

Н. С. Веремчук
ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В МЕЖПРЕДМЕТНОЙ ИНТЕГРАЦИИ
УЧЕБНЫХ ДИСЦИПЛИН

В условиях цифровизации применяемые в учебных процессах методы подготовки будущих кадров должны быть ориентированы на формирование и развитие цифровых компетенций. Перестройка образовательных технологий должна соответствовать современным стандартам, и связана с обогащением существующих средств обучения цифровыми технологиями, инновационными подходами и средствами цифровизации. Нарастает практико-ориентированный подход к обучению при межпредметной интеграции дисциплин. В настоящей работе целью является демонстрация возможностей применения имитационного моделирования в условиях реализации межпредметной интеграции дисциплин «Математика» и «Информатика» при подготовке будущих кадров в области информационных и коммуникационных технологий. Приведен пример использования методов имитационного моделирования для решения систем дифференциальных уравнений, описывающих работу сердца, в программной среде AnyLogic PLE. Исследование проводилось для бакалавров Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета направлений подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» и 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» в рамках выполнения лабораторной работы по дисциплине «Имитационное моделирование». В основе теоретической базы данного исследования лежат научные положения и выводы отечественных и зарубежных ученых. На основании полученных результатов освоения материала студентами можно выделить методы имитационного моделирования в качестве одного из эффективных средств решения задач, позволяющего развивать уровень владения цифровыми компетенциями и реализовывать межпредметную интеграцию дисциплин.

Ключевые слова: инструменты имитационного моделирования, дифференциальные уравнения, цифровые компетенции, AnyLogic PLE.

ВВЕДЕНИЕ

Вопросы цифровизации и развития современного информационного общества активно обсуждаются в отечественной и зарубежной литературе [1, 2]. Внимание уделяется пересмотру существующих традиционных технологий и методов обучения [3, 4]. Как следствие, на рынке труда возникает потребность в специалистах с высоким уровнем владения цифровыми компетенциями, позволяющими им качественно и эффективно выполнять профессиональную деятельность. Особенно это актуально в условиях пятой промышленной революции и цифровой экономики.

Применяемые в учебных процессах методы подготовки будущих кадров должны быть ориентированы на формирование и развитие цифровых компетенций. Рост междисциплинарной направленности в учебных процессах также диктует свои коррективы в современные методы и способы обучения. Перестройка образовательных технологий должна соответствовать современным стандартам, и связана с обогащением существующих методов и средств обучения цифровыми технологиями, инновационными подходами и средствами цифровизации [4].

Процессы принятия решений в профессиональной деятельности требуют наличия квалифицированного кадрового состава, способного выполнять свою работу с применением новых программных средств, цифровых устройств и сервисов. Система подготовки

студентов в вузах должна быть ориентирована на развитие этих умений и навыков. В открытом доступе существуют компьютерные онлайн сервисы и приложения для выполнения расчетов по «Математике» и «Информатике». Однако большинство из них не позволяют проследить за динамикой изменения решений или состояний рассматриваемой системы или процесса в режиме реального времени. В данной работе рассматривается программное обеспечение, позволяющее проследить динамику развития моделируемой системы во времени.

Как уже отмечалось, кроме цифровизации в образовании нарастает практико-ориентированный подход к обучению, который проявляется, в том числе, и в межпредметной интеграции дисциплин [2]. В связи с чем, цель настоящей работы заключается в анализе и обосновании эффективности изучения функциональных возможностей среды имитационного моделирования и последующего ее применения в учебном процессе при решении задач по «Математике» и «Информатике». Всё перечисленное формирует модернизацию существующих и разработку новых форм и технологий обучения, нацеленных на формирование и развитие цифровых компетенций у будущих кадров в области информационных и коммуникационных технологий.

В настоящей работе целью является демонстрация возможностей применения имитационного моделирования в условиях реализации межпредметной интеграции дисциплин. Приведен пример использования методов имитационного моделирования для решения системы

дифференциальных уравнений, описывающих работу сердца, в программной среде AnyLogic PLE. Исследование проводилось для бакалавров Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета направлений подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» и 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» в рамках выполнения лабораторной работы по дисциплине «Имитационное моделирование». В основе теоретической базы данного исследования лежат научные положения и выводы отечественных и зарубежных ученых. На основе полученных результатов можно выделить методы имитационного моделирования в качестве одного из эффективных средств решения задач студентами вузов с целью развития цифровых компетенций и реализации междисциплинарной интеграции дисциплин.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Теоретической базой исследования являются общенаучные подходы, к которым относятся анализ научно-методической и периодической литературы по сформулированной проблеме. Полученные результаты опираются на исследования современных способов развития образования, а также на практико-ориентированном, междисциплинарном подходах к обучению студентов.

