения внимания и роста мотивации обучающихся, соответственно, в группе может возникнуть некоторое расслоение, что в некотором смысле усугубляется добровольным выбором курсантами заданий, в отличие от типовых в рамках тематического плана.

Описанная методика не является универсальной с точки зрения применения как для русскоязычных курсантов, так и для курсантов-иностранцев. Однозначно заявить, что курсанты-иностранцы были менее результативны, сложно, что обусловлено, в свою очередь, непрогнозируемым различием в уровне их изначальной подготовки. Некоторые иноязычные обучающиеся, получив исключительно довузовское образование, в отсутствие некоторых базовых знаний и навыков, испытывали затруднения в процессе выполнения заданий, а другие, обладатели неоконченного/оконченного высшего образования, полученного за пределами РФ, справлялись с выполнением тех же заданий с легкостью. Также стоит отдельно акцентировать внимание на том, что разную результативность демонстрировали обучающиеся из стран СНГ, Азии и Африки.

Применение описанной методики в дальнейшем представляется авторам перспективным. Отдельно стоит отметить, что при работе с курсантами-иностранцами предполагается некоторая корректировка материалов, позволяющих снять лексические трудности у курсантов, для которых русский язык не является родным. В связи с этим планируется разработка отдельных комплектов учебных материалов для работы с курсантами-иностранцами (как для мононациональных и моноязычных групп, так и для полиязычных).

Заключение

В данном исследовании авторы обобщают результаты проведенного педагогического эксперимента по привлечению средств *edutainment*-технологии обучения (применение аддитивных технологий как средства) с целью активизации и поддержания интереса к изучению дисциплин инженерной направленности. Авторы приходят к выводу о результативности применяемой в обучении технологии и ее практической направленности, а также определяют пути дальнейшего совершенствования учебно-методических материалов для курсантов иностранных государств.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.

Список литературы

1. Гусарова Е.А. Роль дисциплины «Инженерная графика» в вузах и необходимость поиска инновационных методов её преподавания // Современное педагогическое образование. 2021. № 1. С. 12-15. EDN: OTOMLJ.
2. Евтушенко Ю.Л., Сирик С.Н., Поволоцкий К.В. Педагогические условия формирования учебно-познавательной активности курсантов военных училищ // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. 2020. № 2(258). С. 68-75. EDN: CELOYK.
3. Урукова А.Г., Смирнова Н.Б. Теория компетентностного подхода в процессе преподавания дисциплины «Инженерная компьютерная графика» // Педагогический журнал. 2022. Т. 12. № 6-2. С. 622-629. DOI: 10.34670/AR.2022.26.76.012. EDN: ROPLZE.
4. Данилова У.Б., Елисеева О.И. Организация обучения студентов инженерной графике в современных условиях // Общество: социология, психология, педагогика. 2024. № 5 (121). С. 60-67. DOI: 10.24158/spp.2024.5.7. EDN: LSSCAB.
5. Верхотурова Е.В., Пронин С.А., Иващенко Г.А. Реверсивный инжиниринг – эффективный инструмент обучения инженерной графике // Геометрия и графика. 2022. Т. 10. № 3. С. 35-44. DOI: 10.12737/2308-4898-2022-10-3-35-44. EDN: RQUPQL.
6. Кобзева Н.А. Edutainment как современная технология обучения // Ярославский педагогический вестник. 2012. № 4. Т. II (Психолого-педагогические науки). С. 192–195.
7. Верещагина Е.А., Рудниченко Д.С., Рудниченко А.К. Применение edutainment-технологии для обучения в области информационной // Инженерный вестник Дона. 2021. № 7 (79). С. 185-192. EDN: YJOGLA.
8. Литвинова М.А. Применение аддитивных технологий в процессе обучения инженерной графике // Журнал педагогических исследований. 2023. Т. 8. № 2. С. 94-98. EDN: XYYOVC.
9. Конева В.А., Томилова А.Е. Аддитивные лазерные технологии как пример использования математики вне школьной общеобразовательной программы // Современный ученый. 2023. № 4. С. 203-211. EDN: ANHLNG.
10. Хрусталева Н.В., Логинов А.Н., Логинова Д.Н. Применение аддитивных технологий в проектной деятельности студентов педагогических вузов // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2022. Т. 7. № 8. С. 871-877. DOI: 10.30853/ped20220133. EDN: KGJQPP.
11. Чайкина Ж.В., Балунова С.А. Использование аддитивных технологий при подготовке студентов педагогического вуза // Проблемы современного педагогического образования. 2023. № 81-1. С. 264-268. EDN: KZULPG.
12. Дружинина О.В., Игонина Е.В., Масина О.Н., Петров А.А. Аспекты использования технологий прототипирования и искусственного интеллекта в рамках цифровой трансформации образовательного процесса // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2020. Т. 16. № 1. С. 50-63. DOI: 10.25559/SITITO.16.202001.50-63.
13. Астафьева Е.А., Носкова О.Е., Лыткина С.И., Носков Ф.М., Синичкин А.М. Применение аддитивных технологий при изучении дисциплины «Технология конструкторных материалов» // Преподаватель XXI век. 2024. № 1-1. С. 101-113. DOI: 10.31862/2073-9613-2024-1-101-113. EDN: WVUVHJ.
14. Кузьменко Е.Л. Белоусова Т.М., Терновская О.В. Опыт использования компьютерной графики и аддитивных технологий в военно-научной работе курсантов // Проблемы современного образования. 2022. № 6. С. 266-275. DOI: 10.31862/2218-8711-2022-6-266-275. EDN: IKZYJG.
15. Тарасова Т.Е. Системно-интегративный подход к обучению курсантов военных вузов технологии моделирования в системе автоматизированного проектирования деталей специальной техники // Бизнес. Образование. Право. 2025. № 2 (71). С. 322-327. DOI: 10.25683/VOLBI.2025.71.1276. EDN: VXPCLU.