

DOI: 10.24888/2500-1957-2025-1-55-65

УДК
378.147**РАЗВИТИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ БУДУЩИХ
ИНЖЕНЕРОВ В ВУЗОВСКОМ КУРСЕ МАТЕМАТИКИ****Куликова Ирина Валерьевна**
старший преподаватель
ivkulikova@usurt.ru
г. ЕкатеринбургУральский государственный университет
путей сообщения

Аннотация. В работе рассматривается проблема применения систем компьютерной математики при решении математических задач студентами, обучающимися на специальностях и направлениях подготовки в сфере техники и технологии наземного транспорта. Представлены результаты контент-анализа понятия вычислительного мышления студентов различных специальностей и направлений подготовки в процессе их обучения общенаучным и специальным дисциплинам. В контексте исследуемой проблемы вычислительное мышление рассматривается как процесс программирования алгоритма решения задачи с использованием систем компьютерной математики. Предлагается при изучении вузовского курса математики использовать специальные дидактические задания (комплексные компьютерно-математические), выполнение которых предусматривает обязательное применение системы компьютерной математики Mathcad. Формулировка таких заданий осуществляется на основе модификации содержания стандартных математических задач с дополнением условия обязательного использования системы компьютерной математики Mathcad для нахождения количественных значений искомых величин. В статье представлены задания на решение системы линейных алгебраических уравнений (четыре уравнения и четыре неизвестных) с многозначными нецелыми значениями свободных членов и коэффициентами перед неизвестными, построение в трёхмерной системе прямоугольных координат графика поверхности функции двух переменных, которая имеет точки экстремума и стационарные точки, имитационное моделирование случайного события для вычисления его относительной частоты. Выполнение предлагаемых комплексных компьютерно-математических заданий предопределяет необходимость прохождения таких этапов, как восприятие учебной задачи, определение математической модели, построение алгоритма решения задачи, программирование вычислительных действий, анализ полученных результатов. Отмеченные этапы создают благоприятные условия для активизации познавательной деятельности студентов и развитию их вычислительного мышления.

Ключевые слова: вычислительное мышление, компьютерная математика, дидактические задания, информационные технологии, математическая подготовка

Введение

Совершенствование математической подготовки современных студентов, обучающихся на технических специальностях и направлениях подготовки, выступает важной научно-методической задачей. Одним из направлений её решения в условиях

информатизации рассматривается применение программных приложений компьютера в процессе обучения математике, что требует от преподавателя понимания необходимости развития вычислительного мышления студентов. Член-корреспондент Российской академии образования, профессор Е.К. Хеннер, исследуя проблему вычислительного мышления в контексте подготовки специалистов в сфере информационных технологий, определяет его как «набор когнитивных и некогнитивных метанавыков, создающих базу и формирующих предрасположенность к решению проблем с помощью информационных технологий» (Хеннер, 2024). Будущим инженерам в сфере промышленного производства, строительства, транспорта также необходимо вычислительное мышление, но его формирование на уровне метанавыков маловероятно, так как программа обучения не предусматривает погружения в теорию алгоритмов, языки программирования и особенности строения вычислительной техники.

В опубликованном аналитическом отчёте Е.К. Хеннер отмечает, что феномен взаимодействия человека и компьютера для решения различных задач рассматривался достаточно давно. В 80-х годах XX века процесс, который включал в себя разработку, представление, тестирование и отладку процедур, представляющих собой набор пошаговых инструкций, каждая из которых может быть интерпретирована и исполнена специальным исполнителем, таким как компьютер или автоматическое оборудование, Сеймур Пейперт определил как процессуальное мышление (Пейперт, 1989). Предложенный термин не получил широкого распространения, но впоследствии его содержание расширилось и преобразовалось в понятие вычислительного мышления (Хеннер, 2016). В работе «*The Long Quest for Computational Thinking*» появление проблемы вычислительного мышления также соотносится с именем С. Пейперта (Tedre, Denning, 2016).

Отечественные и зарубежные исследователи в области информатики, информационных технологий и компьютерных наук в своих работах отмечают, что *Jeanette Wing* в 2006 в своём эссе «*Computational thinking*» (Wing, 2006) описала феномен использования компьютера в обучении школьников и предложила термин «вычислительное мышление» (*computational thinking*). Несколько лет спустя она сформулировала его определение как «мыслительные процессы, участвующие в постановке проблем и их решения таким образом, чтобы решения были представлены в форме, которая может быть эффективно реализована с помощью средств обработки информации» (Wing, 2011). Она отмечает важность формирования вычислительного мышления для каждого человека, который взаимодействует с компьютером.

