

Научная статья

УДК 378.016

doi: 10.33979/2073-7432-2024-2-1(85)-113-119

В.М. НИГМЕТЗЯНОВА, А.Р. КАМАЛЕЕВА

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ ТЕХНИЧЕСКОГО ВУЗА ПРИ ИЗУЧЕНИИ ДИСЦИПЛИНЫ САПЭТиТТМО

Аннотация: рассмотрен вопрос использования цифрового двойника в процессе обучения студентов технического вуза, выявлены достоинства и недостатки использования цифрового двойника в образовательном процессе, предложены условия для организации учебного процесса с использованием системы учебного взаимодействия студентов, преподавателя и используемых цифровых технологий.

Ключевые слова: технический вуз, цифровые технологии, цифровой двойник, цифровые навыки, компетенции, взаимодействие

Введение

Всеобщая цифровизация всех сфер жизнедеятельности современного общества затрагивает и высшее техническое образование, когда есть необходимость организовывать учебный процесс в цифровой среде с активным применением возможностей глобальной сети Интернет.

При использовании цифровых технологий в обучении следует обратить внимание на применение цифровых двойников. Цифровые двойники могут быть использованы при изучении дисциплин профильного цикла и будут способствовать росту практической вовлеченности студентов в учебный процесс и более четкому представлению использования цифровых двойников на производстве: в секторе производства, в моделировании будущих продуктов, в процессе их производства и эксплуатации.

Принято считать, что термин «цифровой двойник» (англ. *Digital Twin*) ввёл в 2003 г. доктор Технологического института во Флориде (США) М. Гривз (*Michael W. Grieves*) в соавторстве с экспертом NASA Дж. Викерсом (*John Vickers*). [19]

По М. Гривзу, цифровой двойник является «набором виртуальных информационных конструкций», которые полностью потенциальный или фактически произведенный физический продукт [17]. Модель концепции цифровых двойников включает в себя следующие компоненты: физические продукты в реальном пространстве; виртуальные продукты в виртуальном пространстве; связи данных и информации, которые объединяют виртуальные и реальные продукты вместе [18].

Существует множество определений цифрового двойника [1, 4, 7]. Для данного исследования придерживаемся следующего определения: цифровой двойник – это виртуальный прототип реального объекта [2]. Для его создания используются разнообразные данные в соответствии с техническим заданием, используются методы моделирования, симуляции и расчётов. Цифровой двойник позволяет разрабатывать изделия, проводить виртуальные испытания и вносить изменения в конструкцию без необходимости изготовления реальных прототипов, учитывать на стадии проектирования большее число характеристик будущего изделия и вносить корректировки при необходимости. Для реализации цифрового двойника необходимо многоуровневое моделирование реального объекта с помощью компьютера и специального программного обеспечения [2].

Цифровые двойники можно использовать не только на производстве, но и в учебном процессе технического вуза. Внедрение технологии цифрового двойника позволит студентам полностью погрузиться в виртуальное пространство, получить новые знания, повысить мотивацию к учебе [4, 8, 9].

Одновременно с приобретением новых знаний, студенты приобретают: опыт пользования инструментария для создания цифровых двойников, цифровые навыки, необходимые компетенции [2, 5, 10].

Материал и методы

В процессе исследования были применены методы анализа, обобщения моделирования и описания [7]. Для исследования использования цифрового двойника в учебном процессе у студентов профиля подготовки «Автомобили и автомобильное хозяйство» Набережно-челнинского института (филиал) КФУ была проведена актуализация рабочей программы дисциплины «Системы автоматизированного проектирования элементов транспорта и транспортно-технологических машин и оборудования» (САПЭТиТТМО) с применением цифрового двойника бортовой платформы автомобиля КАМАЗ с использованием графического пакета *UNIGRAPHICS NX*.

Теория / Расчет

В данном исследовании рассматривается построение цифрового двойника, который является цифровой копией бортовой платформы автомобиля КАМАЗ.

Цифровой двойник бортовой платформы автомобиля КАМАЗ представляет собой близкую к реальной расчётную модель, построенную на основании соответствующих входных и выходных параметров, и, в соответствии с управляющими сигналами, предназначенными для оценки адекватности поведения бортовой платформы на всех стадиях жизненного цикла.

Под жизненным циклом подразумевается такие стадии, как:

- проектирование;
- испытание;
- эксплуатация.