Процессы цифровизации современного образования, связанные с развитием онлайн, цифрового и электронного обучения, интерактивными образовательными технологиями, визуализацией и геймификацией образования и т. д. описаны в работе [1].

В профессиональной деятельности от современного специалиста требуется быстрое и эффективное решение поставленных задач, а это влечет за собой в сжатые сроки приобретение навыков владения новыми программными средствами и инструментами. Особенно остро это проявляется в настоящее время, в условиях той скорости, в которой происходит развитие технического цифрового оборудования и программного обеспечения. По мнению Т. Н. Шалкиной, отбор содержания и выбор цифровых инструментов и сервисов для обучения должен основываться на принципах «педагогического дизайна и идеи смешанного обучения (Blended Learning)» [2].

В литературе широко обсуждаются вопросы междисциплинарной интеграции. Г. Д. Анисимова и С.И. Евсеева отводят важную роль комплексному подходу к преподаванию математики, информатики и электротехники в техническом вузе с применением информационно-развивающих, проблемно ориентированных и личностно-ориентированных технологий обучения [3].

В работе Н. А. Моисеевой, Т. А. Поляковой, Т. А. Ширшовой обозначены «цифровые сервисы в качестве одного из инновационных средств решения задач информационно-математического моделирования», а также «приведены примеры применения функционала цифровых сервисов для решения интегрированных учебных заданий, используемых при подготовке студентов инженерно-технических

вузов». Рассмотрены цифровые сервисы, функционал которых аналогичен функционалу пакетов прикладных программ, используемых для проведения компьютерного математического моделирования, а также функционалу интегрированной среды разработки и анализа данных [4].

Наличие большого числа компьютерных онлайн сервисов для выполнения расчетов по «Математике» и «Информатике» не позволяют проследить за динамикой изменения решений или состояний рассматриваемой системы или процесса во времени. В данной работе рассматривается программное обеспечение, позволяющее проследить динамику процессов в режиме реального времени.

В условиях пятой промышленной революции и цифровой экономики при изучении поведения сложноорганизованных систем или процессов во времени удобно использовать имитационное моделирование [5-7]. При этом не нужно проводить сотни реальных экспериментов, можно задать определенные параметры у элементов системы и провести тысячи виртуальных. При этом экономится не только время, но и материальные ресурсы, начиная от денег, заканчивая различными редкими природными ресурсами.

Известно, что с применением моделирования воспроизводится и изучается предмет, явление или процесс за счет представления объекта моделью. Существует много видов моделирования, например, имитационное, которое представляет собой удобный инструмент для анализа, ввиду наглядности, простоты и доступности использования. Применяется имитационное моделирование в различных областях и сферах деятельности. Оно позволяет получить оптимальные решения и представление о системах сложной структуры и организации, изучения их поведения в режиме реального времени.

Имитационное моделирование осуществляется с применением различных программных продуктов, один из которых – это AnyLogic PLE [8]. С применением AnyLogic упрощается построение сложных имитационных моделей, потому что в нем поддерживается проектирование, разработка модели, проведение численных экспериментов, оптимизация параметров рассматриваемой системы или процесса. AnyLogic богат графическими элементами, множеством диаграмм состояний, наличием встроенных библиотек и т.д. Обширный инструментальный пакет для разработки и анализа моделей, удобный интерфейс, возможность проведения экспериментов в режиме реального времени делают его применение доступным и результативным для освоения и понимания происходящих процессов в моделируемой системе.

В данной работе описывается применение методов имитационного моделирования для решения практико-ориентированных задач в рамках выполнения студентами лабораторной работы. В результате у обучающихся формируются навыки решения системы дифференциальных уравнений в среде разработки имитационных моделей.

Опишем построение имитационной модели, описывающей работу сердца, с помощью инструментов среды AnyLogic PLE. Сердце – это важный орган для любого теплокровного организма, обеспечивает его жизнедеятельность в течение всей жизни. В литературе широко описывается работа сердца и сердечно-сосудистой системы в целом [9].