Современные информационные технологии предоставляют возможность использовать различные компьютерные программы, но при обучении математике в школе и в вузе наибольший интерес представляют те приложения, которые автоматизируют проведение трудоёмких математических расчётов и визуализируют различные функциональные зависимости в виде двухмерных и трёхмерных графиков. Применение в школьном курсе широко распространённой программы *Geogebra* рассматривается в работе (Бельман, Платонова, 2024). Использование специально разработанных программ для проведения математического моделирования физических процессов в научных исследованиях студентов отражено в работе (Лебо, Лебо, Розанова, 2024). Автор учебников и учебных пособий по программированию вычислительных процедур с привлечением электронных технических устройств, профессор В.П. Дьяконов, определяет компьютерную математику как «область науки, образования и проектирования, находящуюся на стыке классической математики и информационных технологий» (Дьяконов, 2015).

В системе высшего образования по подготовке инженеров, профессиональная деятельность которых будет связана с использованием информационных технологий на уровне пользователя, а не разработчика, большое распространение для проведения расчётов получила такая система компьютерной математики, как *Mathcad* (Воскобойников, 2023). Она обладает богатой библиотекой встроенных функций, операторами различных математических преобразований, шаблонами построения двухмерных и трёхмерных

графиков. Визуально-ориентированный язык программирования этой системы упрощает процесс создания пользовательских функций, поэтому её применение достаточно эффективно для совершенствования математической подготовки студентов.

Методология исследования

Методами исследования в данной работе выступают: проблемно-ориентированный анализ нормативной документации вузовского курса математики для специалистов и бакалавров в сфере техники и технологии наземного транспорта; контент-анализ понятия вычислительного мышления; дидактическое моделирование развития вычислительного мышления в процессе решения учебных задач с использованием систем компьютерной математики. Идея исследования состоит в том, что развитие вычислительного мышления моделируется таким образом, чтобы выделяемые в его определении компоненты отображались бы в процессе поиска искомых величин в учебной математической задаче.

Результаты

Изучение дисциплины «Математика» студентами специальностей из группы «Техника и технологии наземного транспорта» входит в программу обучения первых четырёх семестров. Содержание математической подготовки включает не только лекционные и практические занятия, но и самостоятельную работу студентов, на которую отводится существенная доля учебного времени. Деятельность вузовского преподавателя направлена на формирование у студентов системы теоретических знаний об аналитических методах решения математических задач, при этом знакомство студентов с системами компьютерной математики не входит в программу обучения. Большое количество справочной литературы по различным математическим пакетам позволяет студентам, которые проявляют интерес к изучению информатики, самостоятельно использовать их для выполнения контрольных и расчётно-графических работ по различным дисциплинам. Необходимо отметить, что часто они формально применяют листинги программ или нерационально проводят процесс вычислений. Студенты со слабой математической подготовкой предпочитают использовать сервисы, которые предоставляют готовые решения, что отрицательно влияет на качество усвоения знаний и формирование умений. Представляется целесообразным при изложении учебного материала на лекционных занятиях демонстрировать приёмы работы, например, в системе *Mathcad*, которая получила широкое распространение при решении различных прикладных задач. Это создаёт благоприятные условия для формирования мотивации корректного и осознанного использования компьютерной математики в обучении, но требует дополнительных педагогических усилий для развития у студентов вычислительного мышления.

Вычислительное мышление будущих бакалавров математики и компьютерных наук в работе (Клунникова, Пушкарева, 2017) определяются как «когнитивный мыслительный процесс решения задач, который включает пять компонентов (формулировку проблемы, логическую организацию и анализ данных, представление данных с помощью абстракций, автоматизацию данных, обобщение и использование шаблонов)». Вычислительное мышление будущих инженеров в сфере информационных технологий в работе (Чигиринская, Григорьева, Бочкин, Андреева, 2023) определяется как единство структурных компонентов абстракции (формулировка проблемы), автоматизации (представление решения в виде алгоритма) и анализа (исполнение и оценка результата), что предопределяет стратегии его формирования через алгоритмизацию, абстрагирование, декомпозицию, обобщение и рефлекссию. Авторы отмеченных выше работ рассматривают развитие вычислительного мышления студентов в процессе изучения дисциплины «Численные методы», содержание которой включает теорию погрешностей, приближенные методы дифференцирования, интегрирования, решения дифференциальных уравнений, систем алгебраических уравнений, что выступает основой для программирования различных алгоритмов.

Если дисциплина предусматривает решение учебных, прикладных или профессионально-ориентированных задач методами математического моделирования, то её преподавание также может вносить определённый вклад в развитие вычислительного

мышления студентов при использовании информационных технологий для автоматизации расчётов. Например, процесс решения физической задачи может распределяться на четыре этапа (абстрагирование, декомпозицию, алгоритмизацию и обобщение), которые соотносятся с соответствующими компонентами вычислительного мышления и формируются в процессе активизации мыслительной деятельности студентов, направленной на поиск искомой величины (Баранов, 2019). Авторы работы (Алтухова, Кононова, 2021) определяют вычислительное мышление как «мыслительные процессы от определения и постановки проблемы до её решения на основе применения средств автоматизированной обработки информации». В рамках изучения информатики они предлагают осуществлять его формирование на основе составления алгоритмов решения задач и их тестирования при конкретных значениях начальных данных для дальнейшего программирования вычислительных процедур. Вычислительное мышление авторы работы (Щедрина, Иванова, Паливец, 2024) рассматривают как «последовательность таких действий как активация из памяти человека системы образов объектов, связей между ними; постановка проблемы с учётом неопределённости будущего; разработка алгоритма решения и его эффективное воплощение инструментами сетевого профессионально ориентированного курса в рамках знакомства студентов с дисциплиной “Вычислительная техника и сети в отрасли” для бакалавров техники и технологии наземного транспорта».

