

КОМПЬЮТЕРНАЯ СИМУЛЯЦИЯ НА УРОКАХ ИНФОРМАТИКИ КАК ФАКТОР ПРЕЕМСТВЕННОСТИ ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ПРИ ОБУЧЕНИИ МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ

М. Е. Королёв¹

¹ *Автомобильно-дорожный институт Донецкого национального технического университета*
284646, Украина, г. Горловка, ул. Кирова, д. 51

Аннотация

В статье актуализируется необходимость использования элементов компьютерного моделирования от школы к университету при обучении студентов инженерного направления математике, анализируется роль имитационных моделей прикладной математики. Представлен опыт организации занятий с использованием визуализации данных, рассматривается применение для изучения математики в контексте математического образования симуляторов и игр, в которых учащиеся взаимодействуют с интерактивными обучаемыми средами, обсуждаются примеры использования компьютерных симуляций на занятиях.

В исследовании перечислены и охарактеризованы типы дидактических симуляций, рассматриваются вопросы процесса перехода школьного образования с использованием симуляторов и игр в дидактику математики технических университетов с использованием прикладной математики и математического моделирования до элементов имитационного моделирования.

Проведен педагогический эксперимент преемственности школьного образования (секция «Информационные системы и программирование» Донецкой Республиканской Малой Академии Наук учащейся молодежи) при обучении прикладной математике, информатике и математическому моделированию (кафедра «Транспортные технологии») студентов инженерно-транспортного направления Автомобильно-дорожного института Донецкого национального технического университета.

Ключевые слова: компьютерная симуляция, математическое моделирование, прикладная математика, имитационное моделирование, информационные системы, визуализация.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-5-52-58

Для цитирования:

Королёв М. Е. Компьютерная симуляция на уроках информатики как фактор преемственности школьного образования при обучении математическому моделированию // Информатика и образование. 2021. № 5. С. 52–58.

Статья поступила в редакцию: 31 января 2021 года.

Статья принята к печати: 6 апреля 2021 года.

Благодарности

Педагогический эксперимент «Непрерывная система образования “Школа-университет”» выполнен:

- с использованием оборудования и программного обеспечения лабораторий кафедры «Транспортные технологии» (зав. кафедрой канд. тех. наук, доцент А. Н. Дудников) ГОУ ВПО АДИ «ДонНТУ», г. Горловка;
- на базе учреждения дополнительного образования «Донецкая Республиканская Малая Академия Наук учащейся молодежи» (директор В. А. Зубков), г. Донецк.

Сведения об авторе

Королёв Марк Евгеньевич, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры «Транспортные технологии», Автомобильно-дорожный институт Донецкого национального технического университета, г. Горловка, Украина; kustokust@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9570-2432

1. Введение

Современная высшая школа готовит студентов к деятельности в условиях научно-технической революции, быстрого роста количества научной информации и столь же быстрой ее переоценки [1]. В этой связи особую важность приобретает фундаментальное математическое образование современного инженера-исследователя. Обучение элементам математического моделирования сочетает общую университетскую математическую подготовку с изучением и глубоким освоением современных пакетов прикладных программ. При этом дисциплины прикладной математики составляют научную базу, на которой строится общая инженерная и специальная подготовка будущих специалистов, дающая необходимые знания для самостоятельного изучения и освоения

всего нового, с чем специалисту придется иметь дело в процессе его дальнейшей практической деятельности [2]. Изучение исследования операций и методов оптимизации в прикладной математике расширяет общий кругозор, развивает мышление обучаемых, способствует выработке у них практических навыков использования математического моделирования.

В связи с этим в технических университетах большое внимание уделяется совершенствованию форм и методов преподавания дисциплин, связанных с математическим и компьютерным моделированием, с разработкой элементов автоматизированных рабочих мест с применением эвристического обучения [3–5]. К таким дисциплинам могут быть отнесены: высшая математика — как фундамент знаний будущего инженера; прикладная математика — как реализация высшей математики в постро-

ении технических моделей; исследование операций, методы оптимизации, многомерный статистический и факторный анализ — как системы отраслевых дисциплин, отражающих практическую направленность инженерной подготовки [6]. То есть создается система взаимосвязанных дисциплин, которые обучают студентов математическому моделированию с применением программирования.

Преподавание таких математических дисциплин должно быть по возможности простым, ясным, естественным и базироваться на разумной строгости. Все это, безусловно, можно отнести и к преподаванию математики в средней школе, и, разумеется, к подготовительным курсам, где обучение призвано систематизировать, укрепить и углубить математические знания учащихся, которые они получают в школе.

