

Научная статья

УДК 378.147.88

doi: 10.20323/1813-145X-2021-6-123-16-21

### Развитие навыков исследовательской деятельности будущих учителей информатики на примере решения задач по моделированию физических процессов

Зоя Александровна Кононова<sup>1✉</sup>, Светлана Олеговна Алтухова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кандидат технических наук, доцент кафедры информатики, информационных технологий и защиты информации ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П. П. Семенова-Тян-Шанского». 398050, г. Липецк, ул. Плеханова, д. 32

<sup>2</sup>Кандидат педагогических наук, доцент кафедры информатики, информационных технологий и защиты информации ФГБОУ ВО «Липецкий государственный педагогический университет имени П. П. Семенова-Тян-Шанского». 398050, г. Липецк, ул. Плеханова, д. 32

<sup>1</sup>kononovazoy@gmail.com ✉, <https://orcid.org/0000-0003-0225-4138>

<sup>2</sup>sv\_altuhova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9241-8639>

**Аннотация.** Статья посвящена вопросам развития навыков исследовательской деятельности будущих учителей информатики, способных самостоятельно разрабатывать и воплощать в своей профессиональной деятельности различные методы, средства, технологические процессы и др. Данный подход к обучению позволит сформировать готовность студентов к инновационному решению научно-исследовательских задач, что является основой для развития ключевых компетенций будущего учителя информатики. Моделирование в области решения прикладных задач активно используется в Липецком государственном педагогическом университете имени П. П. Семенова-Тян-Шанского при обучении студентов.

В связи с растущими требованиями, предъявляемыми к решению проблем естественно-научных дисциплин и конкретных технологических задач, возникает необходимость в проведении сложных математических расчетов, которые возможно выполнить только с применением компьютерной техники. Подобные задачи появились и в таких областях знания, как физика, химия, биология, экология, машиностроение.

В статье приведен пример построения физической модели при изучении влияния температуры на изменение мольной теплоемкости, по Дебаю. Рассмотренный процесс решения задачи позволяет развивать навыки исследовательской деятельности через последовательную реализацию этапов постановки задачи, описания математической модели ее решения, перевода в компьютерную модель с использованием языка программирования высокого уровня.

**Ключевые слова:** исследовательская деятельность, компьютерная модель, математическая модель, программирование, обучение

**Для цитирования:** Кононова З. А., Алтухова С. О. Развитие навыков исследовательской деятельности будущих учителей информатики на примере решения задач по моделированию физических процессов // Ярославский педагогический вестник. 2021. № 6 (123). С. 16-21. <http://dx.doi.org/10.20323/1813-145X-2021-6-123-16-21>.

Original article

### Research skills development of future computer science teachers using problem solving of modeling physical processes

Zoya A. Kononova<sup>1✉</sup>, Svetlana O. Altukhova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Candidate of technical sciences, associate professor of the department of informatics, information technology and information protection, FSBEI HE «Lipetsk state pedagogical university named after P. P. Semenov-Tyan-Shansky». 398050, Lipetsk, Plekhanov st., 32

<sup>2</sup>Candidate of pedagogical sciences, associate professor of the department of informatics, information technology and information protection, FSBEI HE «Lipetsk state pedagogical university named after P. P. Semenov-Tyan-Shansky». 398050, Lipetsk, Plekhanov st., 32

<sup>1</sup>kononovazoy@gmail.com ✉, <https://orcid.org/0000-0003-0225-4138>

<sup>2</sup>sv\_altuhova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9241-8639>

**Abstract.** The article is devoted to the issues of developing the skills of research activities of future computer science teachers who are able to develop and implement various methods, tools, technological processes, etc. independently in their professional activities. This approach to learning will allow students to be prepared for innovative solutions to research problems, which is the basis for the development of key competencies of a future computer science teacher. Modeling in the field of solving applied problems is actively used in Lipetsk State Pedagogical University named after P. P. Semenov-Tyan-Shansky when teaching students.

