

Научный обзор
УДК 378.147:372.862:004.9

Цифровые технологии в научно-техническом творчестве и инженерном образовании

Татьяна Михайловна Ткачева¹, Нина Владимировна Чечеткина²

¹Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),
Москва, Россия

²Академия гражданской защиты МЧС России имени генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика,
Московская область, г. Химки, Россия

¹tatmihtka@rambler.ru

²n.chechetkina@amchs.ru

Аннотация. В статье представлен краткий обзор публикаций по цифровым технологиям и методам инженерного творчества, которые востребованы в инженерной деятельности и в учебном процессе технических университетов: системы автоматизированного проектирования, инженерных расчетов, анализа и имитации физических процессов на производстве. В технических университетах изучаются также программы для автоматизации технологических процессов, для управления данными о производимом техническом объекте и регулировании процессов его изготовления, для отражения и хранения информации о ресурсах производства и, в целом, о продукции данного предприятия. Важным элементом обучения инженеров является овладение 3D и BIM моделированием, технологиями Big Data и Blockchain. Приведены примеры студенческих проектов МАДИ и АГЗ МЧС, при выполнении которых применялись методы инженерного творчества и цифровые технологии, например, курс «Основы инженерного творчества» в МАДИ, активное обучение: дискуссии, мозговой штурм, создание и разбор кейсов, а также цифровое моделирование, системы «искусственный интеллект», «база данных».

Ключевые слова: информация, цифровые технологии, научно-техническое творчество, инженерная деятельность, инженерное образование.

Для цитирования: Ткачева Т.М., Чечеткина Н.В. Цифровые технологии в научно-техническом творчестве и инженерном образовании // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2023. №3 (37).

Original article

Digital technologies in scientific and technical creativity and engineering education

Tatiana M. Tkacheva¹, Nina V. Chechetkina²

¹Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI),
Moscow, Russia

²The Civil Defence Academy of EMERCOM of Russia named after Lieutenant General D.I.
Mikhaylik, Khimki, Russia

¹tatmihtka@rambler.ru

²n.chechetkina@amchs.ru

Abstract. The article presents a brief overview of publications on digital technologies and methods of engineering creativity that are in demand in engineering and in the educational process of technical universities: computer-aided design systems, engineering calculations, analysis and simulation of physical processes in production. Technical universities also teach programs for automating technological processes, for managing data on a manufactured technical object and regulating its manufacturing processes, for reflecting and storing information about production resources and, in general, about the products of this enterprise. An important element of training engineers is mastering 3D and BIM modeling, Big Data and Blockchain technologies. Examples of student projects of MADI and of Civil Defence Academy of Emercom of Russia are given, in which methods of engineering creativity and digital technologies were used, for example, the course "Fundamentals of Engineering Creativity" at MADI, active learning: discussions, brainstorming, creation and case analysis, as well as digital modeling, artificial intelligence systems, databases.

Keywords: information, digital technologies, scientific and technical creativity, engineering activity, engineering education.

For citation: Tkacheva T.M., Chechetkina N.V. Digital technologies in scientific and technical creativity and engineering education. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2023. №3 (37).

Введение

Прошла уже почти четверть XXI века, который еще в XX веке называли веком информации. И действительно, информация представляет в настоящее время один из главных продуктов человеческой деятельности. Все больше внимания уделяется возможностям использования информации, для чего предпринимаются меры по поиску цифровых решений и для производства, и для управления, и для торговли, и самое важное, для образования. Цифровизацию подтолкнула и ускорила пандемия COVID-19. Соответственно, насущной необходимостью стала подготовка не только IT-

специалистов, но и инженеров, владеющих цифровыми технологиями – «цифровых» инженеров. В настоящее время с учетом опыта работы в дистанционном режиме во время пандемии COVID-19 университеты имели довольно много различных вариантов использования цифровых технологий в учебном процессе. Даже лабораторные работы и другие практические элементы подготовки инженеров удалось перевести в цифровой формат.

