

УДК 378.4: 004 (Университеты / Информационные технологии. Компьютерные технологии.
Теория вычислительных машин и систем)

ЦИФРОВОЙ ПОДХОД К ФОРМИРОВАНИЮ СПОСОБОВ ДЕЙСТВИЙ ПО МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ В ИНЖЕНЕРНОМ ОБРАЗОВАНИИ

© 2023 Е.И. Скафа¹, Е.Г. Евсеева¹, М.Е. Королёв²

Скафа Елена Ивановна, доктор педагогических наук, профессор,
заведующий кафедрой высшей математики и методики преподавания математики

E-mail: e.skafa@donnu.ru

Евсеева Елена Геннадиевна, доктор педагогических наук, профессор,
профессор кафедры высшей математики и методики преподавания математики

E-mail: e.evseeva@donnu.ru

Королёв Марк Евгеньевич, доктор педагогических наук, доцент,
доцент кафедры «Транспортные технологии»

E-mail: m.korolev@donnu.ru

¹Донецкий государственный университет

Донецк, Россия

²Горловский автомобильно-дорожный институт

Донецкого национального технического университета

Горловка, Россия

Статья поступила в редакцию 17.04.2023

Одним из способов повышения эффективности высшего инженерного образования является его цифровизация, направленная на интеграцию математического и компьютерного моделирования. В связи с этим возникает проблема создания в техническом университете системы обучения будущих инженеров, направленной на формирование способов деятельности математического и компьютерного моделирования, основанными на интеграции математической и прикладной науки в сочетании с цифровыми технологиями. Такой подход предполагает применение современных информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), средств имитационного моделирования, пакетов прикладных программ на всех этапах изучения студентами базовых и вариативных дисциплин. К таким дисциплинам авторы относят высшую математику как средство фундаментализации базовой подготовки будущего инженера; прикладную математику как средство реализации высшей математики в построении моделей технических процессов и систем; исследование операций, методы оптимизации, многомерный статистический и факторный анализ как разновидности профессиональных дисциплин, отражающих практическую направленность инженерной подготовки. В статье предлагается цифровой подход к формированию способов деятельности математического и компьютерного моделирования путем применения в обучении системы обучения математическому моделированию студентов технических направлений подготовки в контексте цифровизации высшего инженерного образования. Главная идея – это внедрение смешанной и гибридной технологий обучения студентов, обеспечивающих процесс постановки и решения заданий по математическому моделированию на основе современных средств ИКТ, в том числе и авторского программного продукта «Автоматизированное рабочее место «Преподаватель-студент», которые предоставляют возможность сформировать у будущих инженеров как математические, так и цифровые компетенции, необходимые им в будущей профессиональной деятельности.

Ключевые слова: обучение математическому и компьютерному моделированию, студенты – будущие инженеры, информационно-коммуникационные технологии, технологии смешанного и гибридного обучения, средства имитационного моделирования, автоматизированное рабочее место «Преподаватель-студент»

DOI: 10.37313/2413-9645-2023-25-92-55-62

EDN: INILBE

Введение. Отличительной особенностью профессиональной деятельности современных инженеров является переход на полностью автома-

тизированное цифровое производство, управляемое интеллектуальными системами в режиме реального времени, характерное для четвёртой

промышленной революции. В ответ на такие вызовы современного общества меняется и концепция естественнонаучной и математической подготовки студентов технических вузов [12, 19]. Актуализируется трансформация их образовательной деятельности в направлении ее цифровизации, означающая формирование у будущих инженеров профессиональной компетентности, структурным компонентом которой является математическая цифровая компетентность. Такой подход предполагает овладение студентами способами действий по математическому и компьютерному моделированию, использование в учебном процессе технических университетов ИКТ, которые способствуют развитию не только продуктивного мышления студентов, но и создают условия для творческих, эвристических поисков решения заданий в области математического моделирования [9].

Под способами действий по математическому моделированию в области инженерии понимаем совокупность действий по формализации инженерных процессов и технических систем, формулированию математической задачи, их описывающей, решению и исследованию полученной математической модели, анализу её применимости и надёжности. При этом способы действий по компьютерному моделированию понимаются нами как деятельность по математическому моделированию, выполняемая на компьютере с помощью цифровых инструментов, позволяющая проводить вычислительные эксперименты.