На стадии проектирования и конструирования можно выявить ошибки конструирования, оценить взаимное влияние деталей бортовой платформы, учитывать воздействие факторов внешней среды [12].

Результаты и обсуждение

Для создания цифрового двойника бортовой платформы автомобиля КАМАЗ применялись инструменты двух- и трехмерной системы проектирования [1], использовались модули «Модель», «Листовой металл NX» графического пакета *UNIGRAPHICS NX* [10].

Графический пакет *UNIGRAPHICS NX* является интерактивной системой автоматизации проектирования и изготовления изделий для различных отраслей промышленности, машиностроения. Данный графический пакет используется для автоматизации проектных, конструкторских и чертежных работ (подсистема *CAD*), для обеспечения автоматизированной подготовки управляющих программ для оборудования на основе математической модели, созданной в *UNIGRAPHICS NX* (подсистема *CAM*) и для функции инженерного анализа (*CAE*). *UNIGRAPHICS NX* является трехмерной системой, позволяющей произвести любую геометрическую форму [6, 10, 11].

На рисунке 1 представлено диалоговое окно графического пакета.

Основой создания цифрового двойника бортовой платформы автомобиля КАМАЗ является интерактивная 3D-модель [1, 11].

Построение цифрового двойника бортовой платформы автомобиля КАМАЗ проводилось в следующей последовательности:

1. Создание деталей бортовой платформы в проекции 2-D в модуле «Модель» графического пакета *UNIGRAPHICS NX*. Пример создания чертежа в проекции 2-D представлен на рисунке 2.

2. Дальнейший перевод в проекцию 3-D по чертежам в двух- и трехмерной системы проектирования в графическом пакете *UNIGRAPHICS NX*. На рисунке 3 представлен чертеж скобы уже после перевода в проекцию 3-D.