Due to the growing demands placed on solving problems of natural science disciplines and specific technological tasks, there is a need for complex mathematical calculations that can be performed only with the use of computer technology. Similar tasks have appeared in such fields of knowledge as physics, chemistry, biology, ecology, mechanical engineering.

The article provides an example of constructing a physical model when studying the effect of temperature on the change in molar heat capacity by Debye. The considered process of solving the problem allows you to develop the skills of research activity through the successive following stages: problem statement, description of the mathematical model of solving the problem, translation of this model into a computer model using a high-level programming language.

**Keywords:** research activity, computer model, mathematical model, programming, training

**For citation:** Kononova Z. A., Altukhova S. O. Research skills development of future computer science teachers using problem solving of modeling physical processes. *Yaroslavl pedagogical bulletin*. 2021;(6):16-21. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.20323/1813-145X-2021-6-123-16-21>.

## Введение

Современные тенденции в любой профессиональной сфере направлены на подготовку не просто квалифицированных кадров, а людей, способных самостоятельно разрабатывать и воплощать в своей профессиональной деятельности различные методы, средства, технологические процессы и др. Подготовка будущих специалистов, способных заинтересовать, показать, научить, необходимо осуществлять не только в технических, но и в педагогических вузах в рамках изучения таких учебных дисциплин, как «Информатика», «Программирование» и др.

Применение информационных систем в обучении позволяет развивать и расширять возможности системного видения мира, устанавливать межпредметные связи информатики с другими науками, формировать исследовательскую деятельность в области решения прикладных задач на основе широкого спектра возможностей информатики и ИКТ в целом. Ярким примером подобного утверждения являются такие разделы информатики, как «Информационные модели», «Информационные системы». Но чтобы этот результат был достижим, необходимо в процессе подготовки будущего учителя информатики уделять внимание курсам программирования практических задач по моделированию различных процессов и явлений [Маркович, 2019]. Такой подход уже не первый год реализуется в Липецком государственном педагогическом университете имени П. П. Семенова-Тян-Шанского при обучении студентов, обучающихся по направлению подготовки «Педагогическое образование» с профилем подготовки «Информатика».

Будущие учителя информатики должны полу-

чать знания не только по техническим, но и по основным естественно-научным дисциплинам. В данном случае речь идет не о философском направлении в естествознании, а об изучении фундаментальных законов природы с обязательным решением практических задач [Глухов, 1997; Кононова, 2018; Кононова, 2012; Шеннон, 1978]. Но одного изучения теоретических основ физики, химии, экологии недостаточно — необходимо научиться моделировать физические, химические, биологические и прочие технологические процессы и объекты, чтобы эти модели можно было обсчитать на компьютере [Абдуразаков, 2017; Колесов, 2012; Павловский, 2008; Семакин, 2017; Соколовский, 2009]. Проведение лабораторных экспериментов не всегда представляется возможным по ряду причин: в силу отсутствия лабораторной базы, огромных затрат на осуществление какого-либо эксперимента и прочее. В этой ситуации вычислительный эксперимент дает такую возможность. Разумное сочетание аналитических и численных методов является необходимым для решения поставленной задачи [Заварькин, 1990]. Основой вычислительного эксперимента является математическое моделирование, теоретической базой — прикладная математика, технической базой — информационно-коммуникационные технологии [Fishwick, 1995]. Использование вычислительного эксперимента как средства решения сложных прикладных задач имеет в каждом конкретном случае специфические особенности, тем не менее, всегда просматриваются общие характерные основные черты, позволяющие говорить о единой структуре процесса [Демидович, 1966; Могилев, 2003; Самарский, 2005].

