



Математика и компьютерные науки как основа синергии фундаментального и прикладного знания в современном вузовском образовании

В.А. Тестов

*Вологодский государственный университет, Вологда,
Российская Федерация.
E-mail: vladafan@inbox.ru*

Е.А. Перминов

*Уральский государственный педагогический университет,
Екатеринбург, Российская Федерация.
E-mail: perminov_ea@mail.ru*

✉ perminov_ea@mail.ru

Аннотация. *Введение.* В результате цифровой революции был осуществлен метасистемный переход всей системы научных знаний на принципиально новый уровень исследований. Этот уровень исследований опирается на триаду: модель – алгоритм – программа. *Цель* – разработать теоретико-методологические основы синергии фундаментальных и прикладных видов знания на основе модернизации математической и компьютерной подготовки студентов в вузах для их общекультурного развития и профессиональной успешности. *Методология, методы и методики.* В исследовании ведущую роль играют системный и синергетический подходы, а также культурологический подход. *Результаты.* Изучены методологические аспекты синергии фундаментального и прикладного знания в вузовском образовании и роли в ней математики и компьютерных наук. Выявлены и охарактеризованы уровни синергии фундаментального и прикладного знания в вузовском образовании. Установлено, какое именно содержание профильного обучения математическим основам компьютерных наук играет фундаментальную роль в корректном и умелом использовании систем компьютерной математики и компьютерных технологий. Обоснована важная роль реализации дискретной линии в обучении математическим основам компьютерных наук. *Научная новизна.* Разработаны теоретико-методологические основы синергии фундаментальных и прикладных видов знания на основе модернизации математической и компьютерной подготовки студентов в вузах. На основе новой «математико-компьютерной» культуры исследований выделены и описаны уровни синергии фундаментального и прикладного знания в модернизации вузовского образования. Обоснована актуальность формирования у студентов-нематематиков представлений о роли Больших идей и основанных на них методах современной математики и компьютерных наук в избранной профессиональной области с целью формирования высокого уровня их ИТ-подготовки. *Практическая значимость.* Описаны особенности модернизации ООП и учебных планов подготовки студентов на основе охарактеризованных уровней синергии фундаментального и прикладного знания в вузовском образовании. Выявлены методические особенности отбора содержания математических основ компьютерных наук.

Ключевые слова: метасистемный переход, теоретико-модельный уровень, дискретная математика, Большие идеи

Благодарности. Авторы выражают благодарность рецензентам журнала «Образование и наука» за экспертное мнение и конструктивный подход.

Для цитирования: Тестов В.А., Перминов Е.А. Математика и компьютерные науки как основа синергии фундаментального и прикладного знания в современном вузовском образовании. *Образование и наука.* 2026;28(3):63–86. doi:10.17853/1994-5639-2026-3-63-86

Mathematics and computer science as the foundation for synergy between fundamental and applied knowledge in contemporary higher education

V.A. Testov

Vologda State University, Vologda, Russian Federation.

E-mail: vladafan@inbox.ru

E.A. Perminov

Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russian Federation.

E-mail: perminov_ea@mail.ru

✉ perminov_ea@mail.ru

Abstract. *Introduction.* As a result of the digital revolution, the entire system of scientific knowledge has undergone a metasystemic transition to a fundamentally new level of research. This level of research is based on the triad: model, algorithm, and programme. *Aim.* The present research aims to develop the theoretical and methodological foundations for integrating fundamental and applied knowledge through the modernisation of mathematical and computer training for university students, thereby enhancing their general cultural development and professional success. *Methodology and research methods.* In this research, the systemic and synergetic approaches, alongside the cultural studies approach, play leading roles. *Results.* The methodological aspects of the synergy between fundamental and applied knowledge in higher education, as well as the role of mathematics and computer science within this context, have been examined. The levels of synergy between fundamental and applied knowledge in higher education have been identified and characterised. It has been established which specific content within specialised teaching of the mathematical foundations of computer science plays a crucial role in the proficient and effective use of computer algebra systems and computer technologies. The significant role of incorporating a discrete mathematics component in teaching the mathematical foundations of computer science has been substantiated. *Scientific novelty.* The theoretical and methodological foundations for the synergy between fundamental and applied knowledge have been established, based on the modernisation of mathematical and computing education for students in higher education institutions. Drawing on a new “mathematical-computational” research culture, the levels of synergy between fundamental and applied knowledge in the modernisation of higher education have been identified and characterised. The importance of fostering non-mathematics students’ understanding of the role of Big Ideas, and the methods of modern mathematics and computer science derived from them, within their chosen professional fields has been substantiated, with the aim of achieving a high level of IT proficiency. *Practical significance.* The features of modernising core educational programmes and curricula for student training have been described, based on the characterised levels of synergy between fundamental and applied knowledge in higher education. The methodological specifics of selecting content for the mathematical foundations of computer science have also been outlined.

Keywords: metasystem transition, theoretical-model level, discrete mathematics, Big Ideas

Acknowledgements. The authors express their gratitude to the reviewers of the Education and Science Journal for their expert opinions and constructive feedback.

For citation: Testov V.A., Perminov E.A. Mathematics and computer science as the foundation for synergy between fundamental and applied knowledge in contemporary higher education. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2026;28(3):63–86. doi:10.17853/1994-5639-2026-3-63-86

Введение

В настоящее время все более возрастает роль современной математики в науке и технике, а также в вузовском образовании, как мощного орудия исследований с использованием компьютера, ставшей основой цифровой революции. В результате взаимодействия математики и современного компьютера произошло формирование компьютерных наук. Математика и компьютерные науки демонстрируют тот идеал, к которому должна стремиться любая отрасль знаний, когда на основании сравнительно небольшого числа принципов, обоснованных экспериментально, опираясь на мощный строгий и даже нестрогий аппарат этих наук, можно корректно получить конечный результат исследования по исходным теоретическим и экспериментальным данным.

Более того, на рубеже тысячелетий под воздействием математики и компьютерных наук начался всеобщий и глубокий процесс цифровизации всех сфер жизнедеятельности, в том числе научной. В результате началось формирование большого количества наук с приставкой цифровые (компьютерные), в том числе таких, казалось бы, далеких от математики наук, как лингвистика, социология и др. Кроме того произошло дополнение традиционных научных методов познания новыми, находящимися, чаще всего, в парадигме синергетики.

Действительно, в результате цифровой революции был осуществлен *метасистемный переход* (в терминологии В. Ф. Турчина [1]) всей системы научных знаний на принципиально новый (синергетический) уровень исследований в решении сложных задач науки природы и общества. Этот уровень исследований опирается на трех китов (триаду): модель – алгоритм – программа. Поэтому в новой стратегии исследований нужно уметь использовать в самых разных науках *методы* моделирования, алгоритмизации и языки программирования.

Синергия (синергетический эффект) различных видов знания ориентирует ученых на взаимное обогащение исследовательским опытом, полученным в самых разных дисциплинах. В самой математике наблюдается синергия взаимодействия фундаментального и прикладного видов знания в различных областях, синергия дискретной и непрерывной математики и т. п. Все эти процессы, несомненно, сказываются на вузовском преподавании математики, компьютерных и других наук, нужно только их правильно использовать.

В российской высшей школе сложились определенные традиции формирования у студентов целостного естественнонаучного мировоззрения. Как

пишет В. А. Садовничий¹, в отличие от других наций, мы сразу стали учиться научно мыслить и учить студенчество мыслить целостными, фундаментальными теориями и действовать в практике сообразно методам получения фундаментальных знаний. Весьма важным представляется положение о единстве вузовской математики, выдвинутое Л. Д. Кудрявцевым², о том, что чистая (фундаментальная) и прикладная математика являются частями единого неразрывного целого, называемого математикой.