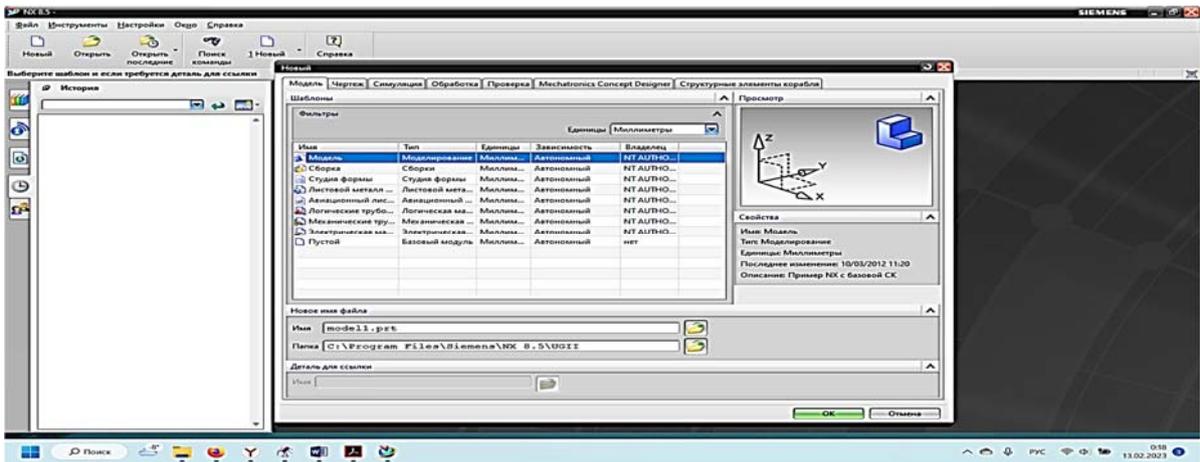


Рисунок 1 – Диалоговое окно графического пакета UNIGRAPHICS NX

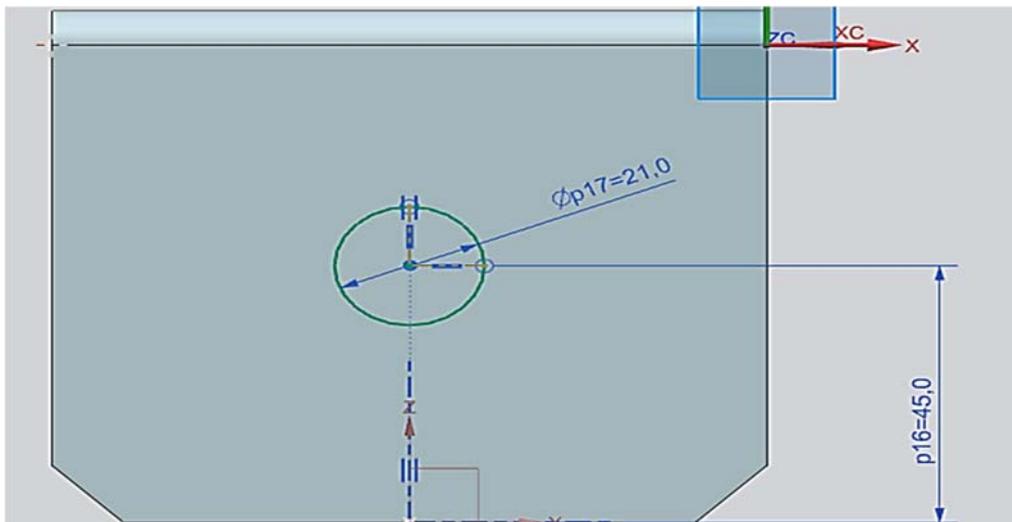


Рисунок 2 – Чертеж скобы в проекции 2-D

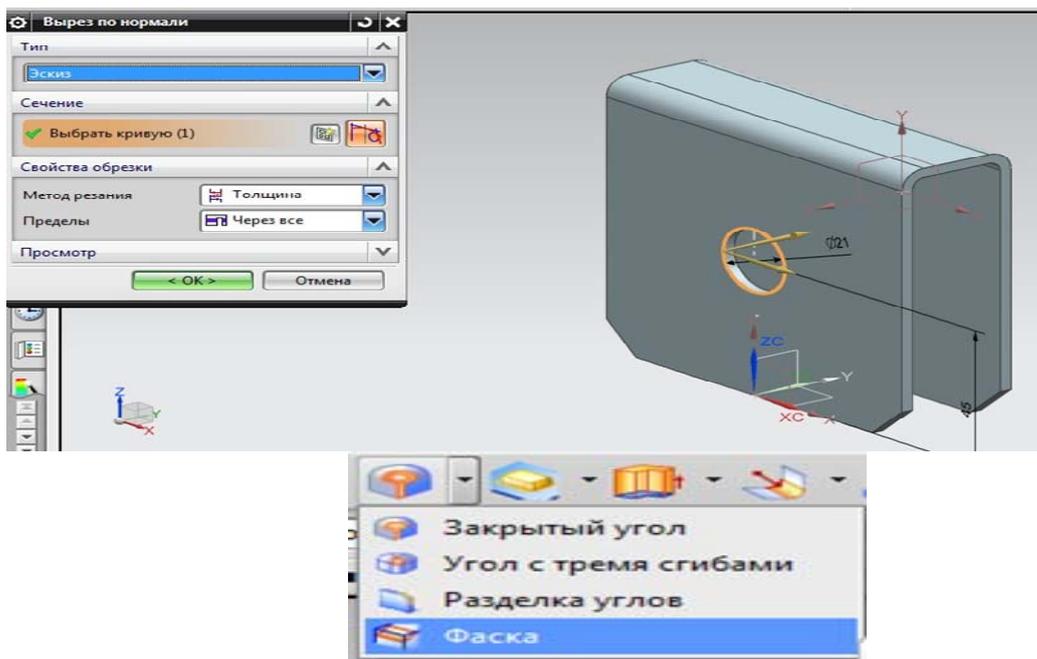


Рисунок 3 – Чертеж скобы в проекции 3-D

3. В такой же последовательности выполнение построения остальных деталей платформы в модулях «Модель» и «Листовой металл NX».

4. После поэтапного выполнения всех деталей бортовой платформы по чертежам в 2-D, сборка платформы в проекции 3-D.

Собранная модель цифрового двойника бортовой платформы в проекции 3-D представлена на рисунке 4.