Вычислительное мышление представляет собой сложное многоаспектное понятие, содержание которого определяется особенностями дисциплин, изучаемых студентами различных специальностей и направлений подготовки. Например, относительно студентов, обучающихся на инженерных специальностях и направлениях подготовки и не планирующих свою дальнейшую профессиональную деятельность в сфере информационных технологий, в рамках изучения математики вычислительное мышление может рассматриваться как процесс программирования алгоритма решения задачи с использованием систем компьютерной математики (Гейн, Куликова, 2024). В этом случае одним из возможных вариантов развития вычислительного мышления студентов выступает включение в учебный процесс комплексных компьютерно-математических заданий (Куликова, Куликова, 2024), выполнение которых требует применения систем компьютерной математики. Предлагаемые задания включают две части: первая – аналитико-математическая и вторая – программно-вычислительная. Первая часть такого задания предполагает составление математической модели взаимосвязи начальных и искомых величин, а вторая часть – составление алгоритма процесса решения и написание листинга программы.

Комплексные компьютерно-математические задания можно составить на основе учебных материалов, которые входят в сборники задач по курсу высшей математики. Вычислительные возможности системы компьютерной математики *Mathcad* создают условия для составления таких учебных заданий, выполнение которых невозможно представить без её использования. Можно выделить три вида таких заданий: 1) автоматизация трудоёмких алгебраических вычислений и сложных математических преобразований, 2) построение графиков функций в различных системах координат, 3) проведение имитационного моделирования с использованием генератора случайных чисел.

Применение автоматизации трудоёмких вычислений целесообразно в тех случаях, когда коэффициенты математической модели заданы многозначными нецелыми числами, а нахождение искомой величины может осуществляться с использованием встроенных функций системы *Mathcad*. Построение графиков функций в различных системах координат очень сложная геометрическая задача, которая не рассматривается в разделах аналитической геометрии и математического анализа. Более успешное формирование мышления будущих инженеров во многом опирается на включение в учебный процесс наглядно-образных представлений математических взаимосвязей, поэтому, например, возможность «увидеть» график функции двух переменных способствует лучшему усвоению понятий точек экстремума и стационарных точек. Познание случайных закономерностей при изучении теории вероятностей в основном опирается на нахождение вероятности события, а не его

относительной частоты, значение которой можно получить только в ходе эмпирических исследований. Применение имитационного моделирования позволяет использовать вычислительный эксперимент для определения количества благоприятных исходов в заданной серии испытаний и сравнить относительную частоту события с его вероятностью.

Процесс решения комплексного компьютерно-математического задания может включать пять этапов: восприятие учебной задачи, определение математической модели, построение алгоритма решения задачи, программирование вычислительных действий, анализ полученных результатов. *Первый этап.* Преподаватель на учебном занятии представляет содержание комплексного компьютерно-математического задания, а студенты фиксируют его условие в своих тетрадах. *Второй этап.* Студенты записывают необходимые расчётные формулы под руководством преподавателя в процессе диалогического общения. *Третий этап.* Обсуждается логическая последовательность нахождения искомой величины и составляется алгоритм решения задачи, который студенты изображают в своей тетради в виде блок-схемы. *Четвёртый этап.* Демонстрируется листинг программы вычислений, составленный на основе представленной блок-схемы алгоритма решения задачи, и проводится его тестирование в системе компьютерной математики *Mathcad*. *Пятый этап.* Анализируются на достоверность полученные с помощью программы результаты вычислений, и формулируется вывод о значениях искомых величин. Рассмотрим прохождение отмеченных этапов на примере решения трёх выделенных выше видов комплексных компьютерно-математических заданий с использованием системы *Mathcad*.

Комплексное компьютерно-математическое задание 1. Пусть задана система линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), которая имеет следующий вид

$$\begin{cases} 1,13x_1 - 5,43x_2 - 4,87x_3 + 9,08x_4 = 10,05, \\ 2,89x_1 + 1,98x_2 + 5,03x_3 - 7,48x_4 = 5,09, \\ 4,31x_1 + 6,51x_2 - 3,82x_3 - 9,53x_4 = -1,08, \\ 7,05x_1 - 2,69x_2 + 3,71x_3 + 8,54x_4 = -2,48. \end{cases}$$

Составьте математическую модель решения СЛАУ методом обратной матрицы, изобразите блок-схему алгоритма решения СЛАУ, запишите листинг программы вычислений в системе компьютерной математики *Mathcad*, найдите значения неизвестных.