Лучшие педагоги прошлого постоянно подчеркивали недостаточность чисто абстрактного изложения предмета и настаивали на необходимости проводить обучение любому предмету в тесной связи с потребностями практики, науки и техники. В вузах практическая направленность приобретает форму профессионализма и характеризуется, в частности, сформированностью у выпускника учебного заведения профессионального мышления и наличия комплекса актуальных знаний, умений и навыков, позволяющих ему сразу по окончании учебного заведения включиться в практическую производственную или иную деятельность по определенной специальности.

Таким образом, является актуальной **проблема** анализа роли математики и компьютерных наук в синергии фундаментального и прикладного знания в вузовском образовании. Эти науки особенно важны в обучении использованию человеком всех этих технологических платформ по принципу взаимовыгодного функционального симбиоза. Как будет обосновано, ведущую роль в этом играет синергия и интеграция фундаментального, прикладного знания и технологий в современном вузовском образовании на основе обучения математике и компьютерным наукам.

Еще на рубеже веков В. И. Арнольд предупреждал, что «математическая безграмотность губительнее костров инквизиции»³. Игнорирование роли математики и компьютерных наук в современном вузовском образовании приводит к большим рискам. Проблемы, порожденные математической неграмотностью, становятся проблемами физической безопасности, буквально – проблемами жизни и смерти [2].

Целью статьи является разработка теоретико-методологических основ синергии фундаментальных и прикладных видов знания на основе модернизации математической и компьютерной подготовки студентов в вузах для их эффективного общекультурного развития и профессиональной успешности в цифровую эру.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в том, что реализация этой цели будет способствовать эффективному математическому, естественнонаучному и гуманитарному развитию студентов и их успешности в цифровую эру, а также преодолению тенденции утилитаризма

¹ Садовничий В.А. Традиции и современность. *Высшее образование в России*. 2003;1:11–18.

² Кудрявцев Л.Д. *Современная математика и ее преподавание*. М.: Наука; 1980. 143 с.

³ Арнольд В.И. Математическая безграмотность губительнее костров инквизиции. *Газета «Известия»*, 16 января 1998 г.

в образовании, когда «в качестве социально и/или индивидуально полезного выступает узкопрофессиональное, рыночно котирующееся в текущий момент образование» [3, с. 11]. В результате можно решить вопросы разработки рекомендаций по содержанию стандартов, учебных планов, учебных и методических пособий, отражающих роль современной математики и компьютерных наук и способствующих приобретению математико-компьютерных профессиональных компетенций, особенно важных в куррикулумной [4], а не хаотичной цифровой трансформации образования.

Обзор литературы

В разработке теоретико-методологических основ синергии фундаментальных и прикладных видов знания важную роль играют многочисленные философские и науковедческие работы, посвященные анализу категорий «фундаментальная и прикладная наука» и их разнообразным взаимосвязям [5–7].

Первые понятия фундаментальной науки и фундаментальных исследований, как отмечают D. Kaldewey и D. Schauz [8], возникли при решении ряда практических задач физиологии.

Крупный советский философ Б. М. Кедров¹ выделял *фундаментальные* науки, которые возникли давно и с самого начала составили краеугольные камни всего научного знания. По его классификации таковыми являются математика, физика, химия, биология и другие естественные науки, уникальные достижения которых радикальным образом меняли способы производства. К. Kelly считает, что особый статус фундаментальным наукам придает то, что на их основе рождаются другие, прикладные, производные от них науки [6].

Однако, по мнению А. А. Крушанова [7], деление наук только на две категории (фундаментальных и прикладных) не соответствует современному этапу развития научного знания. Правильнее говорить о фундаментальных и прикладных исследованиях в рамках соответствующей науки. Большой вклад в изменение представлений о фундаментальности и прикладной направленности наук внесли бурно развивающиеся технические науки и новые высокие технологии (Н. Garis [9], [6, с. 262]).

Формирование новых технологических платформ произошло на основе компьютерных наук – это фактически современное название информатики, что обосновано Э. М. Пройдаковым [2] и В. П. Одинцом [10].

Академик И. А. Каляев подчеркивает, что «современный уровень компьютерных технологий достаточен для создания различных программных инструментов (орудий умственного труда), усиливающих интеллектуальные возможности человека при решении все более сложных задач науки, техники, промышленности, финансов и тому подобное» [11, с. 15].

¹ Кедров Б.М. Соотношение фундаментальных и прикладных наук. *Вопросы философии*. 1972;2.

Как показывает анализ многочисленной литературы, в вузовском обучении математическим основам компьютерных наук ведущую роль играют следующие разделы:

- язык абстрактной алгебры и математической логики, лежащие в основе точного описания алгоритмов, по которым выполняются мыслительные процессы, и переводе этих алгоритмов в машинное представление [12–15];

- формальные языки и формальные системы (основанные на языках абстрактной алгебры, математической логики, комбинаторики и др. и важные в разработке методов представления знаний, формальной теории грамматик) [12; 13; 16];

- теории алгоритмов и автоматов (лежащие в основе разработки абстрактного алгоритма и автомата, управляющие данным объектом, комплексной автоматизацией научных исследований и т. д.) [12; 17; 18];

- комбинаторный анализ (в том числе сложности алгоритмов, важный в повышении производительности компьютеров – преодолении так называемого «комбинаторного взрыва», эффекта «Data Explosion») [19; 20].

Для выделения этих разделов математических основ компьютерных наук были проанализированы результаты уже процитированных работ, в том числе одного из основоположников информатики В. М. Глушкова, а также крупных ученых в области дискретной математики Д. Е. Кнута и Р. Л. Грэма [12; 20]). Кроме того, важную роль играл анализ тематики профильных журналов, а также учебных планов и рабочих программ ведущих университетов, осуществляющих подготовку по направлению 02.03.01 «Математика и компьютерные науки». Как обосновано в [21], эти же разделы обеспечивают опережающий характер IT-подготовки студентов в вузах.

В настоящее время примером синергии фундаментального и прикладного знания становится STEM-образование при изучении естественных наук, технологии, инженерии и математики. В этой системе образования математика дает возможность на практике продемонстрировать, как изучаемые методы перечисленных наук могут быть применены в повседневной жизни. Ведущим в STEM-образовании является взаимодействие фундаментальных дисциплин и практико-ориентированного подхода (разработка проектов, создание моделей, механизмов под конкретные запросы производства) [22; 23].

Важное значение в синергии различных видов фундаментального и прикладного знания в современном вузовском образовании имеет и такое новое направление педагогических исследований, как «Большие идеи». Это направление является одним из перспективных подходов к обновлению содержания в различных образовательных системах и программах. Оно выступает как «его структурирование вокруг так называемых «больших идей», концептов, «переломных» понятий» [24, с. 7]. В частности, за рубежом «с научной точки зрения в современном естествознании выделяются пять «больших идей»:

– атомизм (Э. Резерфорд, Г. У. Кендалл, Дж. А. Фридман, Р. Э. Тейлор); периодичность (Д. И. Менделеев); происхождение Вселенной и Большой взрыв (А. Эйнштейн, Э. Хаббл);

– тектоника геологических плит (А. Вегенер); происхождение и эволюция жизни (А. И. Опарин, Ч. Дарвин) [25].

Большое место в литературе занимает обсуждение возрастания в цифровую эпоху роли дискретной математики. Особенно – в решении задач внедрения цифровых технологий и программирования. Как отмечал выдающийся российский математик А. Н. Колмогоров, «по существу все связи между математикой и ее реальными применениями полностью умещаются в области конечного... Мы предпочитаем непрерывную модель лишь потому, что она проще» [26, с. 15]. Как подчеркивает академик А. Л. Семенов, «замечательное «везение» состоит в том, что объем базовой дискретной математики, нужной для всего спектра цифровых технологий и программирования, не так уж велик. Во многом это просто начала, «азбука» современной математики, чисто теоретическая часть которой может быть изложена в небольшой книжке» [27, с. 19].