Очень важно, чтобы студенты в результате обучения осознали следующую истину. Наука и практика являются живыми организмами, тесно связаны между собой, находятся в постоянном взаимодействии и развитии. И в этом развитии им, теперешним студентам, придется принимать самое непосредственное участие и использовать количественные методы для совершенствования науки и производства. При этом нужно будет действовать самостоятельно, а не по подсказке преподавателя. Им самим придется искать решение возникающих перед ними проблем, и ни один вуз в мире не сможет снабдить их рецептами, пригодными на все случаи жизни.

Технологии математического моделирования в системе непрерывного образования «школа — университет» нуждаются в модернизации, преследующей двоякую цель: привить обучающимся математическую культуру и научить их математическим приемам, необходимым специалисту [7]. Грамотный специалист в области математического моделирования и прикладной математики должен владеть весьма разнообразным набором технических приемов, знать основы численных методов, уметь их применять, в том числе при автоматизации и визуализации вычислений на современных ЭВМ.

Исследования того, как люди реагируют на различные формы визуальных стимулов и учатся на них, ведутся десятилетиями. В процессе развития компьютерной техники и программного обеспечения (в том числе компьютерных симуляторов) исследования были сосредоточены на том, как представлена информация, насколько она детализирована, реалистична, стилизована. Некоторые исследования показывают, что более реалистичные изображения могут быть более эффективными в процессе преподавания, чем абстрактные символы [8]. В других исследованиях доказывалось, что слишком реалистичные представления могут препятствовать способности учащихся к пониманию цели занятия [9]. Обширный объем исследований в области компьютерного моделирования подтверждает точку зрения о том, что предоставление учащимся обратной связи улучшает обучение. Например, «подсказки для размышлений» побуждали учащихся размышлять о своем собственном мышлении, что в свою очередь приводило к успехам

как в научных познаниях, так и в концептуальном понимании материала занятий. В педагогической деятельности «подсказки для размышлений» нашли свое отражение в компьютерных симуляторах.

Компьютерные симуляторы не изучались систематически, так как быстрые изменения в информационных технологиях приводят к изменению определений того, что составляет игру или симуляцию, а это затрудняет фокусировку исследования. Проблема заключается в том, что исследователи не всегда описывают взаимодействия с симуляцией, что затрудняет выделение уникального вклада компьютерного моделирования в процесс обучения.

На современном этапе развития системы высшего образования одним из ключевых факторов, оказывающих существенное влияние на качество преподавания в вузах, является использование подхода в образовании, основанного на когнитивных исследованиях, ориентированных на эксперимент и математическое моделирование [10]. При таком подходе пробуждается интерес студентов, они вовлекаются в исследования, у них формируется понимание научных концепций и процессов, происходящих в природе, обществе и технике, при этом одновременно развивается мотивация к изучению инженерии. Компьютерное моделирование и основанная на нем визуализация эксперимента обладают огромным потенциалом для развития данного подхода. Они позволяют студентам инженерных специальностей наблюдать технические явления, которые в противном случае было бы невозможно увидеть, мотивируют обучающихся с помощью прикладной математики адаптировать инструментарий к потребностям современной инженерии.

2. Математическое моделирование и компьютерная реализация модели

В современной инженерии особое значение имеет разработка математических моделей реализации ИТ-проектов для различных технических отраслей. Современному инженеру требуется развивать процедурное мышление, которое включает разработку, представление, тестирование и отладку процедур, а эффективная процедура — это подробный пошаговый набор инструкций, которые могут быть механически интерпретированы и выполнены устройством, например компьютером или автоматизированным оборудованием.

Так, например, современные светофоры обычно управляются компьютерными системами, которые меняют индикацию на основе алгоритмов и встроенных датчиков. Наиболее эффективные алгоритмы оптимального управления создаются с использованием данных, собранных о трафике, и других соответствующих переменных с целью оптимизации потока, где основополагающую роль играют модели, созданные средствами прикладной математики. На рисунке 1 изображена модель AnyLogic «Фазы светофора в сети с тремя перекрестками» [11], демонстрирующая, как изменить продолжительность фаз светофора.