Некоторые сведения об инженерных цифровых технологиях

Можно выделить следующие виды инженерной деятельности: изобретательство, проектирование, конструирование, эксплуатация действующих механизмов. Для каждого из этих видов деятельности необходима своя цифровая среда и соответствующие программы. Некоторые программные продукты уже довольно давно вошли в жизнь инженера. Например, CAD (Computer-Aided Design) системы позволяют осуществлять проектирование в автоматическом режиме [1], а CAE (Computer-Aided Engineering) системы представляют собой программы для инженерных расчетов, для анализа и имитации физических процессов на производстве [2].

Кроме этих, хорошо освоенных программ, инженеру предлагаются другие программы-системы: PDM (Product Data Management) для управления данными о производимом техническом объекте или MES (Manufacturing Execution System) для регулирования процессов его изготовления; CAPP (Computer-Aided Process Planning) для автоматизации технологических процессов; CAM (Computer-Aided manufacturing) для отражения процесса подготовки управляющих программ; ERP (Enterprise Resource Planning), MDM (Master Data Management), SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition), ECM (Enterprise Content Management) для отражения и хранения информации о ресурсах производства и, в целом, о продукции данного предприятия).

От «цифрового» инженера требуется владение не только цифровыми технологиями, но и умение их применять для создания 3D цифровых

моделей и/или BIM моделей (Building Information Modeling). BIM модель дает инженеру возможность не только использовать автоматическое проектирование самых разных объектов (например, дорожных сетей, мостов, тоннелей, зданий и даже железной дороги), но и обмениваться информацией о текущем состоянии объекта в процессе строительства. [3].

Модель Big Data (Большие данные) позволяет перерабатывать и одновременно структурировать очень большой объем информации. Дальнейшее подключение технологии Blockchain для обработки информации позволяет распределять поступающую информацию таким образом, чтобы участники какого-либо единого процесса могли получать ее напрямую друг от друга [4].

Эти программы все или выборочно в зависимости от направления подготовки изучают обучающиеся технических университетов [5].

Цифровой инжиниринг, цифровые двойники, Интернет вещей

Современное производство любых технических объектов (далее ТО) как простых, так и, особенно, сложных подразумевает наличие цифровой среды. В этой среде в обязательном порядке фиксируются все данные, связанные и с производственной базой, и с работниками, и, разумеется, с изделиями. Все вместе определяет термин – «цифровой инжиниринг». Особую роль в создании цифрового инжиниринга играет возможность оцифровать огромное количество данных [6].

Следует отметить, что в доцифровой эпохе не только бумажные чертежи определяли подробности изготовления какого-либо ТО, но и существовала необходимость создания модели будущего ТО. Как правило, моделью мог служить выполненный в уменьшенном и упрощенном виде вариант нового ТО.

В XX веке распространилось так называемое «компьютерное моделирование», основой которого была математическая модель процессов, происходящих в ТО. Затем стали использовать графические 3D модели.

Переход к программируемому созданию динамической графической картинки [7] представляет собой переход к цифровым двойникам с обратной связью. Цифровые технологии избавляют разработчиков ТО от создания моделей в реальном виде, как иногда говорят «в железе». В процессе изучения двойника можно понять, как будет функционировать данный ТО в реальных условиях эксплуатации.

Примером эффективного цифрового двойника является моделирование ДТП. Благодаря цифровому двойнику можно произвести сотни краш-тестов, не разбив ни одного автомобиля, но получив при этом важную информацию относительно качества испытуемого автомобиля. Кроме того, цифровой двойник можно запрограммировать на определение повреждений различных частей двигателя или кузова, или тормозной системы, или состояния шин. Цифровой двойник не только определит те повреждения, которые уже есть, но и укажет на возникновение ближайших повреждений или отказ какой-либо системы автомобиля от работы [8].

Еще одной цифровой технологией, применяемой в промышленных процессах, следует назвать технологию «Интернет вещей (Internet of Things)» [9]. Эта технология осуществляет взаимосвязь и между физическими предметами, и внешней средой за счет встроенных программ, причем иногда допускается отсутствие человека в принятии решений. Применение этой технологии в автотранспортном комплексе может обеспечить взаимосвязь между отдельными транспортными средствами и трафиком, и состоянием дорожной разметки, и светофорами, и дорожными знаками. Таким образом? трафик становится безопаснее, пробок на дорогах меньше, внешняя среда чище.