В современном вузовском образовании должны также найти отражение основные результаты «квантификационных» исследований, полученные в результате взаимодействия математики, компьютерных наук и физики [15; 28].

Методология, материалы и методы

В теоретико-методологических основах исследования ведущую роль кроме системного и синергетического подходов играет анализ реализации культурологического подхода в синергии фундаментальности и прикладной направленности современного вузовского образования. В основе культурологического подхода лежит принцип культуросообразности как один из важнейших принципов современного образования. Анализ сути принципа культуросообразности в контексте системного и синергетического подходов показывает, что в синергии различных видов знания в современном вузовском образовании велико значение современной математической культуры исследований с использованием уникальных идей и методов компьютерных наук.

Как будет обосновано, наиболее важную роль в реализации системного и синергетического подходов играют наиболее яркие проявления современной математической культуры, какими являются математическое моделирование, дискретная математика и вычислительные процессы.

Важную роль играет также историко-философский анализ трансформации представлений о фундаментальных и прикладных науках и их роли в разработке современных, особенно высоких технологий (киборг-, нано-, биотехнологий и др.).

В исследовании также используется методология, предложенная рядом ученых (А. Д. Панов [29], Н. Гарис [9] и др.), согласно которой ускоряющаяся эволюция технологий под воздействием математики и компьютерных наук

при приближении к некоторой гипотетической точке (точке сингулярности) оказывается неограниченной. Технологическая сингулярность порождает метасистемные переходы внутри культуры научных исследований, в том числе в математике и технике. На рубеже нашего тысячелетия метасистемный переход в математике кардинальным образом поменял взгляды на ее природу, в том числе на представления о математическом доказательстве [30]. Также и «в техническом развитии (в особенности вычислительной техники) могут быть выделены различные метасистемные переходы» [31].

Результаты исследования

В математической науке наблюдается синергия, взаимодействие *фундаментального и прикладного* видов знания в различных областях. В частности, имеет место синергия дискретной и непрерывной математики и математического моделирования объектов, синергия абстрактной алгебры и ее приложений в теории формальных языков, как основы языков программирования. Все эти процессы, несомненно, должны учитываться в вузовском преподавании математики и компьютерных наук.

Однако, как показывает анализ различных нормативных документов в образовании, важная роль синергии разных видов знания пока еще явно недооценивается в существующих ООП и учебных планах подготовки студентов в подавляющем большинстве вузов.

Весьма важным представляется положение о единстве вузовской математики, о том, что нельзя отделить, как прикладную математику от чистой, так и чистую математику от прикладной. Для преподавания математики в технических вузах наиболее актуальна одна сторона этого положения, о невозможности изучать прикладную математику в отрыве от чистой. А для преподавания математики в школах, педвузах и университетах более актуальна другая сторона этого положения – невозможность преподавания чистой математики в отрыве от ее приложений.

1. *Об уровнях синергии фундаментального и прикладного знания в модернизации вузовского образования.* Как отмечено выше, следует скорее говорить о фундаментальных и прикладных исследованиях в рамках соответствующей науки, чем о различии самих наук по их фундаментальному и прикладному характеру. При этом ведущую роль в синергии фундаментальных и прикладных наук и технологий играет математика, ставшая основой цифровой революции. В результате такой революции был осуществлен метасистемный переход всей системы научных знаний на принципиально другой уровень исследований в решении сложных задач науки, природы и общества.

Появление современных мощных компьютеров дало возможность выхода на новый, уникальный по своим возможностям теоретико-модельный уровень синергии взаимного использования непрерывных и дискретных моделей объектов, явлений и процессов самой различной природы.

Важно подчеркнуть, что синергия непрерывной и дискретной математики в процессе цифровизации наук стала основой формирования математического, стохастического, динамического, имитационного и других видов моделирования с использованием компьютера. Тем самым осуществлен выход научных исследований на *теоретико-модельный* уровень, породивший современную методологию моделирования. Как известно, предметом современной методологии моделирования является «постановка возникающих задач, их перевод на адекватный научный язык, рациональная разработка непрерывных и дискретных моделей исследуемых объектов или явлений, а также эффективных алгоритмов и программ вычислений для решения задач на основе разработанных моделей» [32]. Поэтому теоретико-модельный уровень исследований в самых разных науках опирается на триаду: модель – алгоритм – программа.

Таким образом, закономерно, что в основе *модернизации вузовского образования лежит теоретико-модельный* уровень синергии фундаментального и прикладного знания. В формировании этой методологии ведущую роль играет современная математическая культура исследований с использованием компьютера с ее наиболее яркими проявлениями, какими являются математическое моделирование, дискретная математика и вычислительные процессы.

Фундаментальные математические идеи и методы этой новой математической культуры исследований в последние десятилетия оказывают большое влияние на формирование методологической культуры педагогических исследований и тем самым на современное вузовское образование. Основные особенности методологического характера взаимодействия математической и педагогической науки, влияния современной математической культуры на педагогические исследования были охарактеризованы в работе [33].

Благодаря выходу на *теоретико-модельный* уровень кардинально изменились наши представления о фундаментальных и прикладных науках, что вызвано бурным ростом новых высоких технологий. В результате развития этих технологий сформировалась мощная технологическая платформа, основанная на современных математических методах, мощных компьютерах и других компьютерных инструментах и средствах, особенно ярко представленных роботизированными и киборг-технологиями, а также разновидностями ИИ.

Теоретико-модельный уровень исследований с использованием компьютера стал методологической основой формирования большого количества частнонаучных фундаментальных и прикладных наук (например, теоретической биологии и биомедицины, лингвистики и компьютерной лингвистики и многих других). В частности, в теоретической биологии важную роль стали играть прикладные исследования в фармакологии, практической медицине и в медицинских технологиях лечения различных болезней.

В результате выхода на теоретико-модельный уровень исследований в современной науке все более широкое распространение получили прикладные методы исследований и основанные на них технологии с использованием возможностей современного компьютера. Поэтому в современной методоло-

гии различных видов моделирования и алгоритмизации по созданию новых технологий явно или неявно располагается целый «слоеный пирог» из научных наработок разного уровня: фундаментальная наука + прикладная наука + технология. Причем в процессе реализации этих наработок происходит разделение фундаментальных исследований на целенаправленные и на поисковые.

Таким образом, в настоящее время, помимо теоретико-модельного уровня исследований, также можно говорить, о формировании *нового* технологического уровня научных исследований в современном цифровом мире, наиболее ярко проявившемся в технологиях Искусственного интеллекта и Больших данных (Big Data). Этот новый уровень исследований породил радикальные технологические изменения в современном образовании, став основой внедрения в него информационных и педагогических технологий, технологий дополненной и виртуальной реальности, персонального, мобильного обучения и др.

2. *О роли математики и компьютерных наук в синергии фундаментального и прикладного знания и в модернизации содержания вузовского образования.* В настоящее время при изучении студентом различных дисциплин конкретный материал во многих случаях не складывается в систему знаний; он оказывается «погребен» под массой обрушивающейся на него информации, будучи не в состоянии самостоятельно ее структурировать и осмыслить. В частности, представление о математике как о единой науке со своим предметом и методом у него зачастую отсутствует. Вуз должен дать студентам представление как о конкретной науке, так и о всей науке в целом, чему в значительной степени препятствуют «стены» между отдельными вузовскими предметами.

Фундаментальность образования означает направленность содержания образования на методологически важные, долгоживущие и инвариантные элементы человеческой культуры, способствующие инициации, развитию и реализации творческого потенциала обучаемого. Целостная научная картина мира основывается не только на естественнонаучной, но и на гуманитарной составляющей, поэтому фундаментальное образование необходимо строить на базе сочетания новейших математических, естественнонаучных и гуманитарных знаний. С этим связано более глубокое осмысление связей между дисциплинами; оно обеспечивает такой фундамент подготовки, который позволит будущему специалисту решать различные проблемы, выдвигаемые научно-техническим прогрессом.