В фундаментальной подготовке современного инженера математическое моделирование имеет особое значение. Обучение методам математического моделирования сочетает общую университетскую математическую подготовку с изучением и глубоким освоением современных пакетов прикладных программ [21]. В связи с этим, в технических университетах большое внимание должно уделяться совершенствованию форм и методов преподавания дисциплин, связанных с математическим и компьютерным моделированием.

Кроме того, электронное обучение и дистанционные образовательные технологии являются современными направлениями развития цифровой дидактики. Основными трендами электронного обучения становятся персонализированное обучение, адаптивные технологии обучения в

электронной среде, что требует изменения организационных форм обучения, методов и средств электронного обучения [1 – 5, 14] и др.

Исследуя современные тенденции развития инженерной педагогики, нужно отметить, что учеными активно обсуждаются вопросы специфики педагогического взаимодействия в условиях цифровизации образования, интеллектуализации взаимодействия субъектов образовательного процесса со средствами цифровизации в информационно-образовательном пространстве и др. [6, 12, 13]. Все это позволяет на смену традиционным формам обучения внедрять качественно новые, основанные на технологиях смешанного, гибридного обучения, а также информационно-коммуникационных технологиях (ИКТ).

Методы исследования. Методологическую основу цифровой трансформации обучения математическому моделированию составляют деятельностный, компетентностный, синергетический, личностно-ориентированный, комплексный, системный, интегративный подходы, теории информатизации и цифровизации высшего инженерного образования. Проектирование такого обучения основывается на принципах цифровой дидактики: доминирования, персонализации, целесообразности, гибкости и адаптивности, обучения в сотрудничестве и взаимодействии, практико-ориентированности, насыщенности образовательной среды, полимодальности (мультимедийности), включенного оценивания.

Материалы исследования. Традиционно в технических университетах используются такие математические пакеты, как: Mathematica, Maxima, Maple, Derive, MathCad, Matlab и др. [17, 24, 25]. Например, в дисциплинах математической направленности эти программные продукты позволяют выполнять вычисления, визуализацию математических объектов и др. Однако этого недостаточно для осуществления математического моделирования, так как многие формализованные модели не могут быть решены, в силу их сложности и неразрешимости, в аналитическом виде. В этом случае применяется компьютерное моделирование, которое можно разделить на численное, имитационное и статистическое.

История вопроса. По мнению многих исследователей, универсальным средством обучения в инженерном образовании становится имитаци-

онное моделирование [8, 20, 22, 23]. Процесс моделирования с использованием имитационных моделей включает такие этапы, как создание модели, программирование, проведение имитационных экспериментов, обработка и интерпретация результатов моделирования [18]. Соглашаясь с мнением ученых, при построении математических моделей и их исследовании мы предлагаем использовать имитационное моделирование. При его использовании графическая среда выполняет роль физического испытательного стенда в натурном эксперименте, только вместо громоздкого оборудования пользователь имеет дело с его образами на экране дисплея [23].

В рамках цифрового подхода к формированию способов действий по математическому и компьютерному моделированию будущих инженеров нами создана система компьютерного назначения «Автоматизированное рабочее место «Преподаватель-студент»» (АРМ), которая ориентирована на обучение дисциплинам, связанным с многомерным статистическим анализом, исследованием операций, информатикой, компьютерной техникой и программированием [10]. При разработке программного пакета использовались среда программирования C# пакета Visual Studio10-17, VBA, расширяющий функциональные возможности дополнений MS Office.

Таким образом, инструментами формирования у студентов способов действий по математическому и компьютерному моделированию реальных технических процессов в нашей системе служат: компьютерные симуляторы, позволяющие взаимодействовать с обучающимся посредством встроенных элементов управления (button, check box, combo box, link label, radio button, text box, numeric up-down и др.); игровые модели обучения прикладной математике, встроенные в АРМ, математические пакеты, облегчающие рутинные вычисления математических заданий. Данные средства используются при разработке интегрированных лабораторных работ по математике для обучения студентов конструированию математических моделей реальных процессов, а также виртуальных лабораторных работ для моделирования реальных производственных и технологических процессов.

Результаты исследования. Система обучения математическому и компьютерному моделированию, реализующая цифровой подход по формированию способов действий к математическому и компьютерному моделированию у студентов технического университета, предполагает

осуществление несколько последовательных этапов.