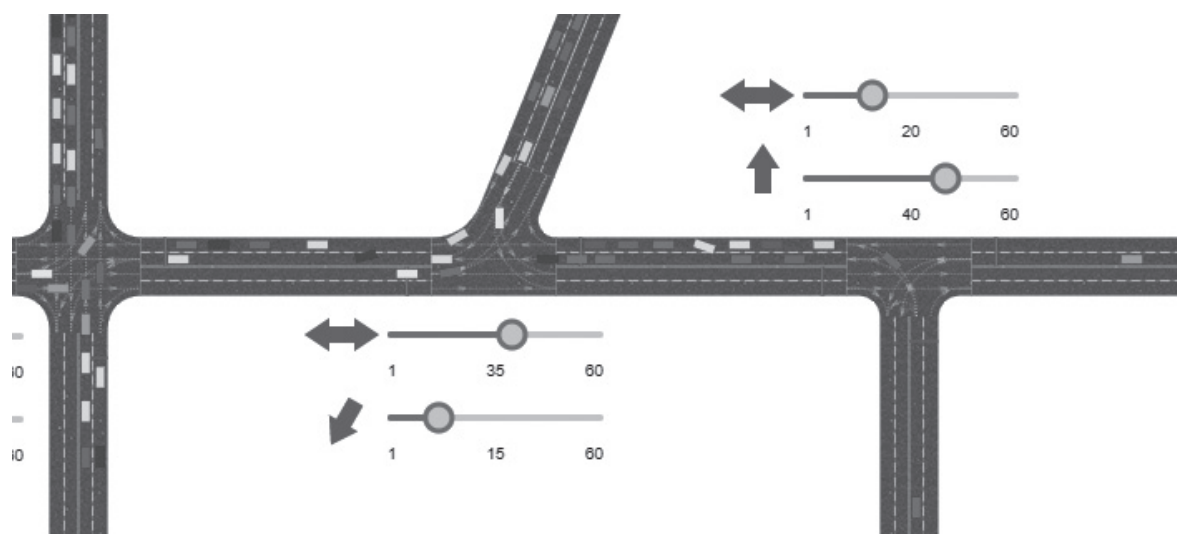


Рис. 1. Фазы светофора

Математическое моделирование и компьютерная симуляция лежат в непрерывном континууме, разделяя несколько важных характеристик. Оба основаны на компьютерных моделях и моделях прикладной математики, имитирующих природные, искусственно созданные или изобретенные явления. Быстрый прогресс в области компьютерного оборудования и программного обеспечения привел к усовершенствованию как аппарата математического моделирования, так и компьютерной симуляции. Так, в модели «Фазы светофора» математическая модель и основанная на ней компьютерная симуляция позволяют обучаемому (пользователю) обеспечить, по крайней мере, некоторую степень контроля со стороны пользователя — пользователь интерактивно изменяет параметры математической модели и получает при этом динамическую визуализацию модели.

Под компьютерной симуляцией мы понимаем интерактивную вычислительную модель реальных или предполагаемых ситуаций или технических процессов, которые позволяют обучаемым (студентам-пользователям) исследовать последствия динамического изменения параметров в модели (модели прикладной математики). С точки зрения дидактики математики важно, что компьютерная симуляция отличается как от статической визуализации (такой, как диаграммы, гистограммы в учебнике), поскольку интерактивная математическая модель является динамической, так и от анимации, поскольку позволяет взаимодействовать с обучаемым (студентом-пользователем) посредством встроенных элементов управления (button, check box, combo box, link label, radio button, text box, numeric up-down и др.). Интерактивное компьютерное моделирование позволяет студентам наблюдать различные процессы, которые в противном случае были бы просто невидимы и недоступны в классическом изложении материала [12], и даже взаимодействовать с представлениями процессов. Эти функции делают математическое моделирование и основанную на нем компьютерную симуляцию ценным для студента аппаратом прогно-

зирования поведения различных предметов и явлений — от технических конструктивных элементов до технико-экономических процессов.

3. Математическое моделирование в пользовательском управлении компьютерной симуляцией

За последнее время прикладные математики и ИТ-специалисты создали широкий спектр имитационных моделей и симуляторов, ориентированных на техническое обучение.

Классифицируем основные типы дидактических имитационных моделей на основе параметров, которые могут влиять на обучение студентов технических специальностей:

- степень контроля со стороны обучаемого (студента-пользователя);
- степень интеграции в дидактическую среду, в которую встроены симуляции;
- особенности моделируемого объекта.

Охарактеризуем перечисленные типы дидактических симуляций.

3.1. Степень контроля со стороны обучаемого

Большинство дидактических симуляций взаимодействует с обучаемым, но степень взаимодействия варьируется. Некоторые интерактивные модели фокусируют внимание пользователя, позволяя управлять только несколькими указанными переменными (параметрами), другие обеспечивают больший контроль, а некоторые позволяют пользователю полностью контролировать и программировать базовую компьютерную имитационную модель.