Образовательный потенциал математики и компьютерных наук в цифровую эру особенно ярко проявляется в том, что разные науки не могут плодотворно развиваться без порожденного математикой и компьютерными науками процесса цифровизации наук с использованием уникальных возможностей современного компьютера. Эта тенденция придает общеобразовательное измерение математике и компьютерным наукам. Наиболее важным итогом их взаимодействия как с фундаментальными, так и с прикладными видами знаний стало формирование современной методологии моделирования на основе разных видов моделирования с использованием компьютера, радикально

повлиявшей на исследования практически всех естественных, инженерных наук и постепенно распространившейся в гуманитарных, экономических и других науках.

В своем стремлении к идеалу полноты и точности фундаментальная классическая математика и естественные науки создали к началу XX в. мощный аппарат моделирования. Но при работе со сложными системами были выявлены принципиальные ограничения возможностей описания их состояния, тем более предсказания будущего. Таким системам невозможно дать однозначное описание; они требуют разных описаний, отличающихся друг от друга и дополняющих друг друга.

В последние десятилетия произошел метасистемный переход к *постнеклассической* науке с ее адекватным исследованием сложной, динамичной, неопределенной реальности на основе понятия нечетких или мягких моделей. Стали очевидными полезность различных мягких моделей, для которых возможны разные пути развития, и опасность жестких моделей, для которых имеется только один путь развития.

В цифровую эру методология *мягкого моделирования* объектов, явлений и процессов стала использоваться в самых различных науках. Ведущую роль в этой методологии играет построение мягких моделей объектов, явлений и процессов, которые можно многократно корректировать в процессе исследования, и на основе которых получают результаты с достаточной долей достоверности, что особенно важно в исследованиях в гуманитарных, социально-экономических, экологических и других областях науки, в том числе в педагогике.

Поэтому методология моделирования и особенно мягкого моделирования имеет фундаментальное значение в изучении различных аспектов проблемы исследования теоретико-методологических основ синергии различных видов знания в современном вузовском образовании. В частности, методология мягкого моделирования лежит в основе синергии фундаментальных и прикладных наук (как естественных, так и гуманитарных) в подготовке студентов в вузах и, как следствие, в разработке теоретико-методологических основ внедрения синергетических концепций в содержание их профильной подготовки.

Таким образом, важно обеспечить включение в подготовку студента:

- некоторых гуманитарных дисциплин, смежных с естественнонаучными в содержание естественнонаучной подготовки;
- некоторых естественнонаучных дисциплин, смежных с гуманитарными в содержание гуманитарной подготовки.

Например, включение в курсы по выбору для будущих учителей математики – «История математики», учителей истории – «Математическая история», учителей физики, химии, биологии, изобразительного искусства и др. – «Симметрия и фракталы», учителей математики – «Группы симметрий в науке и искусстве», учителей литературы – «Математическая лингвистика», «Категория симметрии в словесности» и др. Далее, например, включение в курсы по вы-

бору для будущих инженеров – «Системный анализ и управление», «Биоинженерия», «Эргономика», «Социотехническое проектирование», «Инженерная психология», «Философия техники», «Основы научных исследований» и др. Такие курсы должны быть направлены на формирование представлений о красоте объектов, явлений и процессов в науке, природе и искусстве, что способствует повышению мотивации студентов к обучению.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что в цифровую эру новый, теоретико-модельный уровень исследований в математике и компьютерных науках в наибольшей мере обеспечивает синергию фундаментального и прикладного видов знаний в содержании подготовки студентов в вузах. Это особенно важно при формировании у них умений уже со школьной скамьи к будущей технологической деятельности и к взаимодействию с природой.

Революционные по своей сути изменения в математической науке, вызванные цифровой революцией, влекут за собой положительные сдвиги в современном вузовском образовании. Среди них особое место занимает компьютерная «механизация» интеллектуальной деятельности, в том числе в образовании. Такая «механизация» несомненно облегчает труд преподавателей и студентов, но при этом в образовании возникают и некоторые побочные негативные явления.

Как уже отмечалось, математические основы компьютерных наук образуют абстрактная алгебра и математическая логика, теория формальных языков и формальных систем, теория алгоритмов и автоматов, комбинаторный анализ. Эти основы в начавшуюся цифровую эпоху особенно важны в корректном использовании уникального потенциала компьютерных наук. Особенно – в обучении использованию программного обеспечения современного компьютера в науке и производстве, в том числе в обучении использованию программного обеспечения информационных технологий Искусственного интеллекта, Больших данных и др. К сожалению, «рекламный звон» вокруг лавинообразно расширяющейся сферы программного обеспечения является основной причиной серьезных ошибок, которые влекут за собой тяжелые последствия в высокотехнологичных отраслях современного производства и космосе.

Таким образом, обучение математическим основам компьютерных наук имеет фундаментальное значение в синергии фундаментального и прикладного знания в современном вузовском образовании. Особенно – в IT-подготовке студентов в вузах.

Несомненно, «то, что в IT-сфере было востребовано десять и даже пять лет назад, в настоящее время уже неактуально. Поэтому профильная IT-подготовка студентов должна быть опережающей свое время, а именно фундаментальной, позволяющей выпускникам совершенствовать свои навыки и умения в течение всей профессиональной жизни» [21]. При этом важно учесть, что соответствующее прикладное программное обеспечение IT-подготовки постоянно изменяется и совершенствуется, что привело к появлению уже более 8 тысяч

языков программирования (из которых официально зарегистрировано около 700).

Профильное обучение математическим основам компьютерных наук играет фундаментальную роль в корректном и умелом использовании систем компьютерной математики (СКМ) и компьютерных технологий, особенно их программного обеспечения.

Важно подчеркнуть, что СКМ освобождают учащихся от необходимости выполнять рутинные вычисления при решении многих задач линейной алгебры, аналитической геометрии, дифференциального и интегрального исчисления, теории вероятностей и математической статистики и т. д. Поэтому необходимо интенсивное внедрение СКМ в обучение математике нематематиков. В свою очередь несомненно, что для таких студентов необходимо профильное обучение курсам интеллектуальных компьютерных технологий, особенно Искусственного интеллекта.

Таким образом, справедлив вывод о том, что профильное обучение курсам математических основ компьютерных наук играет ведущую роль в формировании умений грамотного использования постоянно меняющихся возможностей ИТ-сферы в течение всей профессиональной жизни.

3. *О значении реализации дискретной линии в обучении математическим основам компьютерных наук.* Как уже отмечалось, в результате цифровой революции произошел эволюционный и метасистемный переход системы математических и компьютерных наук на принципиально новый уровень исследований. Этот метасистемный переход кардинальным образом поменял взгляды на природу и роль математики.

В изменении этих взглядов велика роль современной дискретной математики. До появления компьютеров используемые в научных исследованиях математические модели были в основном непрерывными. С середины XX века с появлением компьютеров все возрастающую роль в научных исследованиях начала играть дискретная математика. В настоящее время взаимодействие между классической («непрерывной») и дискретной математикой все более углубляется, поскольку все чаще встречаются задачи, при решении которых одновременно используются как непрерывные, так и дискретные модели. Как показывает анализ, границы между классической и дискретной математикой все более стираются. Современная дискретная математика стала основой синергии моделирования и алгоритмизации с использованием уникальных возможностей компьютера [19]. Более того, дискретная математика стала основой разработки систем компьютерной математики, освобождающей исследователя от изматывающей рутинной работы при выполнении различных вычислений. В результате сформировалась дискретная концепция исследований, основанная на идее дискретизации объектов для отображения реального мира в компьютере.