I. Формирование способов действий по математическому моделированию при изучении высшей математики:

- лекционные занятия включают деятельность по формированию у студентов мотивации к изучению математики на основе введения в каждый раздел дисциплины инженерно-производственных задач. Лекции проходят по технологии смешанного обучения [11];

- практические занятия включают организацию профессионально ориентированной учебной деятельности по построению и решению математических моделей: 1) построение математической модели; 2) составление опорных схем применения математического аппарата для решения прикладных задач текущей темы; 3) решение тестовых заданий на соответствие между прикладными задачами и математическими моделями, описывающими процессы, представленные в задаче; 4) составление схем ориентировочной основы деятельности по математическому моделированию; 5) самостоятельное решение математической модели;

- лабораторные работы по математике разработаны на основе интеграции математики, информатики и профессиональных дисциплин. Все интегрированные лабораторные работы проходят по технологиям смешанного и гибридного обучения [14];

- самостоятельная работа студентов (СРС) по дисциплине предлагается в виде выполнения индивидуальных заданий по решению профессионально ориентированных задач методами математического моделирования (процесс развития задачи).

Приведем пример подобной задачи и схему ориентировочной основы деятельности по математическому моделированию, которую необходимо выполнить для её решения (табл. 1). Такие схемы студенты составляют самостоятельно при выполнении СРС.

Задача. Составить математическую модель истечения жидкого металла из сталеразливочного ковша, имеющего форму усеченного конуса.

Решение задачи, состоящей в решении обыкновенного дифференциального уравнения первого порядка с разделяющимися переменными при заданном начальном условии, может быть получено аналитическим путем, либо с помощью пакетов компьютерной математики MathCad или

Matlab на практическом занятии, или в процессе самостоятельной работы.

Таб. 1. Схема ориентировочной основы деятельности по математическому моделированию к задаче 1 (Scheme of the indicative basis on mathematical modeling activities for task 1)

Характеристики	Содержание
Процесс	Истечение жидкого металла из сталеразливочного ковша
Заданные объекты	Сталеразливочный ковш, имеющий форму усеченного конуса с округлым выпускным отверстием в днище ковша
Искомые закономерности	Определить закон изменения уровня стали в ковше в зависимости от времени ее истечения
Вводимые переменные и постоянные величины	H – высота ковша (первоначальный уровень металла); R, r – верхний и нижний радиусы усеченного конуса; r_0 – радиус выпускного отверстия в днище ковша; (x, y) – координаты текущей точки ковша
Законы, связывающие введенные величины	1) уравнение образующей ковша: $x = ky + r$, где $k = (R - r)/H$; 2) закон вытекания жидкой стали из ковша: $\pi x^2 dy = -S_0 \sqrt{2gy} \cdot dt$, где t – произвольный момент времени когда уровень металла равнялся величине y , dt – время, за которое уровень металла понизился на величину dy ; g – ускорение свободного падения; $S_0 = \pi r^2$ – скорость вытекания стали через нижнее отверстие ковша; 3) $\pi(ky + r)^2 dy = -S_0 \sqrt{2gy} \cdot dt$ – уравнение закона вытекания жидкой стали из ковша с учетом уравнения образующей ковша
Математическая модель в виде задачи	Решить задачу Коши для функции $y(t)$, удовлетворяющей уравнению $\pi(ky + r)^2 dy = -S_0 \sqrt{2gy} \cdot dt$ при начальном условии $y(0) = H$.

II. Процесс обучения математическому моделированию студентов в дисциплинах прикладной математики, построенный в соответствии с технологиями смешанного и гибридного обучения [16]. Технологическая цепочка смешанного обучения включает лекции, лабораторную работу с использованием компьютерных симуляторов, а также исследовательскую виртуальную лабораторную работу по моделированию процессов, происходящих в реальных производственных и технологических процессах [15].

При гибридном обучении нами построены следующие цепочки взаимодействия студентов и преподавателей: обучающиеся работают самостоятельно или в группах, имея возможность консультации с преподавателем; преподаватель оценивает реакцию обучающихся, их потребности, затруднения, отвечает на вопросы, подбирает темп, удобный для группы, отслеживает вовлеченность студентов в процесс обучения. Студентам предлагаются вопросы, задания или тесты для самопроверки. Данная работа организуется с помощью АРМ.

На этом этапе при решении задачи 1 студентам предлагается выполнить исследование полученного решения с помощью графических интерфейсов, встроенных в среду предлагаемого программного средства АРМ «Преподаватель-студент».