В данной работе рассматриваются только вопросы, касающиеся механических сердечных сокращений. Работа сердечной мышцы состоит из циклов сокращения, инерционной паузы, расслабления, еще одной паузы на переключение, далее вновь сокращение и т.д. Процесс циклический и повторяется в течение всей жизни.

Этот процесс можно описать системой дифференциальных уравнений, которую в литературе называют двумерной моделью Зимана [10]:

$$\varepsilon x' = x - x^3 - b,$$

$$b' = x - x_0,$$

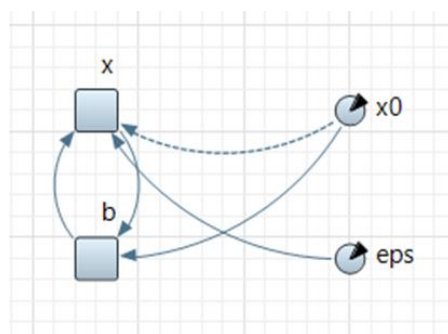


Рис. 1. Имитационная модель сокращения сердца

«Системной динамики», а параметры доступны в палитре «Агента» пакета AnyLogic PLE.

Далее в модели выполнена настройка свойств переменных, задание системы дифференциальных уравнений, описывающих изменение переменных во времени. Для переменной x свойства указаны так, как показано на рис. 2.

Свойства переменной b и дифференциальное уравнение, описывающее ее изменение во времени, заданы так, как указано на рис. 3.

Начальные значения параметров устанавливались равными $\varepsilon = 0,01$, а $x_0 = 0,5$.

Из палитры «Статистика» перенесены графики в рабочую область для отображения фазовой диаграммы и значений решений x и b (см. рис. 4).

где x – длина мышечного волокна, b – характеристика электрохимического стимулирования сердечных сокращений, ε – малый параметр реакции мышечного волокна на электрохимическое воздействие.

В первом уравнении наличие малого параметра ε придает переменной x способность быстро изменяться по сравнению с переменной b .

При создании модели использовались методы системной динамики с целью изучения режимов сокращения сердечных мышц. Опишем процесс создания модели по шагам. В начале работы в графическую часть модели добавлены две переменные x и b (накопители), а также два параметра x_0 и ε (см. рис. 1). Установлены связи между переменными и параметрами, задаваемые системой дифференциальных уравнений Зимана.

При этом накопители добавлены из палитры

Для удобства варьирования значениями параметров в рабочую зону модели перенесены два бегунка. Они позволяют менять значения x_0 и ε в пределах определенного интервала и следить за изменением решений на графиках. Дополнительное изображение овала с динамическими значениями радиусов, имитирующего режимы работы сердца, расположено для большей наглядности и понимания сути процесса для обучающихся.

С точки зрения моделирования важным вопросом является адекватность данной модели реальному процессу. В следующем разделе представлены результаты численных исследований имитационной модели работы сердца в пакете AnyLogic PLE.

x - Накопитель

Имя: ☒ Отображать имя ☐ Исключить

☐ Отображается на верхнем агенте

Видимость: ☒ да

Цвет:

☐ Массив

Начальное значение:

Режим задания уравнения: ☐ Классический ☒ Произвольный

$d(x)/dt =$

Рис. 2. Окно свойств переменной x

b - Накопитель

Имя: ☒ Отображать имя ☐ Исключить

☐ Отображается на верхнем агенте

Видимость: ☒ да

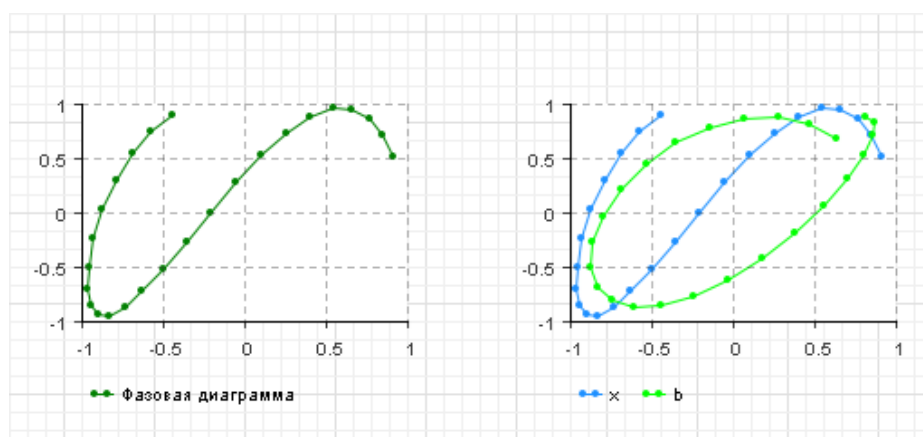
Цвет:

☐ Массив

Начальное значение:

Режим задания уравнения: ☐ Классический ☒ Произвольный

$d(b)/dt =$

Рис. 3. Окно свойств переменной b Рис. 4. Графики фазовой диаграммы и значений x и b

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Промоделируем различные ситуации работы сердца. Результат запуска модели при начальных значениях параметров $eps=0,01$, $x_0=0,5$ представлен на рис. 5.

При максимальном значении $eps=0,5$ результаты эксперимента показаны на рис. 6. При значении $x_0=0,6$ сердце останавливается.

Варьируя значениями параметров в модели, можно моделировать решение системы дифференциальных

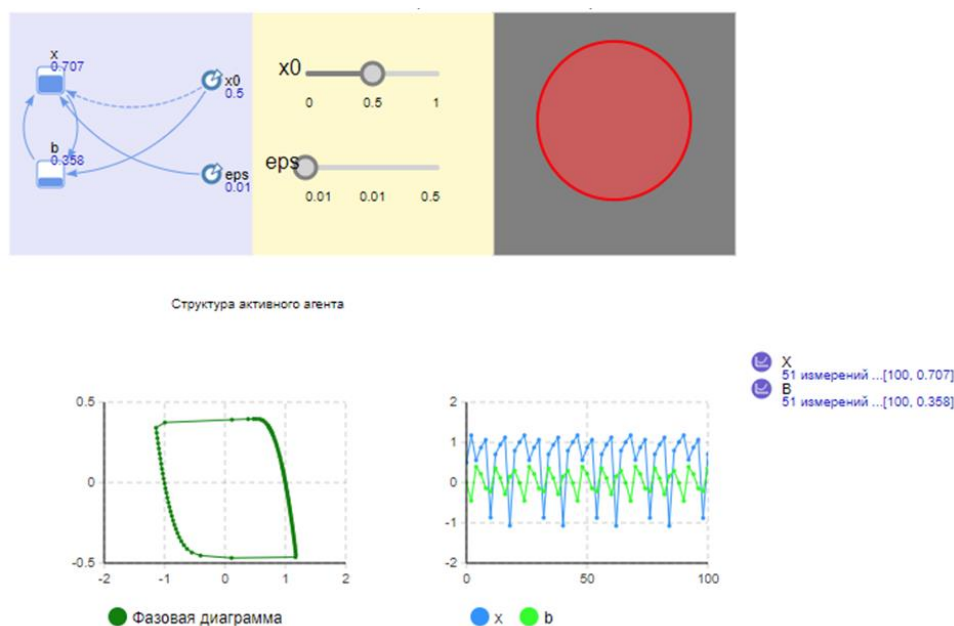


Рис. 5. Результаты экспериментов при начальных значениях параметров

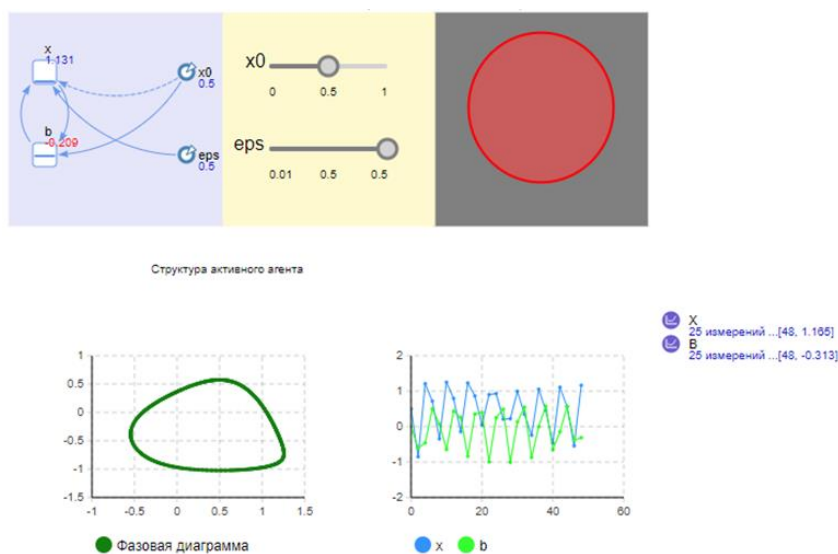


Рис. 6. Результаты эксперимента при максимальном значении eps

уравнений, описывающих динамику сокращения сердечных мышц во времени, используя при этом цифровые технологии. Простота и наглядность применения программного продукта позволяет быстро и эффективно осваивать предложенный материал и развивать у студентов знания, умения и навыки по дисциплинам «Математика» и «Информатика». Таким образом, можно сделать вывод, что методы имитационного моделирования применимы в качестве одного из эффективных средств решения задач студентами вузов. Они позволяют формировать и развивать уровень владения цифровыми компетенциями и реализуют междисциплинарную интеграцию дисциплин.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показаны возможности применения имитационного моделирования в условиях реализации междисциплинарной интеграции дисциплин «Математика» и «Информатика» при подготовке будущих кадров в области информационных и коммуникационных технологий. Приведен пример использования методов имитационного моделирования для решения системы дифференциальных уравнений, описывающих работу сердца, в программной среде AnyLogic PLE. Построена модель сердечных сокращений. Проведены эксперименты при различных начальных данных. Исследование проводилось для бакалавров

Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета направлений подготовки 09.03.03 «Прикладная информатика» и 09.03.01 «Информатика и вычислительная техника» в рамках выполнения лабораторной работы по дисциплине «Имитационное моделирование». На основе