Недостаточное владение понятиями и методами дискретной математики приводит к логическим ошибкам при решении профессиональных задач. Осо-

бенно такие ошибки опасны при использовании компьютерного, аппаратного и программного обеспечения в высокотехнологичных отраслях производства. На важность и актуальность изучения дискретной математики в школах и вузах указывалось на 13-м Всемирном конгрессе по математическому образованию (ICME-13), проходившем в Гамбурге в июле 2016 г.

В синергии различных видов знания велико значение *принципа* обучения эффективному использованию как дискретной, так и непрерывной математики в решении профессиональных задач с использованием компьютера.

В реализации дискретной концепции в обучении математическим основам компьютерных наук важную роль играют алгебраические, порядковые структуры, а также логические, алгоритмические, комбинаторные схемы, помогающие формированию умений решать сложные проблемы моделирования с применением компьютера. В результате их изучения в мышлении учащихся формируются когнитивные (познавательные) структуры и схемы, являющиеся отражением этих математических структур и схем¹. Такие схемы лежат в основе формирования структуры интеллектуальных операций в мышлении учащегося, в преодолении барьера между математическим и другим научным знанием, а тем самым – в модернизации математического образования.

Поэтому наряду с непрерывной математикой на всех уровнях образования все возрастающую роль стала играть современная дискретная математика. Идеи и методы дискретной математики внедрены в содержание подготовки студентов в вузах на многих естественнонаучных, инженерных, экономических и некоторых других направлениях подготовки. Как показывает проведенный анализ учебной литературы для колледжей (техникумов) и школ, некоторые важные элементы дискретной математики внедряются и в содержание среднего специального и школьного обучения математике и информатике.

4. *Синергия фундаментального и прикладного знания на основе концепции Больших идей.* Как уже отмечалось, в результате воздействия идей и методов математики и компьютерных наук в цифровую эпоху сформировался «слоеный сингулярный пирог» из фундаментальных, прикладных наук и технологий разного уровня, являющийся уникальным и еще мало изученным феноменом цифрового мира и общества. Разобраться в этом «пироге» совсем не просто, особенно студентам. Рядом зарубежных ученых для преодоления разобщенности разных видов знаний в подготовке студентов была разработана концепция Больших идей.

Рассмотрим сейчас некоторые методологические аспекты этой концепции в синергии фундаментального и прикладного знания и роли в ней математики и компьютерных наук. Концепция Больших идей призвана сформировать общие представления студентов об объединяющих в единое целое научных идеях и методах в процессе цифровой трансформации образования. Прежде всего это большие идеи и методы общенаучного уровня. Среди них – Большие

¹ Тестов В.А. *Стратегия обучения математике*. М.: Технологическая школа бизнеса; 1999. 304 с.

идеи моделирования и алгоритмизации, способствующие передать все тонкости синергии непрерывного и дискретного студентам на основе обучения различным видам моделирования с использованием СКМ.

Анализ Больших идей показывает, что они имеют определяющее значение в синергии различных видов фундаментального и прикладного знания в современном вузовском образовании. В противном случае содержание подготовки студентов того или иного направления останется эклектичным, не отражающим междисциплинарного характера их подготовки и поэтому не учитывающим фундаментальные и прикладные аспекты их подготовки.

Важно подчеркнуть, что Большие идеи – это ключевые идеи, которые соединяют разрозненные частные факты и концепты определенных профессиональных областей знания в связанное понимание, и формирующие единую как научную, так и профессиональную картину мира и мировоззрение студентов. По нашему мнению, применительно в подготовке студентов в вузах важную роль играют ключевые математические понятия и понятия компьютерных наук, составляющие содержательное общенаучное «ядро» обучения различным видам моделирования. Среди них – понятия модели, системы, изоморфизма (равенства моделей или систем), отношения и операции, алгоритма, нечеткого множества, фрактала, бифуркации, хаоса и др.

Несомненно, в разных науках выделяют и другие присущие им большие «сквозные» идеи, пронизывающие их исследования: атомизма, периодичности, происхождения Вселенной и Большого взрыва, происхождения и эволюции жизни и некоторые другие.

Конечно, могут существовать различные представления, какие именно Большие идеи и какого уровня имеют фундаментальное значение в формировании общеобразовательной концепции подготовки студентов в зависимости от направления подготовки. Но, как следует из изложенного, справедливо положение о формировании «синергетической» матрицы больших идей разного уровня.

5. Особенности модернизации обучения математике и компьютерным наукам по направлениям, не связанным с подготовкой математиков. В рамках традиционной дидактики обучения математике, не учитывающей роль современной математики и компьютерных наук в синергии различных видов знания, переход к полноценной математической подготовке студентов в вузах может занять десятилетия, с труднопредсказуемыми результатами. Важную роль в этом переходе будет играть активное использование компьютерных технологий и систем компьютерной математики, как уже отмечалось, освобождающих студентов от рутинной работы (по поиску информации, рутинных вычислений и т. д.). Это даст время обратить внимание на идейную, фундаментальную сторону обучения, в том числе на Большие идеи.

Как известно, математическая подготовка нематематиков – дело несравненно более трудное, чем фундаментальная математическая подготовка будущих профессиональных математиков (которая традиционно на высоком уровне).

не осуществляется в ведущих университетах). Но в подготовке нематематиков еще с прошлого века преобладают традиционные, давно устоявшиеся курсы математического анализа, аналитической геометрии, линейной алгебры, теории вероятностей, направленные почти исключительно на обучение формированию рудиментарных вычислительных навыков, выполняемых часто «вручную» для их конкретных приложений в физике, химии и других предметах. Обычно эти приложения обсуждаются на элементарном уровне, и они являются наименее важными и наименее интересными.

В результате изучения таких традиционных математических курсов у студентов не развивается понимание значения идей и методов современной математики в структуре их будущей профессиональной деятельности.

Адекватная подготовка в сфере нужной студентам современной математики в связке с компьютерными науками имеет фундаментальное значение в формировании их представлений о технологиях, которые сегодня определяют облик всех сфер жизни. Это – цифровые, квантовые, робототехнические технологии, технологии искусственного интеллекта (ИИ), Больших данных и другие так называемые высокие (сквозные) технологии.

В подготовке студентов в вузах основу фундаментальных (Больших) идей и методов образуют ключевые понятия, составляющие содержательное «ядро» образования по соответствующему направлению подготовки. Они играют особенно важную роль в преодолении разных диспропорций между фундаментализацией и практической направленностью обучения, гуманитаризацией и компетентностным подходом и другими широко известными тенденциями модернизации современного образования, в том числе и математического. Поэтому основой подготовки студентов в вузах должны являться программы и учебные пособия с нужными фундаментальными понятиями, определяемые на основе Больших идей разного уровня. Например, в подготовке будущих инженеров это ключевые понятия математического моделирования и дискретной математики (непрерывная и дискретная математическая модель, алгоритм, операция, отношение, изоморфизм, высказывание, комбинаторная конфигурация и др.).

Таким образом, справедлив принцип формирования у студентов-нематематиков представлений о роли Больших идей и основанных на них методах современной математики и компьютерных наук в избранной профессиональной области с целью формирования высокого уровня их ИТ-подготовки. Важную роль в реализации этого принципа играет создание учебных книг о Больших идеях и методах их практического применения с использованием компьютерных технологий и систем компьютерной математики (СКМ).

Как уже отмечалось, вместо выработки бесполезных вычислительных навыков можно научить применять студентов уникальные возможности систем компьютерной математики в решении разнообразных творческих задач, особенно задач различных видов моделирования. При этом системы Maple, Mathematica, Axiom, SageMath и некоторые другие могут выполнять все обыч-

ные вычисления, которые необходимы студенту в будущей профессиональной деятельности. Таким образом, справедливо *положение* об адекватном обучении студентов именно тем ключевым методам и понятиям дискретной математики, которые лежат в основе их обучения использованию СКМ в своей предметной области.