Представленная в задании система уравнений имеет нецелые значения свободных членов и коэффициентов перед неизвестными, поэтому использование в этом случае калькулятора *Mathcad* очень проблематично, так как процесс вычислений займёт много времени. Математическая модель нахождения неизвестных представляет собой матричное уравнение, решение которого требует вычисления обратной матрицы системы уравнений и её умножение на матрицу-столбец свободных членов (рис. 1). Автоматизация алгоритма матричных преобразований включена в систему компьютерной математики *Mathcad*, что создаёт благоприятные условия для её использования при решении СЛАУ, которое представляет собой линейный алгоритм выполнения действий над матрицами (рис. 1). Программа вычислений будет включать создание квадратной матрицы и матрицы-столбца, нахождение матрицы неизвестных осуществляется через использование оператора обратной матрицы и её умножения на матрицу-столбец свободных членов. Корректный вывод неизвестных величин с индексом требует присвоения служебной переменной *ORIGIN* значения 1 (автоматически устанавливается значение 0). Написание листинга программы удобно проводить, если предварительно составлена блок-схема алгоритма решения (рис. 1). Можно предложить студентам самостоятельно подставить найденные значения неизвестных в исходные уравнения и убедиться в истинности их равенства.

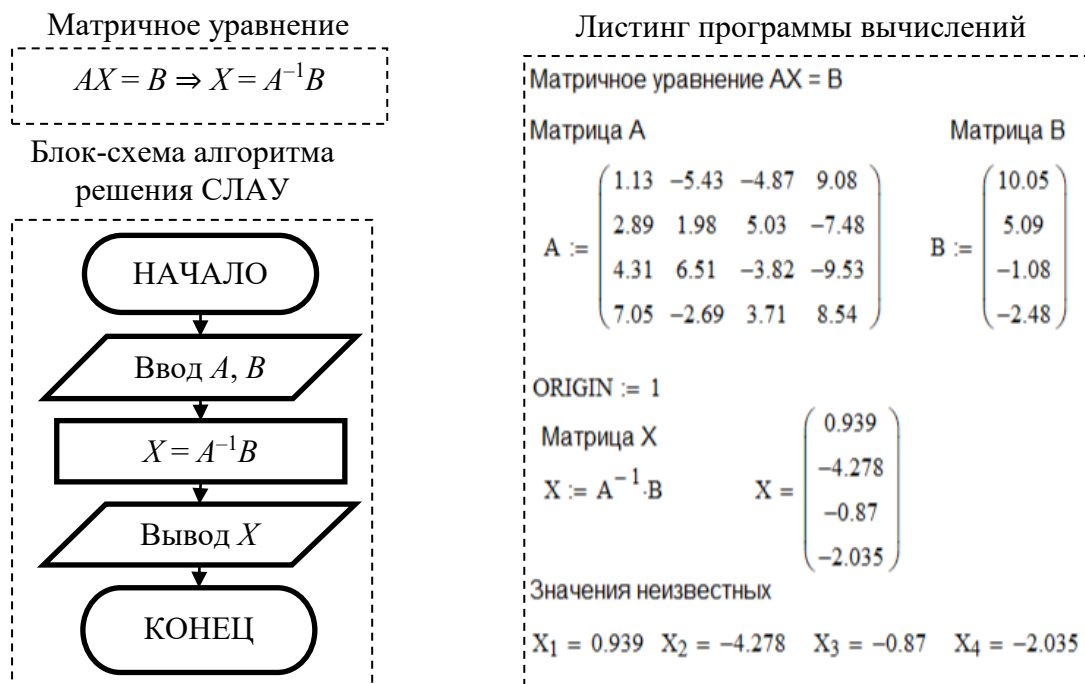


Рис. 1. Решение СЛАУ в системе Mathcad

Комплексное компьютерно-математическое задание 2. Постройте график функции $z(x, y) = x^3 + 3x^2 + 2y^3 - 3y^2 + 5$, используя шаблон трёхмерного графика в системе компьютерной математики Mathcad, если $x \in [-3; 1]$, $y \in [-1; 2]$. Визуально оцените значения координат точек экстремума и значения координат стационарных точек, изменяя ракурс изображения графика функции. Проверьте полученный результат аналитическим методом.

Построение графика функции двух переменных без использования информационных технологий не представляется возможным. Система компьютерной математики Mathcad имеет встроенный шаблон построения трёхмерных графиков (рис. 2).