III. Освоение способов действий по математическому и компьютерному моделированию в рамках технологии работы с АРМ. Технология работы с предлагаемым программным продуктом реализуется следующим образом: тестирование моделей; работа с демонстрационными программами по всем задачам лабораторных работ; самостоятельное составление модели и проверка ее реализации, которые осуществляются в диалоговом режиме; контроль учебных достижений студента, содержащий практические задания на выполнение действий по математическому моделированию [9].

Созданный АРМ можно рассматривать как средство для достаточно быстрого овладения будущими инженерами базовыми методами прикладной математики, информатики, элементами алгоритмизации и программирования. В дальнейшем сформированные умения могут широко использоваться при постановке и решении сложных инженерных задач с помощью профессиональных математических пакетов. Чтобы сделать вычислительную технику естественным инструментом специалиста, нужно научить последнего использовать технологии моделирования, находить оптимальные решения, анализировать возможности пакетов прикладных программ, следовательно, решать современные проблемы в инженерной области.

Таким образом, разработанная система обучения будущих инженеров математическому и компьютерному моделированию позволяет формировать у студентов на основе математических компетенций и цифровые навыки, а возможность использовать цифровые технологии для решения математических моделей обеспечивает целеполагание при использовании цифровых инструментов.

Выводы. Предложенный цифровой подход, основанный на методологии деятельностного подхода к обучению в сочетании с другими методологическими подходами, предполагает выделение способов действий по математическому и компьютерному моделированию в инженерной деятельности и обеспечение их формирования у студентов с помощью разработанной системы обучения математическому и компьютерному моделированию.

Основным средством обучения в предлагаемой системе является авторский пакет прикладных программ «Автоматизированное рабочее место «Преподаватель-студент»», применение которого приводит к формированию у студентов способов действий по математическому и компьютерному моделированию и овладению будущими инженерами математической цифровой компетентностью. Такой результат обеспечивается в процессе смешанного и гибридного обучения математическим дисциплинам в высшей технической школе с применением ИКТ и на основе технологий обучения математическому моделированию.

1. Александрова, Г. А. Влияние дистанционного обучения на учебную мотивацию обучающихся в вузе // Казанский педагогический журнал. – 2021. – № 1(144). – С. 107-113.
2. Баканова, И. Г., Елизарова, Е. А. Организация электронного обучения в современном вузе // Проблемы современного педагогического образования. – 2020. – № 68-3. – С. 24-28.
3. Ваганова, О.И., Абрамов, О. Н., Коростелев, А. А., Максимова, К. А. Методы и средства электронного обучения // Балтийский гуманитарный журнал. – 2020. – Т.9. – № 2(31). – С. 13-16.
4. Евсеева, Е. Г., Гребенкина, А. С. Практико-ориентированные методы обучения математике будущих специалистов МЧС // Дидактика математики: проблемы и исследования: международный сборник научных работ. – 2022. – № 55. – С. 75-84.
5. Иванушкина, Н. В., Щипова, О. В. Использование цифровых технологий при реализации дистанционного обучения в вузе // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. Социальные, гуманитарные, медикобиологические науки. – 2023. – Т. 25. – № 2 (89) – С. 12-19.
6. К вопросу о специфике педагогического взаимодействия в условиях цифровизации образования / Ю.М. Гришаева, А.В. Гагарин, Т.И. Березина, Е.Н. Федорова, Е.Н. Филатова, Г.И. Камалова // Педагогическая информатика. – 2022. – № 1. – С. 105-122.
7. Карелина, М. В. Принципы типизации высокотехнологичных тренажеров для инженеров транспорта // Педагогическая информатика. – 2019. – № 2. – С. 48-61.
8. Комиссарова, С. А., Клеветова, Т. В. Имитационно-моделирующие технологии в условиях реализации практико-ориентированной подготовки магистров направления «Педагогическое образование» // Известия ВГПУ. – 2016. – №4 (108). – С. 50-54.
9. Королев, М. Е., Королев, Е. А., Дрямин, В. А. Интернет технологии эвристического обучения построению математических моделей в высшей технической школе // Научные вести: Междунар. научный журнал. – 2020. – № 12 (29). – С. 87-95.
10. Королев, М. Е. Математическое моделирование как инструмент инженерного конструирования // Дидактика математики: проблемы и исследования: междунар. сборн. науч. работ. – 2020. – Вып. 52. – С. 71-77.
11. Кругликов, В. Н. Лекция в эпоху информационного общества и ее перспективы в будущем / В.Н. Кругликов // Научно-технические ведомости Санкт-Петербургского государственного политехнического университета. Общество. Коммуникация. Образование. – 2017. – Т. 8. – № 1. – С. 142-151.