Как следует из изложенного, справедливо положение о подготовке студентов к самостоятельной реализации этапов моделирования объектов: реальная ситуация, математическая модель, алгоритм, программа, симуляция решения, анализ результатов.

Важно подчеркнуть, что перечисленные термины лежат в основе формирования у студентов представлений о типах задач с использованием компьютера, возникающих в различных видах моделирования объекта, процесса или явления. Это задачи следующих типов: с некорректно составленными условиями или формулировкой; с не найденным решением; не имеющие решения; имеющие решение, но с бесконечным алгоритмом решения задачи; имеющие решение с конечным алгоритмом решения; задачи, имеющие эффективный («хороший») алгоритм ее решения. При этом для всех уровней математического образования и для всех обучающихся принципиальным является самостоятельное решение задач, «которые не известно, как решать». Существенную роль в этом помогает компьютерный математический эксперимент.

Обучение решению задач всех перечисленных типов способствует формированию у студентов-нематематиков умений различать, что *можно и чего нельзя* сделать с помощью компьютера в мире материальных, информационных, коммуникационных, когнитивных и других технологий.

Профильная IT-подготовка студентов должна быть опережающей свое время, поэтому насущной является проблема модернизации содержания IT-подготовки студентов в направлении усиления математизации профильных дисциплин в соответствии с современными уникальными возможностями ИТ-сферы и потребностями общества. В содержании подготовки студентов в вузах необходимы специальные вариативные курсы обучения умениям и навыкам использования возможностей программного обеспечения компьютера, особенно в использования ИИ. При этом следует помнить, что ИИ – это просто различные компьютерные программы.

Таким образом, и проведенный обзор литературы, и результаты исследований показывают, что в синергии фундаментальных и прикладных основ подготовки в вузах важная роль отводится математике и компьютерным наукам.

Обсуждение результатов

Значение полученных результатов для исследователей из разных стран заключается прежде всего в том, что в статье предложен и теоретически обоснован подход к исследованию роли математики и компьютерных наук как

новой «математико-компьютерной» культуры исследований в синергии фундаментального и прикладного знания в вузовском образовании.

Эта проблема вузовского образования поднималась уже достаточно давно. Как указывал выдающийся российский математик и механик П. Л. Чебышев, «особенно поразительна разница в употреблении математики в науках математических и в вопросах технических: нестрогость выводов, которая ни под каким видом не допускается в науках математических ... противодействует образованию математического склада ума»¹, образование которого особенно важно в обучении математике в технических вузах.

Как показывает анализ различных нормативных документов в образовании, эта важная роль синергии фундаментального и прикладного знания пока еще явно недооценивается в существующих ООП и учебных планах подготовки студентов в подавляющем большинстве вузов. Поэтому разработанные теоретико-методологические основы синергии этих видов знания на основе модернизации математическо-компьютерной подготовки студентов в вузах играют важную роль в модернизации ООП и учебных планов в вузах для их эффективного общекультурного развития и профессиональной успешности в цифровую эпоху.

Обосновано, что в модернизации ООП и учебных планов вузов фундаментальную роль играют выявленные и охарактеризованные уровни синергии фундаментального и прикладного знания. Прежде всего – теоретико-модельный уровень исследований в самых разных науках, опирающийся на триаду: модель – алгоритм – программа. При этом охарактеризована ведущая роль математики и компьютерных наук в формировании выявленных уровней синергии фундаментального и прикладного знания в модернизации вузовского образования.

Обосновано, что в результате выхода на теоретико-модельный уровень исследований в современной методологии различных видов моделирования и алгоритмизации по созданию новых технологий явно или неявно располагается целый «слоеный пирог» из научных работ разного уровня: фундаментальная наука + прикладная наука + технология. Поэтому констатировано формирование нового технологического уровня научных исследований в современном цифровом мире, наиболее ярко проявившемся в технологиях Искусственного интеллекта и Больших данных (Big Data). В результате произошли радикальные технологические изменения в современном образовании, став основой внедрения в него новых информационных и педагогических технологий.

Установлено, что профильное обучение математическим основам компьютерных наук играет фундаментальную роль в корректном и умелом использовании систем компьютерной математики (СКМ) и компьютерных технологий. Важно, что они освобождают учащихся от необходимости выполнять

¹ Прудников В.Е. *Русские педагоги-математики XVIII-XIX веков*. М.: Учпедгиз; 1956. 482 с.

рутинные вычисления при решении многих задач вместо освоения идейной основы и методов изучаемых дисциплин. Обоснована фундаментальная роль реализации дискретной линии в обучении математическим основам компьютерных наук.

Несомненно, в цифровую эпоху будет и дальше продолжаться ускоренное формирование компьютерных наук, а также уточняться их математические основы. Но обоснованная дискретная концепция обучения математическим основам компьютерных наук с использованием языка алгебраических, порядковых структур и логических, алгоритмических, комбинаторных схем дискретной математики будет по-прежнему доминировать в их формировании. На это фактически указывал в свое время В. М. Глушков, а именно на то, что «математика в начале XXI в. «будет в большей мере математика дискретных, а не непрерывных величин», а «расширение области математизации знания ... потребует и будет опираться на развитие новых разделов математики, прежде всего – новых разделов дискретной математики» [12, с. 122].

Охарактеризовано значение концепций Больших идей и методов общенаучного уровня, среди которых Большие идеи моделирования и алгоритмизации, способствующие передать все тонкости синергии непрерывного и дискретного студентам на основе профильного обучения различным видам моделирования с использованием СКМ. Рассмотрены особенности модернизации обучения математике и компьютерным наукам по направлениям, не связанных с подготовкой математиков.

Все вышеизложенное свидетельствует о том, что результаты исследования помогают заполнить выявленные при их обсуждении пробелы в научной литературе, которые ранее не были раскрыты или учтены.

Заключение

Полученные в исследовании результаты свидетельствуют об актуальности реализации заявленной во введении цели исследования. А именно, обосновано, что разработка теоретико-методологических основ синергии фундаментальных и прикладных видов знания на основе модернизации математической и компьютерной подготовки студентов в вузах действительно имеет фундаментальное значение в цифровую эпоху для их эффективного общекультурного развития и профессиональной успешности. В реализации этой цели важную роль играют выявленные и охарактеризованные уровни синергии фундаментального и прикладного знания, пока еще явно недооцененные в решении назревших задач модернизации существующих ООП и учебных планов подготовки студентов в подавляющем большинстве вузов.

Результаты о новой «математико-компьютерной» культуры исследований в синергии фундаментального и прикладного знания в вузовском образовании имеют важное теоретическое и практическое значение, поскольку могут стать теоретико-методологической основой:

1) в более детальном исследовании особенностей и специфики уровней синергии фундаментального и прикладного знания в модернизации вузовского образования, что будет способствовать разработке профильных курсов обучения студентов фундаментальным и прикладным курсам с использованием новых высоких технологий (в том числе ИИ);

2) в реализации дискретной линии в обучении математическим основам компьютерных наук;

3) в разработке теоретико-методологических основ внедрения синергетических концепций в содержание их профильной подготовки;

4) в формировании у студентов-нематематиков представлений о роли Больших идей и основанных на них методах современной математики и компьютерных наук в избранной профессиональной области с целью формирования высокого уровня их IT-подготовки.