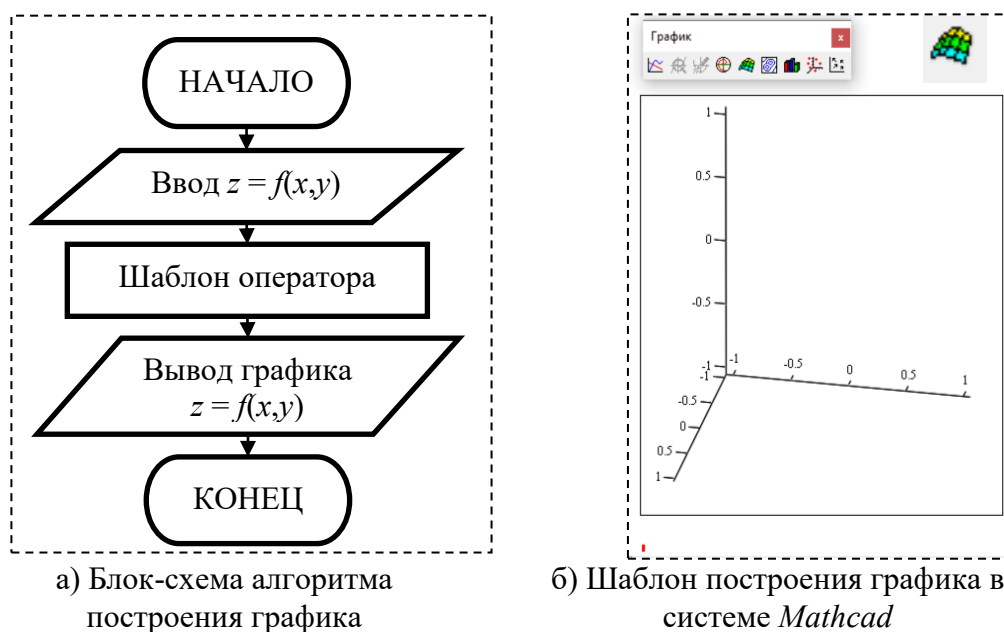


Рис. 2. Шаблон оператора трёхмерного графика в системе Mathcad

Математическая модель функции двух переменных задаётся в виде пользовательской функции $z(x, y)$ (рис. 3). Алгоритм построения такого графика в этом случае будет включать ввод функциональной зависимости, вызов шаблона соответствующего оператора и вывод графика поверхности. Программирование вычислений предполагает запись пользовательской функции $z(x, y)$ и вызов шаблона трёхмерного графика (рис. 3). Установление заданного диапазона независимых переменных облегчает визуальное определение координат точек экстремума и стационарных точек (рис. 3). Возможность изменения ракурса изображения позволяет более точно определить координаты точек экстремума и стационарных точек.

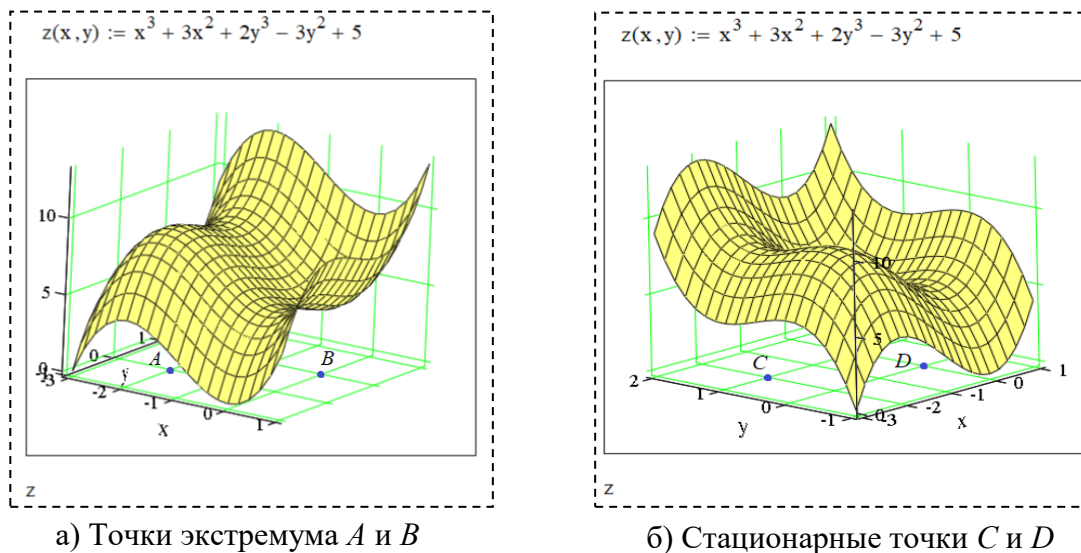


Рис. 3. График функции $z(x, y)$ в системе Mathcad

Комплексное компьютерно-математическое задание 3. Процесс извлечения наудачу шара из коробки в системе компьютерной математики *Mathcad* может моделироваться с помощью функции $rnd(1)$, которая генерирует псевдослучайное число с равномерным распределением от 0 до 1. Пусть в коробке k_1 белых шаров и k_2 черных шаров. Найдите относительную частоту извлечения наудачу белого шара из коробки при имитации многократного повторения опыта, если k_1 равно 6, k_2 – 9 и опыт повторяется 100 раз. Сравните полученный результат с вероятностью этого события. Составьте блок-схему алгоритма имитационного моделирования многократного извлечения наудачу белого шара из коробки и запишите листинг программы в системе *Mathcad*.