12. Полякова, Т. Ю. Современные тенденции развития инженерной педагогики // Высшее образование в России. – 2019. – № 12. – С. 132-140.
13. Роберт, И. В. Интеллектуализация интерактивного взаимодействия обучающегося и обучающего со средстами информатизации в информационно-образовательном пространстве // Информационная среда образования и науки. – 2018. – № 18. – С. 63-83.
14. Скафа, Е. И., Королев, М. Е. Интегрированные лабораторные работы по математике как форма цифрового обучения в высшей школе // Интернет-технологии в образовании: материалы междунар. научно-практ. конф. АИО (Чебоксары, 17-21 мая 2021 года). – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2021. – С. 452-459.
15. Скафа, Е. И., Королев, М. Е. Виртуальная лаборатория как система управления обучением математическому и компьютерному моделированию будущих инженеров // Педагогическая информатика. – 2022. – № 1. – С. 30-40.
16. Скафа, Е. И., Кудрейко, И. А. Методическая деятельность преподавателя вуза по разработке инновационных форм обучения студентов // Человеческий капитал. – 2022. – Том 2. – №12 (168). – С. 48-55.
17. Abdullaeva, S., Sultonova, U. Use of MathCad software in the preparation of students majoring in engineering // International Journal of Scientific and Research Publications. – 2020. – Volume 10. – Pp. 650-662.
18. Azmandian, M., Hancock, M., Benko, H. Haptic Retargeting: Dynamic Repurposing of Passive Haptics for Enhanced Virtual Reality Experiences // Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. – 2016. – Pp. 1968-1979.
19. Dreher, R., Gornov, A., Kondratyev, V. Concept of the Natural Structure of Engineering Training and the Code of Professional Ethics of an Engineer // Higher Education in Russia. – 2019. – V. 28, No. 1. – Pp. 76-85.
20. Skafa, Elena I., Evseeva, Elena G., Korolev, Mark E. Integration of Mathematical and Computer Simulation Modeling in Engineering Education. Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics. – 2022, 15(4), – P. 413-430.
21. Frejd, P., Bergsten, C. Mathematical modelling as a professional task // Educational Studies in Mathematics. – 2016. – No. 91. – Pp. 11-35.
22. Lyon, Joseph A., Magan, Alejandra J. Computational Modeling and Simulation in Engineering Education // International Journal of Engineering Education. – 2020. – No. 36(1). – Pp. 101-116.
23. Magana, A. J., Coutinho, G. S. Modeling and simulation practices for a computational thinking-enabled engineering workforce // Comput. Appl. Eng. Educ. – 2017. – No. 25(1). – Pp. 62-78.
24. Pócsová, J., Mojžišová, A., Mikulsky, M. Matlab in engineering education // 19th International Carpathian Control Conference (ICCC), 2018. – Pp. 532-535.
25. Salleh, T., Zakaria, E. The Effects of Maple Integrated Strategy on Engineering Technology Students' Understanding of Integral Calculus // TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology. – 2016. – volume 15, issue 3. – Pp. 183-194.

DIGITAL APPROACH TO THE FORMATION METHODS OF ACTION ON MATHEMATICAL MODELING IN ENGINEERING EDUCATION

© 2023 E.I. Skafa¹, E.G. Evseeva¹, M.E. Korolev²

*Elena I. Skafa, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Head of the Department
of Higher Mathematics and Methods of Teaching Mathematics*

*Elena G. Evseeva, Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, Professor of the Department
of Higher Mathematics and Methods of Teaching Mathematics*

*Mark E. Korolev, Doctor of Pedagogical Sciences, Associate Professor, Assistant Professor
of the Department of Transport Technologies*