Примером одного из самых заинтересованных в цифровых технологиях ведомств является МЧС РФ, которое привлекает эти технологии для обеспечения выполняемых работ [10]. Цифровой двойник пожара как в помещении, так и в лесу или в другом пространстве, помогает смоделировать

наиболее оптимальные условия для тушения [11]. Кроме того, для МЧС очень важны актуальные и точные топографические карты, источники информирования населения, оперативность определения места возникновения пожара, точность расчета риска пожара для сложных объектов.

Цифровые технологии и инженерное творчество в образовании

При рассмотрении любого ТО можно заметить, что даже самый простой ТО может иметь довольно много элементов. Например, шариковая ручка состоит как минимум из шести элементов. Но если речь пойдет об автомобиле, или самолете, об атомной электростанции или о жилом доме, понятно, что это уже большой массив данных (Big Data). Иначе говоря, умение пользоваться цифровыми технологиями выходит на первый план.

Для создания нового, совсем нового, ТО обязательно необходима творческая атмосфера команды, в которой каждый может предложить свою идею. Мозговой штурм и последующие дискуссии дадут возможность для выбора варианта создания нового ТО или нового технологического процесса. Сначала рождается идея, которая затем превращается в некий возможный вариант реализации. Этот вариант должен быть тщательно изучен, потому что могут быть найдены различные прототипы данного варианта. Наконец разрабатывается конкретный вариант реализации. Таким образом, завершается работа изобретателя и проектировщика. Затем следует этап моделирования и инженерных испытаний, то есть в дело вступает конструктор и специалист по эксплуатации ТО. И наконец, создается техническое задание на изготовление. В настоящее время практически для всех этапов возможно использование перечисленных выше цифровых технологий.

Российские технические университеты активно обучают будущих инженеров применять на практике и творческие методы (курс «Основы инженерного творчества» в МАДИ), и новые цифровые технологии

(цифровое моделирование, системы автоматического проектирования, инженерных расчетов, искусственного интеллекта, базы данных).

Возможность использования информационных технологий для управления учебно-познавательной деятельностью обучающихся обоснована в работе [12]. Российские технические университеты используют активное обучение: дискуссии, мозговой штурм, создание и разбор кейсов, проектный метод обучения [13, 14, 15].

Для получения реальных практических компетенций выпускнику в процессе обучения в университете необходимо испытать себя при создании лабораторных экземпляров различных ГО, или пройти практику на производстве. Инженерные испытания, НИОКР (научно-исследовательские опытно-конструкторские работы), особенно с использованием собственных идей, также представляют собой необходимые этапы подготовки инженера [16].

Одним из примеров обучения цифровым и информационным технологиям может служить программа преподаваемых дисциплин бакалаврам пожарной безопасности [17]. Кроме стандартных MS Office, Yandex и Google они изучают облачные технологии, антивирусные программы, базы данных VS Access, нормативные и справочные программы, MS VISIO; осваивают специализированные программные продукты ГраФис, ФАП ГПС, которые дают интерактивный доступ к ресурсам Государственной противопожарной службы, а также системы геоинформации Mapinfo и ArcGIS. Для создания моделей пространства, возможной пожарной ситуации или способов и вариантов эвакуации, обучающиеся используют AutoCad, Компас, 3D MAX.

Цифровые технологии также используются для оптимизации работы преподавателей. Например, доцент кафедры физики АГЗ МЧС России В.Н. Евсеев разработал программы для выполнения расчетов результатов лабораторных работ. Они позволяют преподавателям оперативно проверять

полученные обучающимися результаты и убедиться в том, что алгоритм обработки результатов проведенного эксперимента обучающимся усвоен.