Дидактические симуляции, целью которых является сосредоточение внимания на ключевых динамиках исследуемого явления или технического процесса, можно назвать *целевыми*. Они ограничивают выбор обучаемого определенными элементами управления, нацеливая его внимание на текущую тематику занятия.

Примером может служить имитационная модель применения понятия «Аппроксимации кривой при разработке экспериментов», изображенная на рисунке 2. Располагая точки данных на предоставленной форме и изменяя их планки ошибок, студент динамично наблюдает за мгновенным обновлением наиболее подходящей полиномиальной кривой. Студент-исследователь выбирает тип аппроксимации: линейная, квадратичная или кубическая. Встроенная статистика визуально показывает цветом, когда соответствие хорошее. При изучении данной тематики можно найти наиболее подходящий вариант, вручную настроив элементы управления симуляции.

3.2. Степень интеграции в дидактическую среду

Степень интеграции дидактических имитационных моделей, разработанных для обучения, определяется тем, встроены ли эти модели в более крупную структуру и если да, то в какой степени. Некоторые дидактические имитационные модели являются автономными, что позволяет учащимся получить к ним доступ с минимальной поддержкой или ограничениями. Преподаватель может свободно интегрировать эти симуляции в учебную программу в любой момент урока. Как правило, дидактические модели включают в себя несколько индивидуальных симуляций, которые интегрированы с другими видами обучения [13].

3.3. Особенности моделируемого объекта

Особенности моделируемого объекта — это характеристики, показывающие, *что* моделируется и *как* моделируется. В соответствии с этим можно выделить:

- модели, основанные на поведении;
- «новые» модели;
- агрегированные модели;
- составные модели навыков и процессов.

Модели, основанные на поведении, обычно вовлекают обучаемого в управление поведением

объектов. Например, учащиеся, использующие среду моделирования, создают объекты по своему выбору, добавляют модели поведения (движение) и ограничения (векторное поле) и наблюдают за результатами.

Моделирование «новых» моделей — это моделирование сложных систем. В этих симуляциях учащийся управляет простыми децентрализованными взаимодействиями между многими отдельными агентами, что приводит к появлению модели сложного научного явления.

Так, на рисунке 3 программа рисует специальные типы изображений, называемые фракталами. Фрактал — это форма, которая самоподобна, т. е. выглядит одинаково независимо от того, насколько близко вы увеличиваете или уменьшаете масштаб [14]. Эта модель позволяет рисовать и рассматривать один класс фракталов, называемых фракталами L-системы. Фракталы L-системы создаются путем многократного следования набору правил. Используя различные наборы правил, учащийся может создавать самые разные фрактальные конструкции.

Моделирование агрегированной модели позволяет пользователю манипулировать различными объектами или лежащим в их основе компьютерным кодом для моделирования поведения сложной системы на агрегированном уровне. Под **агрегированием** подразумевают зависимость между совокупных величин и их составляющих. Так, в начале построения любого фрактала фигурирует только одна «затравка». Алгоритм построения диктует «затравке», что ей делать: рисовать линию, поворачиваться вправо или влево, разделиться и пр. Каждая новая «затравка» следует тем же правилам, что и исходная, рисует свою собственную «ветвь» возникающего фрактального множества [15].

Составные модели навыков и процессов представляют собой моделируемую среду, в которой