полученных результатов освоения материала студентами можно выделить методы имитационного моделирования в качестве одного из эффективных средств, позволяющего развивать уровень владения цифровыми компетенциями и реализующего межпредметную интеграцию дисциплин.

Библиографический список

1. Барабанова С. В., Кайбияйнен А. А., Крайсман Н. В. Цифровизация инженерного образования в глобальном контексте // Высшее образование в России. – 2019. – Т. 28. – № 1. – С. 94–103.
2. Шалкина Т. Н. Цифровые сервисы в обучении информатике: опыт интеграции методик удаленного и традиционного обучения // Мир науки. Педагогика и психология. – 2021. – №3. – URL: <https://mir-nauki.com/PDF/28PDMN321.pdf>.
3. Анисимова Г. Д., Евсеева С. И. Междисциплинарные связи математики, информатики и электротехники в техническом вузе // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2020. – № 1 (39). – С. 156–163.
4. Моисеева Н. А., Полякова Т. А., Ширшова Т. А. Значимость цифровых сервисов в решении задач информационно-математического моделирования для будущих инженеров // Наука о человеке: гуманитарные исследования. – 2023. – Т. 17. – № 1. – С. 116–128.
5. Веремчук Н. С. Элементы имитационного моделирования в вопросах оптимизации дорожного движения // Вестник кибернетики. – 2022. – 4 (48). – С. 23–28.
6. Веремчук Н. С., Куликова О. М. Применение методов имитационного моделирования в процессе профессиональной подготовки специалистов в области дорожного строительства // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2022. – Т. 11. – № 4. – С. 17–23.
7. Ordu M., Demir E., Tofallis C., Gunal M. M. A Novel Healthcare Resource Allocation Decision Support Tool: A Forecasting-Simulation-Optimization Approach // Journal of the Operational Research Society. – 2021. – Vol. 72, – Is. 3. – pp. 485–500.
8. Боев В. Д. Компьютерное моделирование в среде AnyLogic. – Москва: Юрайт. – 2021. – 298 с.
9. Сальвинский В. В., Журавлёв С. А. Моделирование работы сердца и нервных импульсов // Вестник АмГУ. – 2020. – № 89. – С. 35–39.
10. Эрроусмит Д., Плейс К. Обыкновенные дифференциальные уравнения. Качественная теория с приложениями / пер. с англ. – М.: Мир, 1986. – 243 с.