Список использованных источников

1. Турчин В.Ф. Феномен науки: Кибернетический подход к эволюции. М.: ЭТС; 2000. 368 с.
2. Whittlestone J., Nystrup R., Alexandrova A., Dihal K., Cave S. *Ethical and Societal Implications of Algorithms, Data, and Artificial Intelligence*. London: Nuffield Foundation; 2019. 58 p.
3. Яркова Е.Н. Утилитаризм как философия образования. *Образование и наука*. 2016;5(134):11–24. doi:10.17853/1994-5639-2016-5-11-24
4. Сухомлин В.А., Зубарева Е.В. Куррикулумная парадигма – методическая основа современного образования. *Современные информационные технологии и ИТ-образование*. 2015;11(1):54–61.
5. Пройдаков Э.М. Дерево компьютерных наук. *Научоведческие исследования. Сб. научных трудов РАН. ИНИОН. Центр научн.-информ. исслед. по науке, образованию и технологиям*. М.: Изд-во Директ-Медиа; 2012:120–137.
6. Келли К. *Неизбежно. 12 технологических трендов, которые определяют наше будущее*. Пер. с англ. Ю. Константиновой и Т. Мамедовой. Москва: Манн, Иванов и Фербер; 2017. 352 с.
7. Крушанов А.А. Взаимосвязь фундаментальных исследований с техническим и технологическим развитием как исторически изменчивое соотношение. В книге: *Взаимосвязь фундаментальной науки и технологии как объект философии науки*. М.: ИФРАН; 2014:222–226.
8. Kaldewey D., Schauz D. Transforming pure science into basic research: the language of science policy in the United States. In: Kaldewey D., Schauz D., eds. *Basic and Applied Research: The Language of Science Policy in the Twentieth Century*. New York, Oxford: Berghahn Books; 2018:104–140.
9. Garis H. How will the artilect war start? In: Goertzel B., Goertzel T., eds. *The End of the Beginning. Life, Society and Economy on the Brink of the Singularity*. Leeds, UK: Humanity+ Press; 2015:117–124.
10. Одинец В.П. Появление названия дисциплины «компьютерные науки» – веление времени. *Вестник Сыктывкарского университета. Серия 1: Математика. Механика. Информатика*. 2016;1(21):58–68.
11. Каляев И.А. Искусственный интеллект: грядеши. *Экономические стратегии*. 2019;5:6–15. doi:10.33917/es-5.163.2019.6-15
12. Глушков В.М. *Кибернетика. Вопросы теории и практики*. М.: Наука; 1986. 488 с.
13. Bushmeleva N.A., Baklashova T.A. Methodological teaching system of mathematical foundations of formal languages as a means of fundamentalization of education. *Евразийский математический журнал*. 2017;13(8):5141–5155.

14. Thiruvengadam S., Tan J.S., Miller K. Artificial intelligence using hyper-algebraic networks. *Neuro-computing*. 2020;399:414–448.
15. Savchuk M.M., Fesenko A.V. Quantum computing: survey and analysis. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2019;55:10–21.
16. Rosenberg G., Salomaa A. *Handbook of Formal Languages. Vol. 1*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 1997. 873 p.
17. Liu R., Yang B., Zio E., Chen X. Artificial intelligence for fault diagnosis of rotating machinery: a review. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2018;108:33–47.
18. Naschie M.S. Cellular automata based on the golden mean number system as a foundation for artificial intelligence and artificial life. *International Journal of Artificial Intelligence and Mechatronics*. 2020;8(6):54–58.
19. Knut D.E. *The Art of Computer Programming. Vol. 4. A Combinatorial Algorithms. Part 1*. USA: Addison-Wesley Professional; 2014. 912 p.
20. Graham R.L., Knuth D.E., Patashnik O. *Concrete Mathematics. A Foundation for Computer Science*. USA: Addison-Wesley Professional; 1994. 657 p.
21. Перминов Е.А., Тестов В.А. Математизация профильных дисциплин как основа фундаментализации ИТ-подготовки в вузах. *Образование и наука*. 2024;26(7):12–42. doi:10.17853/1994-5639-2024-7-12-43
22. Гнатышина Е.В., Никитин П.И. STEM-образование: теоретические основания и компонентный состав. *Вестник Южно-Уральского государственного гуманитарно-педагогического университета*. 2024;2(180):95–111. doi:10.25588/CSPU.2024.180.2.005
23. Солодихина М.В., Солодихина А.А. Развитие критического мышления магистрантов с помощью STEM-кейсов. *Образование и наука*. 2019;21(3):125–153. doi:10.17853/1994-5639-2019-3-125-153
24. Кириллов Н.Н., Ермаков А.С., Ермаков Д.С. «Большие идеи» в школьном естественнонаучном образовании. *Нижегородское образование*. 2020;2:5–11.
25. Wynn C.M., Wiggins A.W. *The Five Biggest Ideas in Science*. New York: John Wiley & Sons; 1996. 208 p.
26. Колмогоров А.Н. Научные основы школьного курса математики. Первая лекция. *Математика в школе*. 1969;3:12–18.
27. Семенов А.Л., Абылкасымова А.Е. Подготовка будущего учителя математики – ключ к изменениям. *Вестник Московского университета. Серия 20. Педагогическое образование*. 2024;22(2):2–28. doi:10.55959/LPEJ-24-13
28. Gyongyosi L., Imre S. A survey on quantum computing technology. *Computer Science Review*. 2019;31:51–71.
29. Панов А.Д. Технологическая сингулярность, теорема Пенроуза об Искусственном интеллекте и квантовая природа сознания. *Информационные технологии*. 2014;5:1–32.
30. Krantz S.G. *The Proof is in the Pudding. A Look at the Changing Nature of Mathematical Proof*. New York: Springer Nature; 2011. 277 p.
31. Heylighen F. (Meta)systems as constraints on variation: a classification and natural history of metasystem transitions. *World Futures: The Journal of General Evolution*. 1995;45:59–85.
32. Перминов Е.А. Об актуальности и методологических аспектах обучения будущих педагогов математическому моделированию. *Образование и наука*. 2014;1(2):17–33. doi:10.17853/1994-5639-2014-2-17-33
33. Permiunov E.A., Anakhov S.V., Grishin A.S., Savitskiy E.S. On the research of the methodology of mathematization of pedagogical science. *International Journal of Environmental & Science Education*. 2016;16:9339–9347.