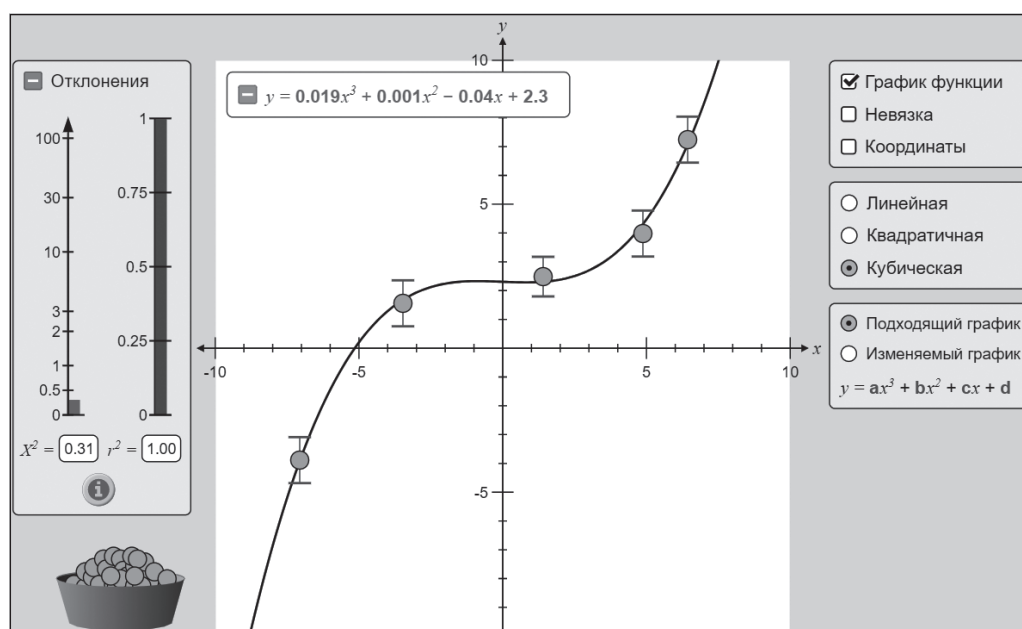


Рис 2. Аппроксимации кривой при разработке экспериментов

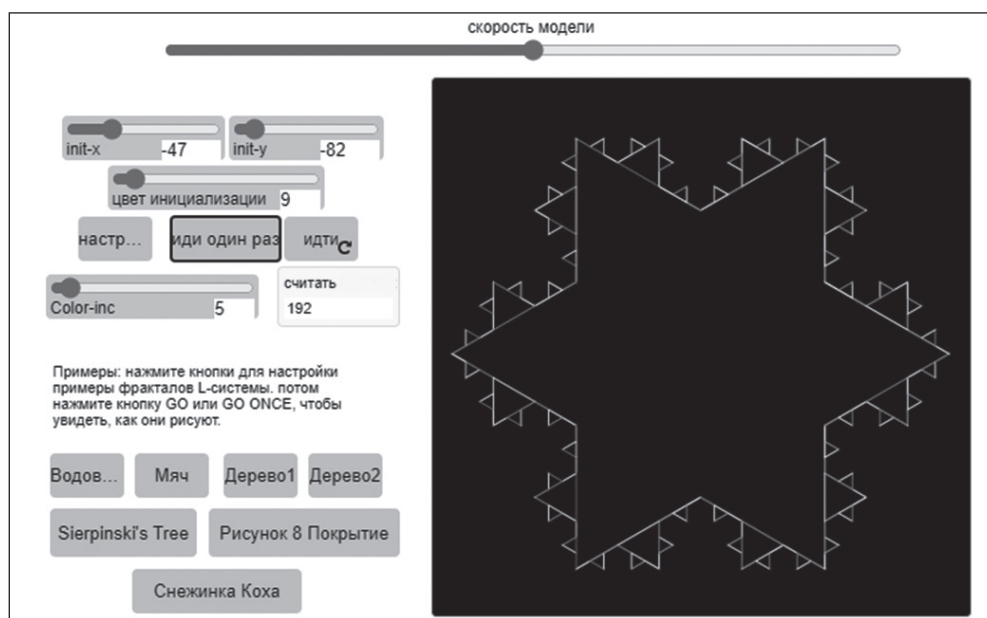


Рис. 3. Имитационное моделирование фрактальных множеств

будущие инженеры тренируются для выполнения сложных производственных задач. Компьютерные симуляторы и имитационное моделирование используются в инженерном образовании и обучении, позволяя будущим инженерам имитировать различные действия — от построения прямой до моделирования сложных производственных процессов [16, 17].

4. Обобщения исследований по математическому моделированию и симуляциям

Педагогический эксперимент проводился с 2019 года на базе учреждения дополнительного образования «Донецкая Республиканская Малая Академия Наук учащейся молодежи», секции «Информационные системы и программирование», а также в лабораториях кафедры «Транспортные технологии» ГОУ ВПО АДИ «ДонНТУ». В эксперименте приняли участие школьники МОУ г. Горловки «Лицей № 14 — Лидер», студенты 1–2-го курсов ГОУ ВПО АДИ «ДонНТУ» направления подготовки 23.03.01 «Технология транспортных процессов», профили подготовки «Организация и безопасность движения», «Организация перевозок и управления на автомобильном транспорте».

В проведенном нами педагогическом эксперименте учащиеся:

- формулировали исследовательский вопрос;
- генерировали альтернативные гипотезы и прогнозы;
- проектировали и проводили как реальные, так и смоделированные эксперименты;
- анализировали полученные данные;
- создавали концептуальную модель с математическими закономерностями, которые предсказывают и объясняют то, что они обнаружили;

- применяли свою модель к различным ситуациям, тем самым порождая новые исследовательские вопросы [18].