Нахождение относительной частоты извлечения белого шара из коробки предполагает выполнение вычислительного эксперимента на основе имитационного моделирования. Программирование вычислений с использованием встроенного генератора псевдослучайных чисел $rnd(1)$ с равномерным законом распределения в интервале от 0 до 1 в системе компьютерной математики *Mathcad* открывает возможности для имитации проведения опыта со случайным исходом (рис. 4). Математической моделью является отношение количества имитаций извлечения белого шара к общему количеству опытов, проведённых в ходе вычислительного эксперимента. Алгоритм имитации проведения такого опыта состоит из ввода начальных данных, цикла со счётчиком, осуществляющего повторение опыта, вычисление вероятности события, вывод искомого значения относительной частоты и вероятности события (рис. 4). Условный оператор *if* определяет наступление необходимого исхода, а оператор цикла со счётчиком *for* позволяет организовать многократное повторение испытания. Завершается решение задачи сравнением значений относительной частоты и вероятности извлечения белого шара из коробки и объяснением их расхождения.

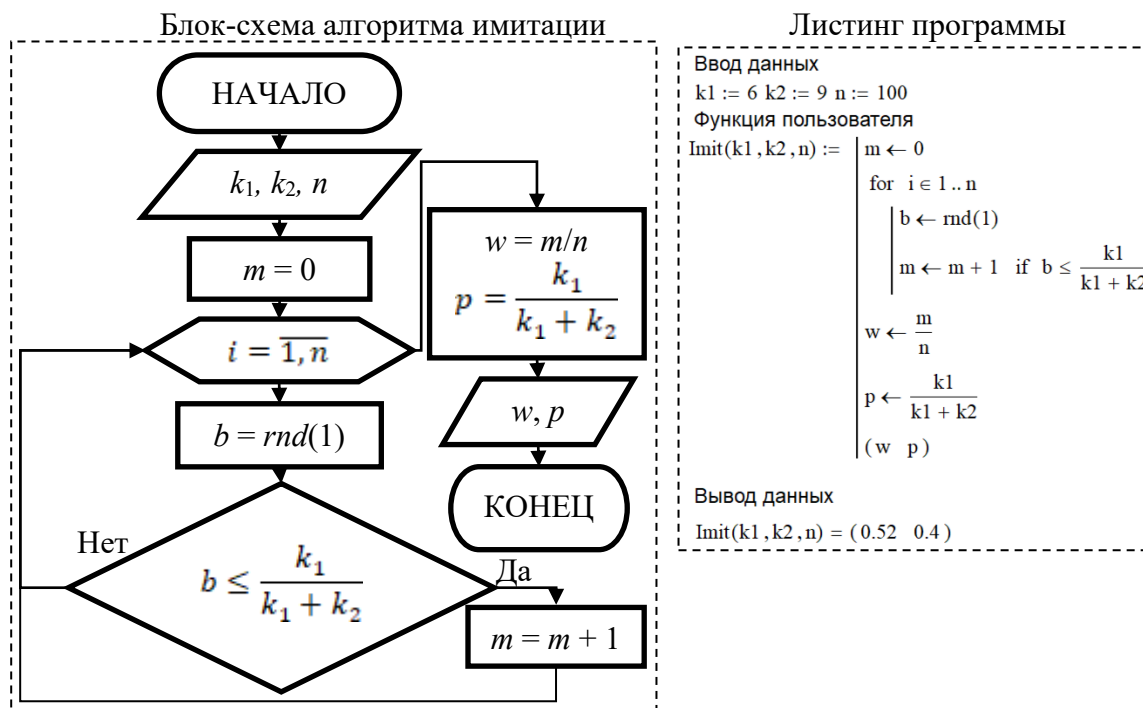


Рис. 4. Имитация многократного извлечения шара из коробки в системе Mathcad

Заключение

Применение комплексных компьютерно-математических заданий по различным темам вузовского курса математики создаёт благоприятные условия для включения системы *Mathcad* в учебный процесс. Решение предлагаемых заданий вызывает интерес у студентов, так как использование информационных технологий сопровождается подробным описанием и наглядным представлением выполняемых учебных действий. Прохождение выделенных этапов при выполнении разработанных заданий способствует активизации познавательной деятельности и развитию вычислительного мышления студентов, обучающихся на технических специальностях, которые не связаны со сферой информационных технологий, информатикой и компьютерной техникой.