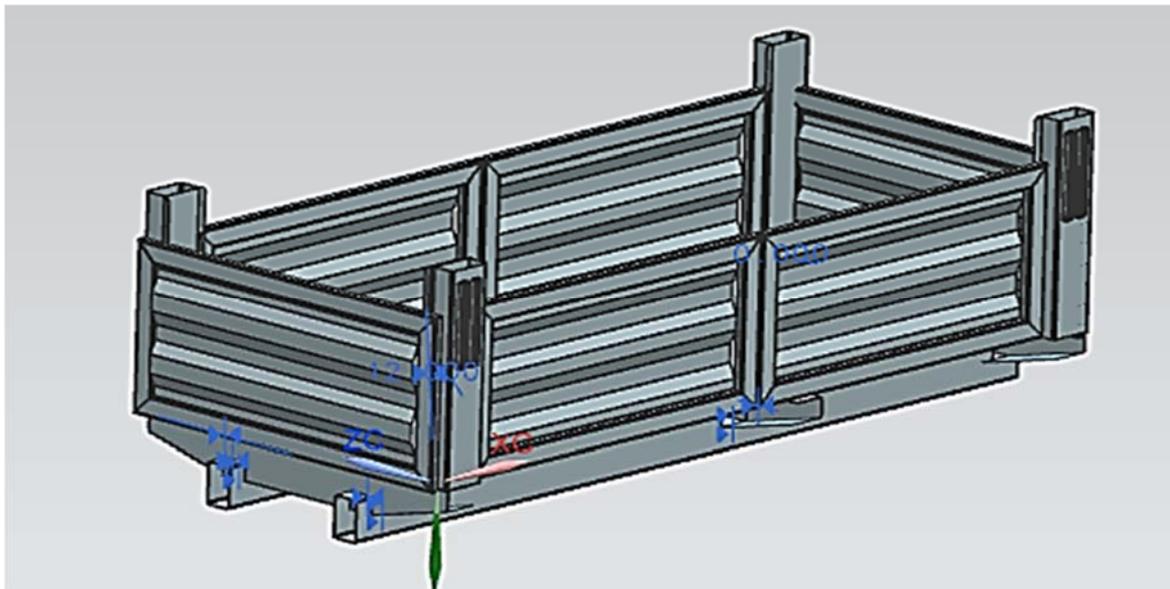


Рисунок 4 – Цифровой двойник, бортовая платформа автомобиля КАМАЗ

После сборки цифрового двойника дальнейшие расчеты платформы на прочность проводились в модуле «*NX Advanced Simulation*». В данном модуле происходит запуск модуля, подбор необходимых данных, проведение расчетов и натурных испытаний, выявление проблемы, принятие решения об исправлении недостатков.

На рисунке 5 представлен алгоритм выполнения расчетов в модуле «*NX Advanced Simulation*».

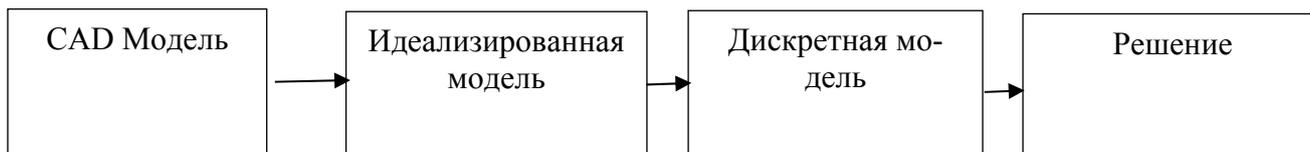


Рисунок 5 – Последовательность выполнения расчетов в модуле «*NX Advanced Simulation*»

В процессе создания цифрового двойника бортовой платформы автомобиля КАМАЗ студенты приобретают следующие цифровые навыки (*hard skills*) работы с графическим пакетом *UNIGRAPHICS NX*: поэтапное выполнение необходимых чертежей для сборки бортовой платформы, запуск расчета бортовой платформы на прочность.

Для улучшения качества обучения и организации учебного процесса были использованы преимущества организации учебно-информационного взаимодействия субъектов учебного процесса с использованием идеи трех составляющих: преподаватель, модераторы-студенты, студенты. В результате такой организации учебного процесса студенты приобретали навыки взаимодействия и взаимопомощи (*soft-skills*). Для проведения лабораторных занятий были составлены методические задания с описанием последовательности их выполнения, с перечислением конкретных цифровых инструментов для выполнения лабораторных и самостоятельных работ [10, 11].