References

1. Barabanova S. V., Kajbiyajnen A. A., Krajsman N. V. Cifrovizaciya inzhenerного obrazovaniya v global'nom kontekste // Vysshee obrazovanie v Rossii. – 2019. – T. 28. – № 1. – S. 94–103.
2. SHalkina T. N. Cifrovye servisy v obuchenii informatike: opyt integracii metodik udalennogo i tradicionnogo obucheniya // Mir nauki. Pedagogika i psihologiya. – 2021. – №3. – URL: <https://mir-nauki.com/PDF/28PDMN321.pdf>.
3. Anisimova G. D., Evseeva S. I. Mezhdisciplinarnye svyazi matematiki, informatiki i elektrotehniki v tekhnicheskom vuze // Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya. – 2020. – № 1 (39). – С. 156–163.
4. Moiseeva N. A., Polyakova T. A., SHirshova T. A. Znachimost' cifrovyyh servisov v reshenii zadach informacionno-matematicheskogo modelirovaniya dlya budushchih inzhenerov // Nauka o cheloveke: gumanitarnye issledovaniya. – 2023. – T. 17. – № 1. – S. 116–128.
5. Veremchuk N. S. Elementy imitacionnogo modelirovaniya v voprosah optimizacii dorozhnogo dvizheniya // Vestnik kibernetiki. – 2022. – 4 (48). – S. 23–28.
6. Veremchuk N. S., Kulikova O. M. Primenenie metodov imitacionnogo modelirovaniya v processe professional'noj podgotovki specialistov v oblasti dorozhnogo stroitel'stva // Vestnik Sibirskogo instituta biznesa i informacionnyh tekhnologij. – 2022. – T. 11. – № 4. – S. 17–23.
7. Ordu M., Demir E., Tofallis C., Gunal M. M. A Novel Healthcare Resource Allocation Decision Support Tool: A Forecasting-Simulation-Optimization Approach // Journal of the Operational Research Society. – 2021. – Vol. 72, – Is. 3. – pp. 485–500.
8. Boev V. D. Komp'yuternoe modelirovanie v srede AnyLogic. – Moskva: YUrajt. – 2021. – 298 s.
9. Sal'vinskij V. V., ZHuravlyov S. A. Modelirovanie raboty serdca i nervnyh impul'sov // Vestnik AmGU. – 2020. – № 89. – S. 35–39.
10. Errousmi D., Plejs K. Obyknovennye differencial'nye uravneniya. Kachestvennaya teoriya s prilozheniyami / per. s angl. – M.: Mir, 1986. – 243 s.

SIMULATION MODELING IN INTERDISCIPLINARY INTEGRATION OF ACADEMIC DISCIPLINES

Natalya S. Veremchuk

PhD (Physical and Mathematical Sciences), Associate Professor, Department of Digital technologies, Siberian State Automobile and Highway University

Abstract. In the conditions of digitalization, the methods of training future personnel used in educational processes should be focused on the formation and development of digital competencies. The restructuring of educational technologies should meet modern standards, and is associated with the enrichment of existing teaching tools with digital technologies, innovative approaches and means of digitalization. A practice-oriented approach to teaching with interdisciplinary integration of disciplines is increasing. In this paper, the aim is to demonstrate the possibilities of using simulation modeling in the context of the implementation of interdisciplinary integration of the disciplines "Mathematics" and "Computer Science" in the training of future personnel in the field of information and communication technologies. An example of the use of simulation modeling methods for solving systems of differential equations describing the work of the heart in the AnyLogic PLE software environment is given. The study was conducted for bachelors of the Siberian State Automobile and Road University in the areas of training 09.03.03 "Applied Informatics" and 09.03.01 "Computer Science and Computer Engineering" as part of laboratory work on the discipline "Simulation Modeling". The theoretical basis of this study is based on the scientific statements and conclusions of domestic and foreign scientists. Based on the results of the students' mastering of the material, it is possible to identify simulation modeling methods as one of the effective means of solving problems that allows developing the level of digital competence and implementing interdisciplinary integration of disciplines.

Keywords: simulation tools, differential equations, digital competencies, AnyLogic PLE.

Сведения об авторах:

Веремчук Наталья Сергеевна, канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Цифровые технологии», ФГБОУ ВО «Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), Омск, Россия, e-mail: n-veremchuk@rambler.ru, ORCID iD: <https://orcid.org/0000-0002-2709-9755>

Статья поступила в редакцию 05.04.2023 г.