Школьники и студенты инженерных направлений, которым во время педагогического эксперимента были показаны симуляции, продемонстрировали сравнительно более высокий и статистически значимый результат в концептуальном понимании по сравнению со студентами, которым были показаны статические демонстрации.

Компьютерные симуляции улучшают концептуальное понимание, но эффективность в передаче научных познаний требует хорошего проектирования симуляционных моделей — как в постановке самой математической модели, так и в написании программного кода, с последующим тестированием симуляционной модели как элемента компьютерного приложения [19, 20].

5. Выводы

Анализ проведенного педагогического эксперимента «Непрерывная система образования “Школа-университет”» позволяет сделать следующие выводы:

- компьютерное и имитационное моделирование должно в процессе обучения помогать вырабатывать у учащихся устойчивые характеристики восприятия и запоминания информации;
- элементы прикладной математики должны быть включены во вспомогательные инструкции, такие как руководство по моделированию экспериментов;
- хорошо спроектированные имитационные модели прикладной математики приносят большую пользу в образовательном процессе, чем статические диаграммы, гистограммы, графики, наглядные пособия и прочие статические демонстрации;

- использование имитационного моделирования и компьютерных симуляций более эффективно при обучении современных инженеров, чем типичное обучение, их применение имеет стабильно положительный эффект.

Мы считаем, что только организация обучения с учетом указанных условий позволит обучающимся получить представление о математическом моделировании как о цельной дисциплине.

Список использованных источников

1. Пономарев Р. Е. Образовательное пространство. М.: МАКС Пресс, 2014. 100 с. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23396774>
2. Слободчиков В. И. Инновации в образовании: основания и смысл. http://www.researcher.ru/methodics/nauka/a_1xizkd.html
3. Королев М. Е. Эффективность методики обучения прикладной математике студентов технических специальностей средствами игровых моделей на основе эвристического подхода // Дидактика математики: проблемы и исследования. 2020. № 51. С. 53–60. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44097824>
4. Скафа Е. И., Дрозд М. В. Методологический подход к пониманию роли эвристической задачи в математическом образовании школьников // Дидактика математики: проблемы и исследования. 2017. № 46. С. 15–20. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=32529779>
5. Скафа Е. И. Эвристическое обучение математике: теория, методика, технология. Донецк: ДонНУ, 2004. 440 с.
6. Королев М. Е. Теоретико-методические основы развития исследовательской деятельности будущих инженеров // Научные горизонты. 2020. № 8. С. 72–78. https://www.sciencehorizon.ru/wp-content/uploads/2017/08/Nauchnye_gorizontyi_8_36_2020.pdf
7. Нахман А. Д. Основные аспекты обучения математическому моделированию в системе «школа-вуз» // Научное обозрение. Педагогические науки. 2016. № 5. С. 41–56. <https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=1533>
8. Роберт И. В. Психолого-педагогические условия создания и функционирования информационно-образовательного пространства // Педагогическая информатика. 2014. № 1. С. 60–78. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21429230>
9. Роберт И. В., Мухаметзянов И. Ш., Касторнова В. А. Информационно-образовательное пространство. М.: ИУО РАО, 2017. 92 с.
10. Горстко А. Б. Познакомьтесь с математическим моделированием. М.: Знание, 1991. 160 с.
11. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic5. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 400 с.
12. Staker H. C., Chan E., Clayton M., Hernandez A., Horn M. B., Mackey K. The rise of K-12 blended learning: Profiles of emerging models. Innosight Institute, 2011. 184 p. <https://www.christenseninstitute.org/wp-content/uploads/2013/04/The-rise-of-K-12-blended-learning-emerging-models.pdf>
13. Post L. S., Guo P., Saab N., Admiraal W. Effects of remote labs on cognitive, behavioral, and affective learning outcomes in higher education // Computers & Education. 2019. Vol. 140. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103596
14. Морозов А. Д. Введение в теорию фракталов. М.: Институт компьютерных исследований, 2002. 160 с.
15. Мандельброт Б. В. Фрактальная геометрия природы. М.: Институт компьютерных исследований, 2002. 656 с.
16. Кобелев Н. Б., Девятков В. В., Половников В. А. Имитационное моделирование. М.: КУРС, ИНФРА-М, 2013. 368 с.
17. Хуторской А. В. Теоретико-методологические основания инновационных процессов в образовании // Интернет-журнал «Эйдос». 2005.
18. Halverson L. R., Spring K. J., Huyett S., Henrie C. R., Graham C. R. Blended learning research in higher education and K-12 settings // Learning, Design, and Technology: An International Compendium of Theory, Research, Practice, and Policy. Cham: Springer, 2017. P. 1–30. DOI: 10.1007/978-3-319-17727-4_31-1
19. Трусова П. В. Введение в математическое моделирование. М.: Логос, 2005. 440 с.
20. Родионов Ю. В., Гливенкова О. А., Нахман А. Д. Инновационные содержательно-методические линии курса математики // Вопросы современной науки и практики. Университет имени В. И. Вернадского. 2017. № 3. С. 183–192. DOI: 10.17277/voprosy.2017.03.pp.183-192