Выводы

В процессе создания цифрового двойника с использованием модулей «Модель», «Листовой металл NX», «NX Advanced Simulation» студенты знакомятся с устройством бортовой платформы, назначением его деталей; с возможностью подбора необходимых данных для проведения расчетов и натурных испытаний; приобретают навыки выполнения чертежей и исправления полученных результатов при необходимости.

Достоинствами цифрового двойника являются наглядность и возможность ознакомления с деталями бортовой платформы в виртуальной среде, получения опыта проведения расчетов и натурных испытаний.

К недостаткам можно отнести использование для обучения только в режиме стимулятора.

Для улучшения качества обучения необходимо организовать учебный процесс с использованием системы учебно-информационного взаимодействия субъектов образовательного процесса на основе использования идеи трех составляющих, который обеспечил бы быстрый и качественный переход знаний в умения, а умения – в цифровые навыки (*soft-skills* и *hard-skills*).

Приобретенные цифровые навыки позволят студентам в дальнейшем применять приобретенные навыки не только в аудиторной и внеаудиторной учебной деятельности, при выполнении самостоятельных работ, но и в дальнейшей трудовой деятельности на производстве.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Баранов В.Н., Безруких А.И., Константинов И.Л., Рудницкий Э.А., Солопеко Н.С., Байковский Ю.В. Использование цифрового двойника для обучения студентов металлургического профиля // Высшее образование в России. 2022. Т. 31. №2. С. 135-148.
2. Васильева Е. Компоненты Индустрии 4.0: Цифровые двойники // Автоматизация проектирования. 2019. №3. С. 22-38.
3. Вербицкий А.А. Цифровое обучение: проблемы, риски и перспективы [Электронный ресурс] // Электронный научно-публицистический журнал «HomoCyberus». 2019. №1(6). URL: http://journal.homocyberus.ru/Verbitskiy_AA_1_2019
4. Вихман В.В., Ромм М.В. «Цифровые двойники» в образовании: перспективы и реальность // Высшее образование в России. 2021. Т. 30. №2. С. 22-32.
5. Волкова И.А., Петрова В.С. Формирование цифровых компетенций в профессиональном образовании // Вестник Нижневартского государственного университета. 2019. №1. С. 17-24.
6. Гончаров П.С., Ельцов М.Ю., Коршиков С.Б., Лаптев И.В., Осюк В.А. NX для конструктора-машиностроителя. М.: ДМК-Пресс, 2010. 504 с.
7. Гончарук Н.П., Хромова Е.И. Модели интеграции цифровых и педагогических технологий в процессе подготовки будущих инженеров // Казанский педагогический журнал. 2019. №1. С. 31-35.
8. Горлушкина Н.Н., Насыров Н.Ф., Липина О.А. Цифровой двойник преподавателя как инструмент управления процессом формирования индивидуальных заданий // Экономика, право, инновации. 2021. №2. С. 49-55.
9. Навыки будущего. Что нужно знать и уметь в новом сложном мире / Е. Лошкарева, П. Лукша, И. Ниненко [и др.]. Москва: WorldSkills Russia, 2017. 98 с.
10. Нигметзянова В.М., Нигметзянов А.А. Основы работы в САПР UNIGRAPHICS NX: Методические указания к лабораторным работам по курсу «Система автоматизированного проектирования элементов ТИТТ-МО» для студентов дневного и заочного отделения специальности 23.03.03 ЭТТМиК. Набережные Челны: Набережночелнинский институт (филиал) КФУ, 2020. 72 с.
11. Нигметзянова В.М., Камалева А.Р. Формирование цифровых навыков у магистрантов профиля подготовки «Организация перевозок и управление на автомобильном транспорте» / Под общей редакцией д.п.н. Р.С. Сафина; к.п.н. И.Э. Вильданова // Цифровая трансформация в высшем и профессиональном образовании: Материалы 16-ой Международной научно-практической конференции. Казань: Казанск. гос.архитект.-строит. ун-т. 2022. С. 324-326.
12. Приходько О.В. Особенности формирования цифровой компетентности студентов вуза [Электронный ресурс] / Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2020. Т. 9. №1(30). С.235-238. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-tsifrovoy-kompetentnosti-studentov-vuza/viewer>.

13. Смирнова Л.А., Хусаинов Р.Н., Сагадеев В.В. Цифровые 3D-технологии в инженерной графике: учебное пособие [Электронный ресурс]. Казань: КНИТУ, 2019. 144 с. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788226606.html>.