Таким образом, мы подошли к необходимости преподавать студентам, обучающимся по специальностям, связанным с информационными технологиями, дисциплину «Компьютерное моделирование», либо включать ее как составную часть в «Программирование». Важно научить студентов вычленять наиболее значимые параметры натуральных объектов и процессов и отбрасывать малозначимые параметры для каждого конкретного процесса. Будущий специалист должен уметь самостоятельно выбирать математический способ решения поставленных задач или проблем [Князев, 2017; Маркович, 2019; Черных, 2018]. Таким образом, уместно говорить об умении однозначно поставить вычислительный эксперимент. Конечно, нельзя требовать от студентов доскональных знаний в каждой области естествознания, но сформировать некоторые навыки моделирования в естественно-научных дисциплинах вполне возможно. Подобная тематика задач позволяет не только научиться применять методы программирования к их решению, но и развить навыки алгоритмизации. Содержание дисциплины «Программирование» выстроено последовательно от простого к сложному и представляет собой продолжение дисциплины «Информатика», где в том числе закладывались начала алгоритмизации. При изучении программирования на языках высокого уровня эти навыки развиваются применительно к задачам информатики и математики [Кудрявцев, 1989]. Как нам кажется, умение выстраивать рациональный алгоритм решения прикладных технических задач поможет будущим специалистам в области информационных технологий применять полученные знания не только в узконаправ-

ленных областях, но и в интеграции с другими науками.

### Методы исследования

Рассмотрим реализацию исследовательской деятельности студентов на примере решения задачи по определению мольной теплоемкости веществ, по Дебаю [Кононова, 2016; Кононова, 2017].

Мольная теплоемкость металлов зависит от температуры  $T$  (К) и температуры Дебая  $\Theta$  (К), которая является характеристическим свойством каждого металла. Рассчитать определенный интеграл, который аналитическими методами вычислить невозможно, можно, применив численное интегрирование, в частности метод Симпсона. Теплоемкость ( $C_v$ ) зависит не от абсолютных значений температур  $T$  и  $\Theta$ , а от отношения  $\Theta/T$ . Обозначив за  $z$  максимальное значение отношения  $\Theta/T$ , а за  $x$  — текущие значения при различных температурах  $\Theta/T$ , получим формулу Дебая вида:

$$C_v = \frac{9 * R}{z^3} * \int_0^z x^4 * \frac{e^x}{(e^x - 1)^2} * dx, \quad (1)$$

где  $R$  — универсальная газовая постоянная.

С увеличением температуры мольная теплоемкость при постоянном объеме  $C_v$  приближается к классическому значению  $3 * R$ .

Согласно описанным ранее выкладкам и определению интеграла его расчет можно свести к вычислению суммы изменений производной функции на минимальном интервале аргумента, умноженных на этот минимальный интервал. Модель определения теплоемкости в этом случае будет иметь следующий вид:

$$C_v[k] = C_v[k - 1] + \frac{9 * R}{z^3} * x[k]^4 * \frac{e^{x[k]}}{(e^{x[k]} - 1)^2} * dx, \quad (2)$$

Способ решения дифференциальных уравнений, которыми можно описать физические процессы, выбираем согласно принципу, подробно описанному в наших статьях [Кононова, 2008; Кононова, 2012]. Этот подход позволяет не просто решить прикладную задачу, а провести вычислительный эксперимент. Более того, данный способ поможет минимизировать ошибки, появляющиеся при решении сложных дифференциальных и интегральных уравнений и их систем.

На данном этапе завершается разработка тематической модели решения задачи и происходит переход к ее (задачи) компьютерной реализации.

### Результаты исследования

Для компьютерной реализации выбрана среда программирования Embarcadero Delphi 10, позволяющая выстраивать удобный интерфейс, быстро и корректно проводить необходимые расчеты. К преимуществам разработанных программ можно отнести возможность работы исполняемого проекта на компьютерах без установки среды программирования.