Примеры творческой деятельности обучающихся

Одним из широкомасштабных студенческих проектов является международный проект «Формула Студент», который начался в России в 2005 году. Развитие этого проекта в МАДИ привело к возникновению новых направлений: Формула Электрик (гибридный двигатель), MADIMOTO ELECTRIC (мотоцикл на электрической тяге), Шелл-Эко-марафон (болид, имеющий эффективную экономичность топлива), MADI Classic (реставрация авто- и мото-техники), BAJA MADI (болид-багги, который представляет собой бензиновый и полноприводный внедорожник).

За время существования проекта в МАДИ участники проекта получили различные гранты от отечественных и зарубежных фондов, в частности от Infiniti Performance Engineering Academy. Команда «Формула МАДИ» получила грант от компании Яндекс на разработку нейронной сети с использованием облачной технологии. Нейронную сеть создают для нового беспилотного болида. Среди функций нейронной сети, кроме определения координат и ключевых точек объекта, возможно построение локальной карты и траектории движения.

Предлагая инновационные решения, команда «Формула Студент» использует композитные материалы для изготовления несущей конструкции болида, причем это сделано впервые в России. Применяя углепластиковые трубки и стеклопластиковый корпус, участникам проекта «Шелл-Эко марафон» удалось снизить массу болида, что привело к снижению расхода топлива настолько, что 238 км были преодолены на одном литре бензина АИ-95. Команда «Формула Электрик» до сих пор является единственной командой этого класса от России среди 133 таких же команд в мире. Электромотоциклы L1E или L3E соответствуют европейским стандартам. Команды МАДИ всех проектов неоднократно выступали на международных

соревнованиях (Австрия, Германия, Италия, Венгрия и, конечно, Россия) и занимали призовые места.

Кроме этого большого проекта, существуют проекты, для выполнения которых дается один семестр. Эти проекты представляют собой либо обзор и анализ имеющейся литературы по выбранному объекту или технологии, например, «Применение робототехники в дорожном строительстве», либо описание и выполнение макета, например, «Двигатель Ванкеля».

Обучающиеся МАДИ представляют свои проекты (с последующей публикацией) на Международной студенческой научной конференции, которую ежегодно проводит РАЕ. Например, публикация 2022 г. студента 2-го курса Горожанкина И.А. «Влияние электромагнитных волн на организм человека» за три месяца после публикации была просмотрена 335 раз, а публикация 2022 г. студентов 2-го курса Деменьшиных А.К. и В.К. «Будущее автомобильного транспорта: возможность перехода на электромобили» была просмотрена за то же время 130 раз. Обучающиеся АГЗ МЧС России представляют свои проекты на ежегодной международной научно-практической конференции «Предотвращение. Спасение. Помощь». Другие примеры творческих проектов обучающихся МАДИ и АГЗ МЧС приведены в [14, 15].

Заключение

В настоящее время большинство российских технических университетов успешно применяют в учебном процессе цифровые технологии, методы инженерного творчества, проектную активность обучающихся, что позволяет подготовить высокообразованных и творческих специалистов. Развитие инженерного образования, опережающее обучение создают условия для создания прорывных технологий, что обеспечивает процветание и безопасность России.