¹ Donetsk State University

Donetsk, Russia

² Gorlovsky Automobile and Road Institute

Donetsk National Technical University

Gorlovka, Russia

One of the ways to increase the efficiency of higher engineering education is its digitalization, aimed at integrating mathematical and computer modeling. In this regard, there is a problem of creating a training system for future engineers at a

technical university aimed at forming methods of mathematical and computer modeling based on the integration of mathematical and applied science in combination with digital technologies. This approach involves the use of modern information and communication technologies (ICT), simulation tools, application software packages at all stages of students' study of basic and variable disciplines. The authors refer to such disciplines: higher mathematics as a means of fundamentalizing the basic training of a future engineer; applied mathematics as a means of implementing higher mathematics in building models of technical processes and systems; operations research, optimization methods, multidimensional statistical and factor analysis as varieties of professional disciplines reflecting the practical orientation of engineering training. The article presents a system of teaching mathematical modeling to students of technical training areas in the context of higher engineering education. The main idea is the introduction of mixed and hybrid technologies for teaching students, providing the process of setting and solving mathematical modeling tasks based on modern ICT tools, including the author's software product "Automated workplace "Teacher – student", which provide an opportunity for future engineers to form both mathematical and digital competencies necessary they are interested in their future professional activities.

Keywords: mathematical modeling, students – future engineers, information and communication technologies, mixed and hybrid learning technologies, simulation tools, automated workplace «Teacher – student»

DOI: 10.37313/2413-9645-2023-25-92-55-62

EDN: INILBE

1. Aleksandrova, G. A. Vliyaniye distancionnogo obucheniya na uchebnuyu motivaciyu obuchayuschihsya v vuze (The influence of distance learning on the educational motivation of students at the university) // Kazanskiy pedagogicheskiy zhurnal. – 2021. – № 1(144). – S. 107-113.
2. Bakanova, I. G., Elizarova, E. A. Organizatsiya elektronnoy obucheniya v sovremennom vuze (Organization of e-learning in a modern university) // Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya. – 2020. – № 68-3. – S. 24-28.
3. Vaganova, O. I., Abramov, O. N., Korostelev, A. A., Maksimova, K. A. Metody i sredstva elektronnoy obucheniya (Methods and means of e-learning) // Baltiyskiy gumanitarniy jurnal. – 2020. – T. 9, № 2(31). – S. 13-16.
4. Evseeva, E. G., Grebenkina, A. S. Praktiko-orientirovannyye metody obucheniya matematike buduschih specialistov MCHS (Practice-oriented methods of teaching mathematics to future specialists of the Ministry of Emergency Situations) // Didaktika matematiki: problemy i issledovaniya: mezhdunarodniy sbornik nauchnih rabot. – 2022. – № 55. – S. 75-84.
5. Ivanushkina, N. V., Schitova, O. V. Ispolzovaniye cifrovyyh tehnologiy pri realizatsii distancionnogo obucheniya v vuze (The use of digital technologies in the implementation of distance learning at the university) // Izvestiya Samarskogo nauchnogo centra Rossiyskoy akademii nauk. Socialniye, gumanitarniye, medikobiologicheskiye nauki. – 2023. – T. 25. – № 2 (89) – S. 12-19.
6. K voprosu o specifikhe pedagogicheskogo vzaimodeystviya v usloviyah cifrovizatsii obrazovaniya (On the issue of the specifics of pedagogical interaction in the context of digitalization of education) / Yu.M. Grishaeva, A.V. Gagarin, T.I. Berezina, E.N. Fyodorova, E.N. Filatova, I.I. Kamalova // Pedagogicheskaya informatika. – 2022. – № 1. – S. 105-122.
7. Karelina, M. V. Principy tipizatsii vysokotekhnologicheskikh trenajerov dlya inzhenerov transporta (Principles of typification of high-tech simulators for transport engineers) // Pedagogicheskaya informatika. – 2019. – № 2. – S. 48-61.
8. Komissarova, S. A., Klevetova, T. V. Imitatsionno-modeliruyuschiye tehnologii v usloviyah realizatsii praktiko-orientirovannoy podgotovki magistrrov napravleniya «Pedagogicheskoye obrazovaniye» (Simulation and modeling technologies in the context of the implementation of practice-oriented training of masters in the direction of «Pedagogical education») // Izvestiya VGPU. – 2016. – №4 (108). – S. 50-54.
9. Korolev, M. E., Korolev, E. A. Dryamin, V. A. Internet tehnologii evisticheskogo obucheniya postroyeniya matematicheskikh modeley v vysshey tekhnicheskoy shkole (Internet technologies for heuristic training in building mathematical models in higher technical school) // Nauchniye vesti : mezhdunarodniy nauchniy jurnal. – 2020. – № 12 (29). – S. 87-95.
10. Korolev, M. E. Matematicheskoye modelirovaniye kak instrument inzhernogo konstruirovaniya (Mathematical modeling as a tool for engineering design) // Didaktika matematiki: problemy i issledovaniya: mezhdunarodniy sbornik nauchnih rabot. – 2020. – Vyp. 52. – S. 71-77.
11. Kruglikov, V. N. Lektsiya v epokhu informatsionnogo obschestva i yeye perspektivy v buduschem (Lecture in the era of the information society and its prospects in the future) // Nauchno-tehnicheskiye vedomosti Sankt-Peterburgskogo gosudarstvennogo politehnicheskogo universiteta. Obschestvo. Kommunikatsiya. Obrazovaniye. – 2017. – T. 8. – № 1. – S. 142-151.
12. Polyakova, T. Yu. Sovremennyye tendentsii razvitiya inzhernoy pedagogiki (Modern trends in the development of engineering pedagogy) // Vyssheye obrazovaniye v Rossii. – 2019. – № 12. – S. 132-140.
13. Robert, I. V. Intelktualizatsiya interaktivnogo vzaimodeystviya obuchayushegosya i obuchayushchego so sredstvami informatizatsii v informatizatsionno-obrazovatel'nom prostranstve (Intellectualization of the interactive interaction of the learner and the teacher with informatization tools in the information and educational space) // Informatizatsionnaya sreda obrazovaniya i nauki. – 2018. – № 18. – S. 63-83.