Для удобства расчетов и сохранения полученных данных удобно использовать массивы переменных. В процессе обучения в нашем вузе прививаются навыки написания не просто рацио-

нальных алгоритмов, но и удобных для пользователя интерфейсов программ. Работает правило: «пользователь — не программист, он не должен разбираться в коде программы, все необходимые данные и инструменты работы должны быть отражены в интерфейсе исполняемого файла».

Кроме вывода графика, результаты моделирования можно представлять в виде таблиц значений. Программа выполняет моделирование изменений мольной теплоемкости вещества в зависимости от изменения текущей температуры.

В программе предусмотрено обновление исходных данных, что позволяет выполнять ее при разных входных данных без перезапуска. В качестве исходных данных вводятся начальная тем-

пература, конечная температура нагрева, температуру Дебая можно выбрать из приводимой таблицы или ввести другое значение, шаг изменения температуры выбран 5К. Расчет теплоемкости веществ в программе представлен следующим кодом:

```
t[i] := t[i-1]-dt;
x[i] := q / t[i];
cv[i] := cv[i-1]+(9*8.31 / power(x[i],3) * ((power(x[i],4) * exp(x[i]) / sqrt(exp(x[i])-1)))));
```

В результате работы программы выводится графическая зависимость изменения теплоемкости по Дебаю от изменения температуры при двух различных значениях температуры Дебая (рисунки 1, 2).

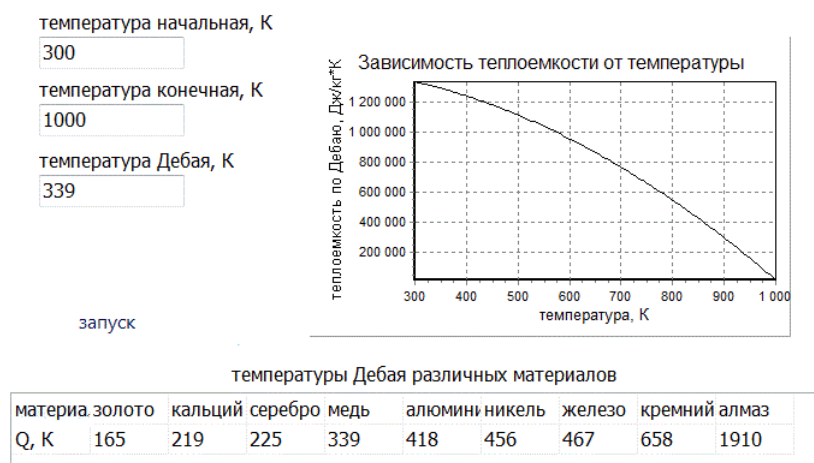


Рис. 1. Результаты выполнения расчетов при табличных значениях температуры Дебая

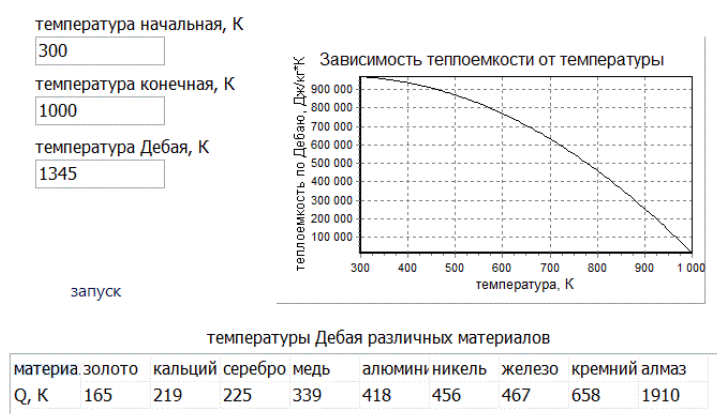


Рис. 2. Результаты выполнения расчетов при произвольных значениях температуры Дебая

**Заключение**

Рассмотренный процесс решения задачи поз-

воляет развивать навыки исследовательской деятельности через последовательное выполнение

следующих этапов: постановка задачи, описание математической модели ее решения, перевод этой модели в компьютерную модель с использованием языка программирования высокого уровня. Эти навыки позволяют экономить значительные ресурсы, направлять их на проработку конкретной задачи. Кроме того, моделирование становится основой для интеграции различных научных дисциплин, а также теории и практики. Поэтому очень важно развивать подобные компетенции. По сути, студенты, освоившие моделирование, становятся «универсальными» специалистами, способными успешно решать широкий спектр социально-экономических, производственных и научных задач.