Список источников

1. Митев, И.С. CAD системы – обзор наиболее популярных САПР на российском рынке / И. С. Митев, К. К. Шестопапов // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2020. – № 1(23). – С. 8. – EDN YMKGEN.
2. Исследование и разработка конструкции сборочного узла кузова автомобиля с использованием CAD/CAE систем / А. И. Пронин, В. В. Мыльников, Д. А. Валько, О. Б. Кондрашкин // Вестник машиностроения. – 2020. – № 11. – С. 15-20. – DOI 10.36652/0042-4633-2020-11-15-20. – EDN XLXMPF.
3. Современный опыт применения BIM-технологий для проектирования объектов транспортной инфраструктуры: большой обзор. – Режим доступа: <https://integral-russia.ru/2021/01/27/sovremennyj-opyt-primeneniya-bim-tehnologij-dlya-proektirovaniya-obektov-transportnoj-infrastruktury-bolshoj-obzor> (дата обращения: 14.10.2022).
4. Рулькова, В. А. Применение современных цифровых технологий в промышленной цепочке производства / В. А. Рулькова // Век качества. – 2018. – № 4. – С. 42-53. – EDN KKLABI.
5. Зайцев, А. В. Цифровой функционал инженера-технолога в машиностроении / А. В. Зайцев, О. В. Спиридонов // Информационные технологии. Проблемы и решения. – 2020. – № 3(12). – С. 24-29. – EDN SSBTMR.
6. Литвин, И. Ю. Развитие цифровых платформ и организационные методы цифрового инжиниринга в российской промышленности / И. Ю. Литвин // Инновационное развитие экономики. – 2022. – № 3-4(69-70). – С. 65-69. – DOI 10.51832/2223798420223-465. – EDN CLQFVP.
7. Штоль, М. С. Цифровой двойник: ключевая технология цифровой трансформации / М. С. Штоль // Экономика XXI века: инновации, инвестиции, образование. – 2022. – Т. 10, № 5. – С. 20-23. – EDN SAHAFG.
8. Томас, М. Д. Цифровизация реальности для сотрудников современного производства / М. Д. Томас // Control Engineering Россия. – 2019. – № 4(82). – С. 42-46. – EDN MAUMKA.
9. Абызова, Е. В. Интернет вещей и будущее транспорта / Е. В. Абызова, З. В. Чуприкова, М. Я. Алексеенко // Вестник Академии знаний. – 2021. – № 45(4). – С. 17-20. – DOI 10.24412/2304-6139-2021-11325. – EDN YGYUJL.
10. Савенкова, А. Е. Применение цифровых технологий при обеспечении пожарной безопасности в работе надзорных органов / А. Е. Савенкова, Д. Е. Завьялов, Д. Р. Шимов // Научно-аналитический журнал "Вестник Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России". – 2020. – № 4. – С. 6-11. – EDN RNNQFR.
11. Кретинин, А. А. Цифровизация управления охраной лесов на базе мониторинга лесных пожаров / А. А. Кретинин, Т. Л. Безрукова // Актуальные направления научных

исследований XXI века: теория и практика. – 2022. – Т. 10, № 1(56). – С. 139-152. – DOI 10.34220/2308-8877-2022-10-1-139-152. – EDN SGUWIT.

12. Современные информационные технологии и управление качеством инженерного образования / З. С. Сазонова, С. А. Курбатов, Н. В. Четкина, Т. М. Ткачева // Вестник Московского автомобильно-дорожного института (государственного технического университета). – 2003. – № 1. – С. 7-10. – EDN RXMITZ.

13. Ребрин, О. Разработка и апробация моделей подготовки инженеров цифровой эры / О. Ребрин, И. Шолина, В. Носков // Русский инженер. – 2020. – № 1(66). – С. 52-55. – EDN JHIRG.

14. Ткачева, Т. М. Проектная деятельность обучающихся в технических вузах / Т. М. Ткачева, Н. В. Четкина // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого-педагогические науки. – 2022. – № 1(59). – С. 181-189. – DOI 10.46845/2071-5331-2021-4-58-181-189. – EDN EASLYD.

15. Ткачева, Т. М. Проекты и кейсы как средство мотивации обучающихся технических университетов / Т. М. Ткачева, Н. В. Четкина // Известия Балтийской государственной академии рыбопромыслового флота: психолого-педагогические науки. – 2022. – № 3(61). – С. 79-86. – DOI 10.46845/2071-5331-2022-3-61-79-86. – EDN ACJQZK.

16. Карлов, А. Г. Ресурсы, альтернативы и противоречия образовательных программ подготовки инженеров цифровой экономики с компетенциями нетривиального изобретательского мышления / А. Г. Карлов, О. В. Филипович // Вестник МГТУ "Станкин". – 2021. – № 1(56). – С. 25-34. – EDN XQWQKJ.

17. Григорьев, Ю. В. Формирование компонентов готовности бакалавров пожарной безопасности к использованию информационных и коммуникационных технологий в профессиональной деятельности / Ю. В. Григорьев, Т. Н. Копышева, Т. В. Митрофанова // Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 5. – С. 147. – EDN VLCHBC.