14. Шамова Н.В. Онлайн-обучение в образовательном процессе; сильные и слабые стороны // Казанский педагогический журнал. 2019. №2. С. 20-24.

15. Шаронин Ю.В. Цифровые технологии в высшем и профессиональном образовании: от личностно-ориентированной smart-дидактики к блокчейну в целевой подготовке специалистов [Электронный ресурс] / Современные проблемы науки и образования. 2019. №1. URL: <https://scienceeducation.ru/ru/article/view?id=28507>.

16. Ячина Н.П., Фернандез О.Г. Развитие цифровой компетентности будущего педагога в образовательном пространстве вуза // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Проблемы высшего образования. 2018. №1. С. 134-138.

17. Autiosalo J. Platform for industrial internet and digital twin focused education, research, and innovation: Ilmatar the overhead crane // IEEE World Forum on Internet of Things, WF-IoT. Proceedings. 2018. P. 241-244.

18. David J., Lobov A., Lanz M. Leveraging Digital Twins for Assisted Learning of Flexible Manufacturing Systems, Proceedings – IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics, INDIN. 2018. P. 529-535.

19. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems [Электронный ресурс] / Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Springer, Cham. 2017. P. 85-113. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4.

Нигметзянова Венера Марсовна

Набережночелнинский институт (филиал) КФУ

Адрес: 423809, Россия, г. Набережные Челны, пр. Мира, д. 68/18

К.п.н., доцент кафедры эксплуатации автомобильного транспорта

E-mail: nigmatzianova@mail.ru

Камалеева Алсу Рауфовна

Институт педагогики, психологии и социальных проблем

Адрес: 420039, Россия, г. Казань, ул. Исаева, д. 12

Д.п.н., доцент, ведущий научный сотрудник

E-mail: kamaleeva_kazan@mail.ru

V.M. NIGMETZYANOVA, A.R. KAMALEEVA

**THE USE OF A DIGITAL TWIN IN THE EDUCATIONAL PROCESS
OF A TECHNICAL UNIVERSITY IN THE STUDY
OF THE DISCIPLINE SAPETITMO**

***Abstract:** this issue of using a digital twin in the process of teaching students at a technical university is considered. the advantages and disadvantages of using a digital twin in the educational process have been identified, conditions have been proposed for organizing the educational process using a system of educational interaction between students, teachers and the digital technologies used.*

***Keywords:** technical university, digital technologies, digital twin, digital skills, competencies, interaction*

BIBLIOGRAPHY

1. Baranov V.N., Bezrukikh A.I., Konstantinov I.L., Rudnitskiy E.A., Solopeko N.S., Baykovskiy Yu.V. Ispol'zovanie tsifrovogo dvoynika dlya obucheniya studentov metallurgicheskogo profilya // Vysshee obrazovanie v Rossii. 2022. T. 31. №2. S. 135-148.