### Библиографический список

- Абдуразаков М. М. Математическое моделирование как средство обучения / М. М. Абдуразаков, О. Дорджпалам // Балтийский гуманитарный журнал. 2017. 4(21). С. 223-226.
- Глухов В. В. Экономические основы экологии / В. В. Глухов, Т. В. Лисочкина, Т. П. Некрасова. Санкт-Петербург : Специальная литература, 1997. 304 с.
- Демидович Б. П. Основы вычислительной математики / Б. П. Демидович, И. А. Марон. Москва : Наука, 1966. 664 с.
- Заварыкин В. М. Численные методы / В. М. Заварыкин, В. Г. Житомирский, М. П. Лапчик. Москва : Просвещение, 1990. 176 с.
- Князев Н. П. Программный модуль расчета надежности комбинированной информационной системы / Н. П. Князев, Д. М. Скуднел // Новые информационные технологии в научных исследованиях НИТ-2017 : материалы XXII Всероссийской научно-технической конференции студентов, молодых ученых и специалистов. Рязань : РГУ, 2017. С. 155-156.
- Колесов Ю. Б. Системное моделирование. Динамические и гибридные системы / Ю. Б. Колесов, Ю. Б. Сениченков. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2012. 224 с.
- Кононова З. А. Компьютерное моделирование. Физика : учебное пособие. Издание 2-е, дополненное и переработанное / З. А. Кононова, С. О. Алтухова, Г. А. Воробьев, Г. И. Белозерова. Липецк : ЛГПУ имени П. П. Семенова-Тян-Шанского, 2016. Часть I. 143 с.
- Кононова З. А. Компьютерное моделирование. Физика : учебное пособие. Издание 2-е, дополненное и переработанное / З. А. Кононова, С. О. Алтухова, Г. А. Воробьев, Г. И. Белозерова. Липецк : ЛГПУ имени П. П. Семенова-Тян-Шанского, 2017. Часть II. 78 с.
- Кононова З. А. Компьютерное моделирование. Экология : практикум / З. А. Кононова, С. О. Алтухова, Г. А. Воробьев. Липецк : Липецкий государственный педагогический университет им. П. П. Семенова-Тян-Шанского, 2018. 101 с.
- Кононова З. А. Применение способа расчета интегралов на ЭВМ при моделировании физических процессов // Проблемы непрерывного образования: проектирование, управление, функционирование : материалы X Международной научно-практической конференции. Липецк : ЛГПУ, 2012. С. 187-192.
- Кононова З. А. Расчет интегралов на ЭВМ // В сборнике: Проблемы непрерывного образования: проектирование, управление, функционирование : материалы международной научно-практической конференции : в 3-х частях. Федеральное агентство по образованию, ответственный редактор Ю. В. Шмарион. Липецк : ЛГПУ, 2008. С. 135-141.
- Кудрявцев В. А. Краткий курс высшей математики. Издание седьмое, исправленное / В. А. Кудрявцев, Б. П. Демидович. Москва : Наука, 1989. 656 с.
- Маркович О. С. Оценка эффективности использования кейс-технологии в обучении компьютерному моделированию будущих учителей информатики / О. С. Маркович, А. Н. Сергеев // Журнал информатизации в образовании. РУДН. 2019. 16(4). С. 351-364.
- Могилев А. В. Информатика / А. В. Могилев, Н. И. Пак, Е. К. Хеннер. Москва : АКАДЕМИЯ, 2003. 816 с.
- Павловский Ю. Н. Имитационное моделирование / Ю. Н. Павловский, Н. В. Белотелов, Ю. И. Бродский. Москва : Академия, 2008. 234 с.
- Самарский А. А. Математическое моделирование: Идеи. Методы. Примеры / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. Москва : Наука, 2005. 320 с.
- Семакин И. Г. Программирование, численные методы и математическое моделирование / И. Г. Семакин, О. Л. Русакова, Е. Л. Тарунин, А. Р. Шкарапута. Москва : Кнорус, 2017. 304 с.
- Соколовский Дж. А. Принципы моделирования и симуляции / Дж. А. Соколовский, С. М. Бэнкс. Нью-Джерси : Джон Уайли и сыновья, 2009. 280 с.
- Черных Т. А. Возможности использования электронных средств обучения для развития познавательной активности студентов / Т. А. Черных, Ю. А. Рубцова // Открытое образование. 2018. Т. 22. № 2. С. 54-60.
- Шеннон Э. Р. Моделирование систем: Искусство и наука. Москва : Мир, 1978. 418 с.
- Fishwick A. P. Simulation Model Design and Execution: Building Digital Worlds. NJ : Prentice Hall, 1995. p. 448.