References

1. Mitev I.S, Shestopalov K.K. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*, 2020, no. 1(23), pp. 8-15.
2. Pronin A.I., Myl'nikov V.V., Val'ko D.A., Kondrashkin O.B. *Vtstnik mashinostroeniya*, 2020, no. 11, pp. 15-20.
3. URL: <https://integral-russia.ru/2021/01/27/sovremennyy-opyt-primeneniya-bim-tehnologij-dlya-proektirovaniya-obektov-transportnoj-infrastruktury-bolshoj-obzor>
4. Rul'kova V.A. *Vek kachestva*, 2018, no. 4, pp. 42-53.
5. Zaitsev A.V., Spiridonov O.V. *Informatsionnyye tekhnologii. Problemy i resheniya*, 2020, no. 3 (12), pp. 24-29.
6. Litvin I.Yu. *Innovatsionnoe razvitie ekonomiki*, 2022, no. 3-4 (69-70), pp. 65-69.
7. Sho' M.S., Trofimova E.V. *Ekonomika XXI vek: innovatsii, investitsii, obrazovanie*, 2022, V. 10, no. 5, pp. 20-23.

8. Michael D. Tomas *CONTROL ENGINEERING RUSSIA*, 2019, no. 4 (82), pp.42-46.
9. Abyzyva E.V., Chuprikova Z.V., Alekseenko M.Ya. *Vestnik academy zynany*, 2021, no. 45(4), pp. 17-20.
10. Savenkova A.E., Zav'yalov D.E., Shimov D.R. *Nauchno-analitichesky elektronny zhurnal «Vestnik Sankt-Peterburgskogo universitetf Gosudarstvennoy protivo-pozharnoy slugby MChS Rossii»*, 2020, no. 4, pp. 6-11.
11. Kretinin A.A., Bezrukova T.L. *Aktual'nye napravlrniya nauchnykh issledovzny XXI veka: teoriya i praktira*, 2022, v. 10. no. 1 (56), pp. 139-152.
12. Sazonovz Z.S., Kurbatov S.A., Chechetkina N.V., Tkacheva T.M. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo instituta (gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta)*, 2003, no. 1, pp. 7-10.
13. Rebrin O.I., Sholina I.I., Noskov V.Yu. *Russky inzhener*, 2020, no. 01(66), pp. 52-55.
14. Tkacheva T.M., Chechetkina N.V. *Izvestiya Baltiyskoy gosudarstvennoy akademii rybopromyslovogo flota: psikhologo-pedagogicheskie nauki*, 2022, no. 1 (59), pp. 181-189.
15. Tkacheva T.M., Chechetkina N.V. *Izvestiya Baltiyskoy gosudarstvennoy akademii rybopromyslovogo flota: psikhologo-pedagogicheskie nauki*, 2022. no. 3 (61), pp. 79-86.
16. Karlov A.G., Filipovich O.V. *Vestnik MGTU "Stankin"*, 2021, no. 1 (56), pp. 25-34.
17. Grigor'ev Yu.V., Kopysheva T.N., Mitrofanova T.V., *Sovremennye problem nauki i jbzrovzniya*, 2018, no. 5, pp. C. 147.

Рецензент: А.Н. Соловьев, д-р пед. наук, доц., МАДИ

Информация об авторах

Ткачева Татьяна Михайловна, канд. физ.-мат. наук, доц., МАДИ.
Чечеткина Нина Владимировна, канд. пед. наук, доц., АГЗ МЧС России
им. генерал-лейтенанта Д.И. Михайлика.

Information about the authors

Tkacheva Tatiana M., Ph.D., associate professor, MADI.
Chechetkina Nina V., Ph.D., associate professor, The Civil Defence Academy of EMERCOM of
Russia named after Lieutenant General D.I. Mikhaylik

Статья поступила в редакцию 06.06.2023; одобрена после рецензирования 04.07.2023; принята к публикации 05.09.2023.

The article was submitted 06.06.2023; approved after reviewing 04.07.2023; accepted for publication 05.09.2023.