Список литературы

- Алтухова С.О., Кононова З.А. Формирование вычислительного мышления на основе составления алгоритмов решения задач // Мир науки, культуры, образования. 2021. № 5(90). С. 60–62. DOI: 10.24412/1991-5497-2021-590-60-62.
- Баранов А.В. Дидактический потенциал учебных физических задач в формировании вычислительного мышления студентов IT-направлений // Научно-педагогическое обозрение. 2019. № 1. С. 144–150. DOI: 10.23951/2307-6127-2019-1-144-150.
- Бельман С.А., Платонова С.В. Организация исследовательской деятельности: от первых шагов до задач математического моделирования // Научно-методический журнал «CONTINUUM. Математика. Информатика. Образование». Елец. 2024. № 3 (35). С. 8–17. URL: <https://continuum-journal.ru/media/docs/articles/2024/3/01.pdf> (дата обращения 24.02.2025)
- Воскобойников Ю.Е., Задорожный А.Ф. Основы вычислений и программирования в пакете MathCAD PRIME. 3-е изд., стер. Санкт-Петербург: Лань, 2023. Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. URL: <https://e.lanbook.com/book/327599> (дата обращения: 24.02.2025). Режим доступа: для авториз. пользователей.
- Гейн А.Г., Куликова И.В. Компьютерная математика и развитие вычислительного мышления студентов вуза // Педагогическая информатика. 2024. № 2. С. 151–159.

- Дьяконов В.П. Тенденции развития компьютерной математики // Системы компьютерной математики и их приложения. 2015. № 16. С. 8–13.
- Клунникова М.М., Пушкарева Т.П. Методы и средства развития вычислительного мышления при обучении дисциплине "Численные методы" // Современное образование. 2017. № 2. С. 95–101.
- Куликова О.В., Куликова И.В. Комплексные задания в обучении математике студентов технических специальностей в транспортном вузе // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2024. № 5(235). С. 157–166. DOI: 10.23951/1609-624X-2024-5-157-166.
- Лебо И. Г., Лебо А. И., Розанова С. А. Методика математического моделирования физических процессов при выполнении исследовательских проектов студентами технических университетов // Научно-методический журнал «CONTINUUM. Математика. Информатика. Образование». Елец. 2024. № 3 (35). С. 46–59. URL: <https://continuum-journal.ru/media/docs/articles/2024/3/04.pdf> (дата обращения 24.02.2025)
- Пейперт С. Переворот в сознании: дети, компьютеры и плодотворные идеи: перевод с англ. Москва: Педагогика, 1989.
- Хеннер Е.К. Вычислительное мышление // Образование и наука. 2016. № 2. С. 18–33. DOI: 10.17853/1994-5639-2016-2-18-33
- Хеннер Е.К. Вычислительное мышление в контексте высшего образования: аналитический обзор // Образование и наука. 2024. № 2. С. 35–59. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-2-35-59.
- Чигиринская Н.В., Григорьева О.Е., Бочкин А.М., Андреева М.И. Вычислительное мышление будущего инженера: понятийный анализ и опыт формирования в техническом вузе // Современные наукоёмкие технологии. 2023. № 2. С. 205–211. DOI: 10.17513/snt.39546.
- Щедрина Е.В. Ивашова О.Н., Палиивец М.С. Развитие вычислительного мышления будущих инженеров при работе с сетевым профессионально-ориентированным курсом // Научно-методический электронный журнал "Концепт". 2024. № 2. С. 78–97.
- Tedre, M., Denning, P. J. (2016) The Long Quest for Computational Thinking. Proceedings of the 16th Koli Calling Conference on Computing Education Research, November 24-27, 2016, Koli, Finland, 120–129.
- Wing, J. Research Notebook: Computational Thinking -What and Why? /The Link. The magazine of the Carnegie Mellon University School of Computer Science. 2011-03-06. Режим доступа: <http://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why> (дата обращения 24 февраля 2025 г.)
- Wing, J. M. Computational thinking. Communications of the ACM. 2006. Vol. 49, Issue 3. P. 33–35. DOI: 10.1145/1118178.1118215

FUTURE ENGINEERS COMPUTATIONAL THINKING DEVELOPMENT IN THE UNIVERSITY MATHEMATICS COURSE

Kulikova I. V.
senior lecturer
ivkulikova@usurt.ru
Ekaterinburg

Ural State University of Railway Transport

Abstract. The paper considers the problem of using computer mathematics systems in solving mathematical problems by students studying in specialties and training areas in the field of engineering and technology of land transport. The results of a content

analysis of the concept of computational thinking of students of various specialties and fields of study in the process of their education in general scientific and special disciplines are presented. In the context of the problem under study, computational thinking is considered as the process of programming an algorithm for solving a problem using computer mathematics systems. When studying a university mathematics course, it is proposed to use special didactic tasks (complex computer-mathematical ones), the implementation of which provides for the mandatory use of the Mathcad computer mathematics system. The formulation of such tasks is based on the modification of the content of standard mathematical problems with the addition of the mandatory use of the Mathcad computer mathematics system to find quantitative values of the desired quantities. The article presents tasks for solving a system of linear algebraic equations (four equations and four unknowns) with multi-valued non-integer values of free terms and coefficients before the unknowns, constructing a graph of the surface of a function of two variables in a three-dimensional rectangular coordinate system, which has extremum points and stationary points, and simulating a random event to calculate its relative frequency. The implementation of the proposed complex computer-mathematical tasks determines the need to go through such stages as the perception of the learning task, the definition of a mathematical model, the construction of an algorithm for solving the problem, programming computational actions, and analyzing the results obtained. These stages create favorable conditions for the activation of students' cognitive activity and the development of their computational thinking.