14. Skafa, E. I., Korolev, M. E. Integrirrovanniye laboratorniye raboty po matematike kak forma cifrovogo obucheniya v vysshey shkole (Integrated laboratory work in mathematics as a form of digital education in higher education) // Internet tehnologii v obrazovanii: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferencii AIO (Cheboksary, 17-21 maya 2021 goda). – Cheboksary: Chuvash. gos. ped. universitet, 2021. – S. 452-459.
15. Skafa, E. I., Korolev, M. E. Virtualnaya laboratoriya kak sistema upravlniya obucheniyem matematicheskomu i kompyuternomu modelirovaniyu buduschih injenerov (Virtual laboratory as a management system for teaching mathematical and computer modeling of future engineers) // Pedagogicheskaya informatika. – 2022. – № 1. – S. 30-40.
16. Skafa, E. I., Kudreyko, I. A. Metodicheskaya deyatel'nost' prepodavatelya vuza po razrabotke innovatsionnykh form obucheniya studentov (Methodological activity of a university teacher in developing innovative forms of student education) // Chelovecheskiy kapital. – 2022. – Том 2, №12 (168). – S. 48-55.
17. Abdullaeva, S., Sultonova, U. Use of MathCad software in the preparation of students majoring in engineering // International Journal of Scientific and Research Publications. – 2020. – Volume 10. – Pp. 650-662.
18. Azmandian, M., Hancock, M., Benko, H. Haptic Retargeting: Dynamic Repurposing of Passive Haptics for Enhanced Virtual Reality Experiences // Proceedings of the CHI Conference on Human Factors in Computing Systems. – 2016. – PP. 1968-1979.
19. Dreher, R., Gornov, A., Kondratyev, V. Concept of the Natural Structure of Engineering Training and the Code of Professional Ethics of an Engineer // Higher Education in Russia. – 2019. – V. 28, No. 1. – Pp. 76-85.
20. Skafa, Elena I., Evseeva, Elena G., Korolev, Mark E. Integration of Mathematical and Computer Simulation Modeling in Engineering Education. Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics. 2022, 15(4), – P. 413-430.
21. Frejd, P., Bergsten, C. Mathematical modelling as a professional task // Educational Studies in Mathematics. – 2016. – No. 91. – Pp. 11-35.
22. Lyon, Joseph A., Magan, Alejandra J. Computational Modeling and Simulation in Engineering Education // International Journal of Engineering Education. – 2020. – No. 36(1). – PP. 101-116.
23. Magana, A. J., Coutinho, G. S. Modeling and simulation practices for a computational thinking-enabled engineering workforce // Comput. Appl. Eng. Educ. – 2017. – No. 25(1). – PP. 62-78.
24. Pócsová, J., Mojžišová, A., Mikulsky, M. Matlab in engineering education // 19th International Carpathian Control Conference (ICCC), 2018. – Pp. 532-535.
25. Salleh, T., Zakaria, E. The Effects of Maple Integrated Strategy on Engineering Technology Students' Understanding of Integral Calculus // TOJET: The Turkish Online Journal of Educational Technology. – 2016. – volume 15, issue 3. – Pp. 183-194.