2. Vasil'eva E. Komponenty Industrii 4.0: Tsifrovye dvoyniki // Avtomatizatsiya proektirovaniya. 2019. №3. S. 22-38.

3. Verbitskiy A.A. Tsifrovoe obuchenie: problemy, riski i perspektivy [Elektronnyy resurs] // Elektronnyy

- nauchno-publitsisticheskiy zhurnal «HomoCyberus». 2019. №1(6). URL: <http://journal.homocyberus.ru> / Verbitskiy_AA_1_2019
4. Vikhman V.V., Romm M.V. «Tsifrovye dvoyniki» v obrazovanii: perspektivy i real'nost' // Vyshee obrazovanie v Rossii. 2021. T. 30. №2. S. 22-32.
 5. Volkova I.A., Petrova V.S. Formirovanie tsifrovyykh kompetentsiy v professional'nom obrazovanii // Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta. 2019. №1. S. 17-24.
 6. Goncharov P.S., El'tsov M.YU., Korshikov S.B., Laptev I.V., Osiyuk V.A. NX dlya konstruktora-mashinostroytelya. M.: DMK-Press, 2010. 504 s.
 7. Goncharuk N.P., Hromova E.I. Modeli integratsii tsifrovyykh i pedagogicheskikh tekhnologiy v protsesse podgotovki budushchikh inzhenerov // Kazanskiy pedagogicheskiy zhurnal. 2019. №1. S. 31-35.
 8. Gorlushkina N.N., Nasyrov N.F., Lipina O.A. Tsifrovoy dvoynik prepodavatelya kak instrument upravleniya protsessom formirovaniya individual'nykh zadaniy // Ekonomika, pravo, innovatsii. 2021. №2. S. 49-55.
 9. Navyki budushchego. CHto nuzhno znat' i umet' v novom slozhnom mire / E. Loshkareva, P. Luksha, I. Ni-nenko [i dr.]. Moskva: WorldSkills Russia, 2017. 98 s.
 10. Nigmatzyanova V.M., Nigmatzyanov A.A. Osnovy raboty v SAPR UNIGRAPHICS NX: Metodicheskie ukazaniya k laboratornym rabotam po kursu «Sistema avtomatizirovannogo proektirovaniya elementov TiT-TMO» dlya studentov dnevnogo i zaochnogo otdeleniya spetsial'nosti 23.03.03 ETTMiK. Naberezhnye Chelny: Naberezhno-chelninskiy institut (filial) KFU, 2020. 72 s.
 11. Nigmatzyanova V.M., Kamaleeva A.R. Formirovanie tsifrovyykh navykov u magistrantov profilya podgotovki «Organizatsiya perevozok i upravlenie na avtomobil'nom transporte» / Pod obschey redaktsiyey d.p.n. R.S. Safina; k.p.n. I.E. Vil'danova // Tsifrovaya transformatsiya v vysshem i professional'nom obrazovanii: Materialy 16-oy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Kazan': Kazansk. gos.arkhitekt.-stroit. un-t. 2022. S. 324-326.
 12. Prikhod'ko O.V. Osobennosti formirovaniya tsifrovoy kompetentnosti studentov vuza [Elektronnyy resurs] / Azimut nauchnykh issledovaniy: pedagogika i psikhologiya. 2020. T. 9. №1(30). S.235-238. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-formirovaniya-tsifrovoy-kompetentnosti-studentov-vuza/viewer>.
 13. Smirnova L.A., Husainov R.N., Sagadeev V.V. Tsifrovye 3D-tekhnologii v inzhenernoy grafike: uchebnoe posobie [Elektronnyy resurs]. Kazan': KNITU, 2019. 144 s. URL: <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788226606.html>.
 14. Shamova N.V. Onlayn-obucheniye v obrazovatel'nom protsesse; sil'nye i slabye storony // Kazanskiy pedagogicheskiy zhurnal. 2019. №2. S. 20-24.
 15. Sharonin Yu.V. Tsifrovye tekhnologii v vysshem i professional'nom obrazovanii: ot lichnostno-orientirovannoy smart-didaktiki k blokcheynu v tseloy podgotovke spetsialistov [Elektronnyy resurs] / Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya. 2019. №1. URL: <https://scienceeducation.ru/ru/article/view?id=28507>.
 16. Yachina N.P., Fernandez O.G. Razvitiye tsifrovoy kompetentnosti budushchego pedagoga v obrazovatel'nom prostranstve vuza // Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Problemy vysshego obrazovaniya. 2018. №1. S. 134-138.
 17. Autiosalo J. Platform for industrial internet and digital twin focused education, research, and innovation: Ilmatar the overhead crane // IEEE World Forum on Internet of Things, WF-IoT. Proceedings. 2018. R. 241-244.
 18. David J., Lobov A., Lanz M. Leveraging Digital Twins for Assisted Learning of Flexible Manufacturing Systems, Proceedings - IEEE 16th International Conference on Industrial Informatics, INDIN. 2018. R. 529-535.
 19. Grieves M., Vickers J. Digital Twin: Mitigating Unpredictable, Undesirable Emergent Behavior in Complex Systems [Elektronnyy resurs] / Transdisciplinary Perspectives on Complex Systems. Springer, Cham. 2017. P. 85-113. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-38756-7_4.

Nigmatzyanova Venera Marsovna

Naberezhnye Chelny Institute (branch) of KFU

Address: 423809, Russia, Naberezhnye Chelny, Mira Ave., 68/18

Candidate of pedagogical sciences

E-mail: nigmatzyanova@mail.ru

Kamaleeva Alsu Raufovna

FGNU Institute of Pedagogy, Psychology and Social Problems

Address: 420039, Russia, Kazan, Isvaeva str. 12

Doctor of pedagogical sciences

E-mail: kamaleyeva_kazan@mail.ru