### Reference list

- Abdurazakov M. M. Matematicheskoe modelirovanie kak sredstvo obuchenija = Mathematical Modeling as a Learning Tool / M. M. Abdurazakov, O. Dordzhpalam // Baltijskij humanitarnyj zhurnal. 2017. 4(21). S. 223-226.
- Gluhov V. V. Jekonomicheskie osnovy jekologii = Economic fundamentals of ecology / V. V. Gluhov, T. V. Lisochkina, T. P. Nekrasova. Sankt-Peterburg : Special'naja literatura, 1997. 304 s.
- Demidovich B. P. Osnovy vychislitel'noj matematiki = Fundamentals of computational mathematics / B. P. Demidovich, I. A. Maron. Moskva : Nauka, 1966. 664 s.

Zavarykin V. M. Chislennye metody = Numerical methods / V. M. Zavarykin, V. G. Zhitomirskij, M. P. Lapchik. Moskva : Prosveshhenie, 1990. 176 s.

Knjazev N. P. Programmnyj modul' rascheta nadezhnosti kombinirovannoj informacionnoj sistemy = Software module for calculation of reliability of the combined information system / N. P. Knjazev, D. M. Skudnev // Novye informacionnye tehnologii v nauchnyh issledovaniyah NIT-2017 : materialy XXII Vserossijskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii studentov, molodyh uchenyh i specialistov. Rjazan' : RGU, 2017. S. 155-156.

Kolesov Ju. B. Sistemnoe modelirovanie. Dinamicheskie i gibridnye sistemy = System modeling. Dynamic and hybrid systems / Ju. B. Kolesov, Ju. B. Senichenkov. Sankt-Peterburg : BHV-Peterburg, 2012. 224 s.

Kononova Z. A. Komp'yuternoe modelirovanie. Fizika = Computer simulation. Physics : uchebnoe posobie. Izdanie 2 e, dopolnennoe i pererabotannoe / Z. A. Kononova, S. O. Altuhova, G. A. Vorob'ev, G. I. Belozerovala. Lipeck : LGPU imeni P. P. Semenova-Tjan-Shanskogo, 2016. Chast' I. 143 s.

Kononova Z. A. Komp'yuternoe modelirovanie. Fizika = Computer simulation. Physics : uchebnoe posobie. Izdanie 2 e, dopolnennoe i pererabotannoe / Z. A. Kononova, S. O. Altuhova, G. A. Vorob'ev, G. I. Belozerovala. Lipeck : LGPU imeni P. P. Semenova-Tjan-Shanskogo, 2017. Chast' II. 78 s.