COMPUTER SIMULATION IN INFORMATICS LESSONS AS A FACTOR OF THE CONTINUITY OF SCHOOL EDUCATION IN TEACHING MATHEMATICAL MODELING

M. E. Korolev¹

¹ *Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University*
284646, Ukraine, Gorlovka, ul. Kirova, 51

Abstract

The article actualizes the need to use elements of computer modeling from school to university when teaching mathematics to engineering students, analyzes the role of simulation models of applied mathematics. The experience of organizing classes using data visualization is presented, the use of simulators and games for studying mathematics in the context of mathematical education, in which students interact with interactive learning environments, is discussed, examples of using computer simulations in the classroom are discussed.

The study lists and characterizes the types of didactic simulations, examines the process of transition of school education using simulators and games into the didactics of mathematics of technical universities using applied mathematics and mathematical modeling to elements of simulation.

A pedagogical experiment of the continuity of school education (section “Information systems and programming” of the Donetsk Republican Small Academy of Sciences for Students) was carried out in teaching applied mathematics, informatics and mathematical modeling (the department “Transport technologies”) students of the engineering and transport direction of Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University.

Keywords: computer simulation, mathematical modeling, applied mathematics, simulation, information systems, visualization.

DOI: 10.32517/0234-0453-2021-36-5-52-58

For citation:

Korolev M. E. Komp'yuternaya simulyatsiya na urokakh informatiki kak faktor preemstvennosti shkol'nogo obrazovaniya pri obuchenii matematicheskomu modelirovaniyu [Computer simulation in informatics lessons as a factor of the continuity of school education in teaching mathematical modeling]. *Informatika i obrazovanie — Informatics and Education*, 2021, no. 5, p. 52–58. (In Russian.)

Received: January 31, 2021.

Accepted: April 6, 2021.

Acknowledgments

The pedagogical experiment “Continuous education system “School-University” was carried out:

- using the equipment and software of the laboratories of the Department of Transport Technologies (Head of the Department, Candidate of Sciences (Engineering), Docent A. N. Dudnikov) of Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Horlovka;
- on the basis of the institution of additional education “Donetsk Republican Small Academy of Sciences for Students” (Director V. A. Zubkov), Donetsk.

About the author

Mark E. Korolev, Candidate of Sciences (Physics and Mathematics), Docent, Associate Professor at the Department “Transport Technologies”, Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Horlovka, Ukraine; kustokust@gmail.com; ORCID: 0000-0001-9570-2432