References

1. Turchin V.F. *Fenomen nauku. Kibernetichitskiy podkhjd k evolyutsii* = *The Phenomenon of Science: A Cybernetic Approach to Evolution*. 2th ed. Moscow: Publishing House ETS; 2000. 368 p. (In Russ.)
2. Whittlestone J., Nyrup R., Alexandrova A., Dihal K., Cave S. *Ethical and Societal Implications of Algorithms, Data, and Artificial Intelligence*. London: Nuffield Foundation; 2019. 58 p.
3. Yarkova E.N. Utilitarianism as a philosophy of education. *Obrazovanie i nauka* = *The Education and Science Journal*. 2016;5(134):11–24. (In Russ.) doi:10.17853/1994-5639-2016-5-11-24
4. Sukhomlin V.A., Zubareva E.V. Curriculum paradigm – the methodological basis of modern education. *Sovremennye informacionnye tekhnologii i IT-obrazovanie* = *Modern Information Technologies and IT Education*. 2015;11(1):54–61. (In Russ.)
5. Projdakov E.M. Tree of computer science. In: *Naukovedcheskie issledovaniya. Sbornik nauchnyh trudov RAN. INION. Centr nauchno-informacionnyh issledovaniy po nauke, obrazovaniju i tehnologijam* = *Science Studies. Proceedings of the Russian Academy of Sciences (RAS). Institute of Scientific Information for Social Sciences (INION). Centre for Scientific and Informational Research in Science, Education and Technology*. Moscow: Publishing House Direct Media; 2012:120–137. (In Russ.)
6. Kelly K. *Neizbezhno. 12 tekhnologicheskikh trendov, kotorye opredelyayut nashe budushchee* = *The Inevitable: Understanding the 12 Technological Forces That Will Shape Our Future*. Translated from English by Konstantinova Yu., Mamedova T. Moscow: Publishing House Mann, Ivanov i Ferber; 2017. 352 p. (In Russ.)
7. Krushanov A.A. Relationship between basic research and technical and technological development as a historically variable relationship. In: *Vzaimosvyaz fundamentalnoj nauki i tekhnologii kak object filosofii nauki* = *Relationship of Fundamental Science and Technology as an Object of Philosophy of Science*. Moscow: Publishing House IFRAN; 2014:222–226. (In Russ.)
8. Kaldewey D., Schauz D. Transforming pure science into basic research: the language of science policy in the United States. In: Kaldewey D., Schauz D., eds. *Basic and Applied Research: The Language of Science Policy in the Twentieth Century*. New York, Oxford: Berghahn Books; 2018:104–140.
9. Garis H. How will the artilect war start? In: Goertzel B., Goertzel T., eds. *The End of the Beginning. Life, Society and Economy on the Brink of the Singularity*. Leeds, UK: Humanity+ Press; 2015:117–124.
10. Odinets V.P. Appearance of the name of the discipline “computer science” – dictates of time. *Vestnik Syktyvskarskogo universiteta* = *Bulletin of Syktyvkar University. Series 1: Mathematics. Mechanics. Computer Science*. 2016;1(21):58–68. (In Russ.)
11. Kalyaev I.A. Artificial intelligence: whither goest thou? *Ekonomicheskie strategii* = *Economic Strategies*. 2019;5:6–18. (In Russ.) doi:10.33917/es-5.163.2019.6-15
12. Glushkov V.M. *Kibernetika. Voprosy teorii i praktiki* = *Cybernetics. Questions of Theory and Practice*. Moscow: Publishing House Nauka; 1986. 488 p. (In Russ.)
13. Bushmeleva N.A., Baklashova T.A. Methodological teaching system of mathematical foundations of formal languages as a means of fundamentalization of education. *Evrasijskij matematicheskij zhurnal* = *Eurasian Mathematical Journal*. 2017;13(8):5141–5155. (In Russ.)
14. Thiruvengadam S., Tan J.S., Miller K. Artificial intelligence using hyper-algebraic networks. *Neurocomputing*. 2020;399:414–448.
15. Savchuk M.M., Fesenko A.V. Quantum computing: survey and analysis. *Cybernetics and Systems Analysis*. 2019;55:10–21.
16. Rosenberg G., Salomaa A. *Handbook of Formal Languages. Vol. 1*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag; 1997. 873 p.
17. Liu R., Yang B., Zio E., Chen X. Artificial intelligence for fault diagnosis of rotating machinery: a review. *Mechanical Systems and Signal Processing*. 2018;108:33–47.

18. Naschie M.S. Cellular automata based on the golden mean number system as a foundation for artificial intelligence and artificial life. *International Journal of Artificial Intelligence and Mechatronics*. 2020;8(6):54–58.
19. Knut D.E. *The Art of Computer Programming. Vol. 4. A Combinatorial Algorithms. Part 1*. USA: Addison-Wesley Professional; 2014. 912 p.
20. Graham R.L., Knuth D.E., Patashnik O. *Concrete Mathematics. A Foundation for Computer Science*. USA: Addison-Wesley Professional; 1994. 657 p.
21. Perminov E.A., Testov V.A. Mathematization of specialised disciplines as the basis for fundamentalising IT training in universities. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2024;26(7):12–42. (In Russ.). doi:10.17853/1994-5639-2024-7-12-43
22. Gnatyshina E.V., Nikitin P.I. STEM-education: theoretical foundations and component composition. *Vestnik Yuzhno-ural'skogo gosudarstvennogo humanitarno-pedagogicheskogo universiteta = Bulletin of the South Ural State Humanitarian and Pedagogical University*. 2024;2(180):95–111. (In Russ.) doi:10.25588/CSPU.2024.180.2.005
23. Solodikhina M.V., Solodikhina A.A. Developing critical thinking in master's students with STEM cases. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2019;21(3):125–153. (In Russ.) doi:10.17853/1994-5639-2019-3-125-153
24. Kirillov N.N., Ermakov A.S., Ermakov D.S. "Big ideas" in school natural science education. *Nizhegorodskoe obrazovanie = Nizhny Novgorod Education*. 2020;2:5–11. (In Russ.)
25. Wynn C.M., Wiggins A.W. *The Five Biggest Ideas in Science*. New York: John Wiley & Sons; 1996. 208 p.
26. Kolmogorov A.N. Scientific foundations of the school course of mathematics. First lecture. *Matematika v shkole = Mathematics in School*. 1969;3:12–18. (In Russ.)
27. Semenov A.L., Abylkasymova A.E. Training the future mathematics teacher: the key to change. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 20. Pedagogicheskoe obrazovanie = Lomonosov Pedagogical Education Journal*. 2024;2(2):24–28. (In Russ.) doi:10.55959/LPEJ-24-13
28. Gyongyosi L., Imre S. A survey on quantum computing technology. *Computer Science Review*. 2019;31:51–71.
29. Panov A.D. Technological singularity, Penrose's theorem on artificial intelligence and the quantum nature of consciousness. *Informatsionnaya tekhnologiya = Information Technology*. 2014;5:1–32. (In Russ.)
30. Krantz S. G. *The Proof is in the Pudding. A Look at the Changing Nature of Mathematical Proof*. New York: Springer Nature; 2011. 277 p.
31. Heylighen F. (Meta)systems as constraints on variation: a classification and natural history of metasystem transitions. *World Futures: Journal of General Evolution*. 1995;45:59–85.
32. Perminov E.A. About the relevance and methodology aspects of teaching the mathematical modeling to pedagogical students. *Obrazovanie i nauka = The Education and Science Journal*. 2014;1(2):17–33. (In Russ.). doi:10.17853/1994-5639-2014-2-17-33
33. Perminov E.A., Anakhov S.V., Grishin A.S., Savitskiy E.S. On the research of the methodology of mathematization of pedagogical science. *International Journal of Environmental & Science Education*. 2016;16:9339–9347. doi:10.17853/1994-5639-2016-1-4-20

Информация об авторах:

Тестов Владимир Афанасьевич – доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры математики и информатики Вологодского государственного университета, Вологда, Российская Федерация; ORCID 0000-0002-3573-574X, ResearcherID A-5900-2016, Scopus Author ID 57203921177. E-mail: vladafan@inbox.ru

Перминов Евгений Александрович – доктор педагогических наук, доцент, профессор кафедры математических и естественнонаучных дисциплин Уральского государственного педагогиче-

ского университета, Екатеринбург, Российская Федерация; ORCID 0000-0002-8807-2476. E-mail: perminov_ea@mail.ru

Вклад соавторов. Авторы внесли равный вклад в подготовку статьи

Информация о конфликте интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Статья поступила в редакцию 06.11.2025, поступила после рецензирования 27.01.2026; принята к публикации 04.02.2026.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Vladimir A. Testov – Dr. Sci. (Education), Professor, Department of Mathematics, Vologda State University, Vologda, Russian Federation; ORCID 0000-0002-3573-574X, ResearcherID A-5900-2016, Scopus Author ID 57203921177. E-mail: vladafan@inbox.ru

Evgeniy A. Perminov – Dr. Sci. (Education), Associate Professor, Professor, Department of Mathematics and Natural Sciences, Ural State Pedagogical University, Ekaterinburg, Russian Federation; ORCID 0000-0002-8807-2476. E-mail: perminov_ea@mail.ru

Contribution of the authors. The authors contributed equally to the preparation of this article.

Conflict of interest statement. The authors declare that there is no conflict of interest.

Received 06.11.2025; revised 27.01.2026; accepted for publication 04.02.2026.

The authors have read and approved the final manuscript.