Kononova Z. A. Komp'yuternoe modelirovanie. Jekologija = Computer simulation. Ecology : praktikum / Z. A. Kononova, S. O. Altuhova, G. A. Vorob'ev. Lipeck : Lipeckij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet im. P. P. Semenova-Tjan-Shanskogo, 2018. 101 s.

Kononova Z. A. Primenenie sposoba rascheta integralov na JeVM pri modelirovanii fizicheskikh processov = Application of the method of calculation of integrals on computers in simulation of physical processes // Problemy nepreryvnogo obrazovaniya: proektirovanie, upravlenie, funkcionirovanie : materialy = X Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. Lipeck : LGPU, 2012. S. 187-192.

Kononova Z. A. Raschet integralov na JeVM Calculation of computer integrals // Problemy nepreryvnogo obrazovaniya: proektirovanie, upravlenie, funkcionirovanie : materialy mezhdunarodnoj nauchno-

prakticheskoy konferencii : v 3 h chastjah / Federal'noe agentstvo po obrazovaniju, otvetstvennyj redaktor Ju. V. Shmarion. Lipeck : LGPU, 2008. S. 135-141.

Kudrjavcev V. A. Kratkij kurs vysshej matematiki = Short course in higher mathematics. Izdanie sed'moe, ispravlennoe / V. A. Kudrjavcev, B. P. Demidovich. Moskva : Nauka, 1989. 656 s.

Markovich O. S. Ocenka jeffektivnosti ispol'zovanija kejs-tehnologii v obuchenii komp'yuternomu modelirovaniju budushhih uchitelej informatiki = Assessing the effectiveness of case technology in computer simulation training for future computer science teachers / O. S. Markovich, A. N. Sergeev // Zhurnal informatizacii v obrazovanii. RUDN. 2019. 16(4). S. 351-364.

Mogilev A. V. Informatika = Computer science / A. V. Mogilev, N. I. Pak, E. K. Henner. Moskva : AKADEMIJA, 2003. 816 s.

Pavlovskij Ju. N. Imitacionnoe modelirovanie = Simulation modeling / Ju. N. Pavlovskij, N. V. Belotelov, Ju. I. Brodskij. Moskva : Akademiya, 2008. 234 s.

Samarskij A. A. Matematicheskoe modelirovanie: Idei. Metody. Primery = Mathematical modeling: Ideas. Methods. Examples / A. A. Samarskij, A. P. Mihajlov. Moskva : Nauka, 2005. 320 s.

Semakin I. G. Programirovanie, chislennye metody i matematicheskoe modelirovanie = Programming, numerical methods and mathematical modeling / I. G. Semakin, O. L. Rusakova, E. L. Tarunin, A. R. Shkaraputa. Moskva : Knorus, 2017. 304 s.

Sokolovskij Dzh. A. Principy modelirovaniya i simuljacii = Modeling and simulation principles / Dzh. A. Sokolovskij, S. M. Bjenks. N'ju-Dzhersi : Dzhon Uajli i synov'ja, 2009. 280 s.

Chernyh T. A. Vozmozhnosti ispol'zovanija jelektronnyh sredstv obuchenija dlja razvitija poznavatel'noj aktivnosti studentov = E-Learning opportunities for students' cognitive development / T. A. Chernyh, Ju. A. Rubcova // Otkrytoe obrazovanie. 2018. T. 22. № 2. S. 54-60.

Shennon Je. R. Modelirovanie sistem: Iskusstvo i nauka = Systems modeling: art and science. Moskva : Mir, 1978. 418 s.

Fishwick A. P. Simulation Model Design and Execution: Building Digital Worlds. NJ : Prentice Hall, 1995. p. 448.

Статья поступила в редакцию 19.10.2021; одобрена после рецензирования 11.11.2021; принята к публикации 23.11.2021.

The article was submitted on 19.10.2021; approved after reviewing 11.11.2021; accepted for publication on 23.11.2021.