Keywords: computational thinking, computer mathematics, didactic tasks, information technology, mathematical training

References

- Altuhova, S. O., Kononova, Z. A. (2021). Development of computational thinking on the basis of solution algorithms drafting. *Mir nauki, kul'tury, obrazovaniya*, 5(90), 60-62. DOI: 10.24412/1991-5497-2021-590-60-62. (In Russ., abstract in Eng.)
- Baranov, A. V. (2019). The didactic potential of physics learning tasks in forming the it-students' computational thinking. *Pedagogical review*, 1(23), 144-150. DOI: 10.23951/2307-6127-2019-1-144-150. (In Russ., abstract in Eng.)
- Belman, S. A., Platonova, S. V. (2024). Organization of research activities: from the first steps to mathematical modeling tasks. «*CONTINUUM. Maths. Informatics. Education*» 3(35). 8-17. URL: <https://continuum-journal.ru/media/docs/articles/2024/3/01.pdf> (accessed date 24.02.2025) (In Russ., abstract in Eng.)
- Voskoboynikov, Ju. E., Zadorozhnyj, A. F. (2023). Osnovy vychislenij i programmirovaniya v pakete MathCAD PRIME. Lan'. URL: <https://e.lanbook.com/book/327599> (accessed date 24.02.2025) (In Russ.)
- Gejn, A. G., Kulikova, I. V. (2024). Computer mathematics and university students computational thinking development. *Pedagogical Informatics*, 2, 151-159 (In Russ., abstract in Eng.)
- D'jakonov, V. P. (2015). Tendencii razvitija komp'juternoj matematiki. *Sistemy komp'juternoj matematiki i ih prilozhenija* 16, 8-13 (In Russ.)
- Klunnikova, M. M., Pushkareva, T. P. (2017). Metody i sredstva razvitija vychislitel'nogo myshlenija pri obuchenii discipline "Chislennye metody". *Sovremennoe obrazovanie*, 2, 95-101.
- Kulikova, O. V., Kulikova, I. V. (2024). Complex tasks in teaching mathematics to students of technical specialties at a transport university. *Tomsk State Pedagogical University Bulletin*, 5(235), 157-166 DOI: 10.23951/1609-624X-2024-5-157-166. (In Russ., abstract in Eng.)

- Lebo, I. G., Lebo, A. I., Rozanova, S. A. (2024). Methods of mathematical modeling of physical processes in the implementation of research projects by students of technical universities «CONTINUUM. Maths. Informatics. Education», 3(35), 46-59. URL: <https://continuum-journal.ru/media/docs/articles/2024/3/04.pdf> (accessed date 24.02.2025) (In Russ., abstract in Eng.)
- Papert, S. (1981). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. New York: Basic Books. (Translated from English)
- Khenner, E. K. (2016). Computational thinking. *Education and science*, 2, 18-33 DOI: 10.17853/1994-5639-2016-2-18-33 (In Russ., abstract in Eng.)
- Khenner, E. K. (2024). Computational thinking in the context of higher education: analytical review. *Education and science*, 2, 35-59. DOI: 10.17853/1994-5639-2024-2-35-59. (In Russ., abstract in Eng.)
- Chigirinskaya, N. V., Grigoreva, O. E., Bochkin, A. M., Andreeva, M. I. (2023). Methodological and methodical foundations for the development of computational intellection of a future engineer. *Sovremennye naukoemkie tehnologii*, 2, 205-211. DOI: 10.17513/snt.39546. (In Russ., abstract in Eng.)
- Shchedrina, E. V., Ivashova, O. N., Paliivets, M. S. Development of computational thinking in future engineers when working with a network professionally-oriented course. *Koncept*, 2, 78-97 (In Russ., abstract in Eng.)
- Tedre, M., Denning, P. J. (2016). The Long Quest for Computational Thinking. Proceedings of the 16th Koli Calling Conference on Computing Education Research, November 24-27, Koli, Finland: pp. 120-129.
- Wing, J. (2011). Research Notebook: Computational Thinking - What and Why? *The Link. The magazine of the Carnegie Mellon University School of Computer Science*. 2011-03-06. Retrieved from: <http://www.cs.cmu.edu/link/research-notebook-computational-thinking-what-and-why> (accessed date 24 февраля 2025 г.)
- Wing, J. M. (2006). Computational thinking. *Communications of the ACM*, 3(49), 33-35. DOI: 10.1145/1118178.1118215

Статья поступила в редакцию 24.02.2025

Принята к публикации 10.03.2025