References

1. Ponomarev R. E. Obrazovatel'noe prostranstvo [Educational space]. Moscow, MAKS Press, 2014. 100 p. (In Russian.)
2. Slobodchikov V. I. Innovatsii v obrazovanii: osnovaniya i smysl [Innovation in education: foundations and meaning]. (In Russian.) Available at: http://www.researcher.ru/methodics/nauka/a_1xizkd.html
3. Korolev M. E. Effektivnost' metodiki obucheniya prikladnoy matematike studentov tekhnicheskikh spetsial'nostej sredstvami igrovyykh modelej na osnove ehvristicheskogo podkhoda [Efficiency of teaching applied mathematics of students of technical specialties by means of game models on the basis of a heuristic approach]. *Didaktika matematiki: problemy i issledovaniya — Didactics of Mathematics: Problems and Investigations*, 2020, no. 51, p. 53–60. (In Russian.)
4. Skafa E. I., Drozd M. V. Metodologicheskij podkhod k ponimaniyu roli ehvristicheskoy zadachi v matematicheskom obrazovanii shkol'nikov [The methodical approach to understanding the role of the heuristic task]. *Didaktika matematiki: problemy i issledovaniya — Didactics of Mathematics: Problems and Investigations*, 2017, no. 46, p. 15–20. (In Russian.)
5. Skafa E. I. Ehvristicheskoe obuchenie matematike: teoriya, metodika, tekhnologiya [Heuristic teaching of mathematics: theory, methodology, technology]. Donetsk, DonNU, 2004. 440 p. (In Russian.)
6. Korolev M. E. Teoretiko-metodicheskie osnovy razvitiya issledovatel'skoj deyatel'nosti budushhih inzhenerov [Theoretical-methodological foundations for the development of research activities of future engineers]. *Nauchnye gorizonty — Scientific Horizons*, 2020, no. 8, p. 72–78. (In Russian.) Available at: https://www.sciencehorizon.ru/wp-content/uploads/2017/08/Nauchnye_gorizontyi_8_36_2020.pdf
7. Nakhman A. D. Osnovnye aspekty obucheniya matematicheskomu modelirovaniyu v sisteme “shkola-vuz” [Key aspects of training of mathematical modeling in the system “school-higher educational institution”]. *Nauchnoe obozrenie. Pedagogicheskie nauki — Scientific Review. Pedagogical Sciences*, 2016, no. 5, p. 41–56. (In Russian.) Available at: <https://science-pedagogy.ru/ru/article/view?id=1533>
8. Robert I. V. Psikhologo-pedagogicheskie usloviya sozdaniya i funkcionirovaniya informatsionno-obrazovatel'nogo prostranstva [Psychological and pedagogical conditions for the creation and functioning of information and educational space]. *Pedagogicheskaya informatika — Pedagogical Informatics*, 2014, no. 1, p. 60–78. (In Russian.)
9. Robert I. V., Mukhametzyanov I. Sh., Kastornova V. A. Informatsionno-obrazovatel'noe prostranstvo [Information and educational space]. Moscow, IUO RAO, 2017. 92 p. (In Russian.)
10. Gorstko A. B. Poznakom'tes's matematicheskim modelirovaniem [Get to know mathematical modeling]. Moscow, Znanie, 1991. 160 p. (In Russian.)
11. Karpov Yu. G. Imitatsionnoe modelirovanie sistem. Vvedenie v modelirovanie s AnyLogic5 [Simulation of systems. Introduction to modeling with AnyLogic5]. Saint Petersburg, BKHV-Peterburg, 2009. 400 p. (In Russian.)
12. Staker H. C., Chan E., Clayton M., Hernandez A., Horn M. B., Mackey K. The rise of K-12 blended learning: Profiles of emerging models. Innosight Institute, 2011. 184 p. Available at: <https://www.christenseninstitute.org/wp-content/uploads/2013/04/The-rise-of-K-12-blended-learning-emerging-models.pdf>
13. Post L. S., Guo P., Saab N., Admiraal W. Effects of remote labs on cognitive, behavioral, and affective learning outcomes in higher education. *Computers & Education*, 2019, vol. 140. DOI: 10.1016/j.compedu.2019.103596
14. Morozov A. D. Vvedenie v teoriyu fraktalov [Introduction to fractal theory]. Moscow, Institute for Computer Research, 2002. 160 p. (In Russian.)
15. Mandelbrot B. B. Fraktal'naya geometriya prirody [Fractal geometry of nature]. Moscow, Institute for Computer Research, 2002. 656 p. (In Russian.)
16. Kobelev N. B., Devyatkov V. V., Polovnikov V. A. Imitatsionnoe modelirovanie [Simulation modeling]. Moscow, KURS, INFRA-M, 2013. 368 p. (In Russian.)
17. Khutorskoy A. V. Teoretiko-metodologicheskie osnovaniya innovatsionnykh protsessov v obrazovanii [Theoretical and methodological foundations of innovative processes in education]. *Internet-zhurnal “Ehidos” — Internet magazine “Eidos”*, 2005. (In Russian.)
18. Halverson L. R., Spring K. J., Huyett S., Henrie C. R., Graham C. R. Blended learning research in higher education and K-12 settings. *Learning, Design, and Technology: An International Compendium of Theory, Research, Practice, and Policy*. Cham, Springer, 2017, p. 1–30. DOI: 10.1007/978-3-319-17727-4_31-1
19. Trusova P. V. Vvedenie v matematicheskoe modelirovanie [Introduction to mathematical modeling]. Moscow, Logos, 2005. 440 p. (In Russian.)
20. Rodionov Yu. V., Glivenkova O. A., Nakhman A. D. Innovatsionnye soderzhatel'no-metodicheskie linii kursa matematiki [Innovative content lines in the mathematics course]. *Voprosy sovremennoy nauki i praktiki. Universitet imeni V. I. Vernadskogo — Problems of Contemporary Science and Practice. Vernadsky University*, 2017, no. 3, p. 183–192. (In Russian.) DOI: 10.17277/voprosy.2017.03.pp.183-192