

МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
имени М.В. ЛОМОНОСОВА

На правах рукописи

Хилюк Елена Александровна

**Формирование информационно-математической компетентности
школьников 8-9 классов
во внеурочной деятельности
(на примере учебного курса
«Математика – основа цифрового мира»)**

Специальность – 5.8.2 Теория и методика обучения и воспитания
(математика, математика и механика (основное общее образование))

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата педагогических наук

Москва – 2025

Диссертация подготовлена на кафедре теоретической информатики и дискретной математики Института математики и информатики федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский педагогический государственный университет».

Научный руководитель – *Деза Елена Ивановна, доктор педагогических наук, профессор*

Официальные оппоненты – *Калинин Сергей Иванович, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры фундаментальной математики факультета компьютерных и физико-математических наук института математики и информационных систем ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет»*

Тестов Владимир Афанасьевич, доктор педагогических наук, профессор, профессор кафедры математики и информатики института математики, естественных и компьютерных наук ФГБОУ ВО «Вологодский государственный университет»

Шабанова Мария Валерьевна, доктор педагогических наук, профессор, заместитель начальника отдела методического обеспечения процедур оценки качества общего образования ГАОУ ДПО г. Москвы «Московский центр качества образования»

Защита диссертации состоится 15 мая 2025 г. в 16 часов 45 минут на заседании диссертационного совета МГУ.058.2 Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова по адресу: г. Москва, Ленинские Горы, д. 1, механико-математический факультет, ауд. 1408.

E-mail: dissovet.msu.13.02@math.msu.ru

С диссертацией можно ознакомиться в отделе диссертаций научной библиотеки МГУ имени М.В. Ломоносова (Ломоносовский просп., д. 27) и на портале: <https://dissovet.msu.ru/dissertation/3401/>

Автореферат разослан «11» апреля 2025 г.

Ученый секретарь диссертационного совета,
доктор физико-математических наук

А.В. Боровских

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность исследования. Характерной особенностью современного общества является его цифровой характер. Происходят динамичные изменения, связанные с возрастанием объема информации, стремительным развитием цифровых технологий и средств, влияющих на экономические и социокультурные условия жизни. Такая тенденция требует от образования усиления акцента на вопросы формирования личности, обладающей необходимыми для успешного функционирования в новом социуме интегративными качествами, знаниями и умениями, востребованными информационным обществом.

Для подготовки обучающихся к самореализации в новом социуме особенно важным становится понимание роли математики как основы цифрового мира. В ходе международной онлайн-конференции Artificial Intelligence Journey (3-5 декабря 2020 года) по искусственному интеллекту и анализу данных¹, президент Российской Федерации В. В. Путин отметил, что в условиях глобального развития информационных технологий, внедрения цифровой модели обучения, необходимо прививать любовь к точным наукам еще со школы: «Без прочных знаний математики сегодняшним школьникам точно не обойтись, она действительно является настоящей царицей наук... Её язык, законы — универсальны. И в условиях стремительного развития технологий они понадобятся буквально каждому человеку для решения самых разнообразных задач». В «Концепции развития математического образования в Российской Федерации»² подчеркивается, что изучение математики имеет «системообразующую функцию», оказывает непосредственное влияние на интеллектуальное развитие обучающихся, на содержание и преподавание других дисциплин. Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования³ (ФГОС ООО) констатирует необходимость обеспечения гармоничного развития личности обучающегося, освоение им знаний, компетенций, необходимых для жизни в современном обществе, а также для дальнейшего успешного обучения.

Для эффективной самореализации в условиях современного цифрового мира школьникам необходимы особые интегративные качества, не сводящиеся к предметным знаниям, умениям и навыкам. Для описания и представления таких качеств обычно используется компетентностный подход. Следовательно, поставленная задача может быть сформулирована как проблема формирования у школьников компетентности, заключающейся (в широком смысле) в готовности и способности осознанно применять математику в учебно-

¹ Материалы международной онлайн-конференции Artificial Intelligence Journey –URL: <https://ai-journey.ru/> (дата обращения: 02.04.2022).

² Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2013 г. № 2506-р Концепция развития математического образования в Российской Федерации – URL: <https://docs.edu.gov.ru/document/b18bcc453a2a1f7e855416b198e5e276/> (дата обращения: 02.04.2022).

³ Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования». – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/> (дата обращения: 02.04.2022).

познавательной деятельности и жизненной практике в условиях информационного общества. Такую компетентность естественно назвать *информационно-математической (ИМ-компетентностью) школьников*.

На сегодняшний день нет единого мнения исследователей в вопросах определения понятийного аппарата, сущности и структуры данной компетентности. Различные аспекты формирования информационной компетентности студентов и школьников отражены в работах исследователей: А. И. Каптерев, О. Е. Королева, С. В. Маклецов, А. С. Нефедова, А. Ю. Петухов и др. Формированию математической компетентности студентов посвящены работы М. С. Аммосовой, И. И. Бондаренко, И. Н. Разливинских, Е. В. Сергеевой и др. Ряд работ посвящен исследованию математической компетентности школьников (И. Н. Аллагулова, И. В. Китаева, Е. Л. Шквыря и др.) или компетентностей школьников, близких к математической: познавательной компетентности (В.Н. Пустовойтов), стохастической компетентности (И. В. Китаева), исследовательской компетентности (М. Н. Соловьева, Л. В. Форкунова). Понятие «информационно-математическая компетентность» рассматривается в работах О. А. Валихановой, Е. А. Дегтяревой, И. И. Ильиной, А. В. Кузьминой, Т. А. Лавиной, Д. Н. Шеховцовой и др. лишь в контексте обучения студентов. В большинстве работ авторы предлагают подходы к пониманию сущности этой компетентности через описание ее структуры: как правило, выделяются математические знания, умения и навыки в области информационно-коммуникационных технологий (ИКТ), умения подбора ИКТ-средств для исследования математических моделей задач профессиональной деятельности. Отдельные авторы (Т. А. Лавина, И. И. Ильина) предлагают подходы к определению информационно-математической компетентности студентов как интегративного личностно-профессионального образования, отражающего комплексную направленность обучаемых на использование математических инструментариев и ИКТ в учебной деятельности.

Таким образом, большинство исследований посвящены вопросам формирования ИМ-компетентности студентов различных направлений подготовки, вопросы формирования рассматриваемой компетентности школьников в современных исследованиях практически не отражены.

Содержательной математической основой для формирования ИМ-компетентности могут быть задачи, имеющие теоретическое и практическое значение, демонстрирующие фундаментальный характер математической науки в эпоху информатизации. С одной стороны, математические знания и умения напрямую требуются для работы с разнообразной информацией цифрового мира, с другой стороны, математика лежит в основе развития цифровых технологий информационного общества. В Федеральной рабочей программе основного общего образования по математике (базовый уровень) в качестве основных видов деятельности обучающихся выделены, в том числе, следующие: «формулировать жизненные ситуации на

языке математики», «моделировать с помощью формул, ..., графиков реальные процессы и явления»¹.

Однако для формирования способностей применять математику в различных ситуациях лишь умений решать задачи на приложения недостаточно. Необходимы умения использовать цифровые образовательные ресурсы (ЦОР) для построения и исследования математических моделей. Другими словами, необходимо обучение школьной математике, рассчитанное на активное использование дидактических возможностей специальным образом организованной цифровой образовательной среды (ЦОС). Представляется методически оправданным использование при обучении системы задач, составленной таким образом, чтобы обеспечивалась дидактическая целесообразность использования ЦОС для работы с математическими моделями, рассматриваемыми в задачах, и исследование этих моделей с точки зрения математики.

Таким образом, обоснована необходимость формирования *ИМ-компетентности школьников*, под которой будем понимать (в узком смысле) *интегративную характеристику, предполагающую обладание обучающимися рядом общих и специальных математических знаний и умений, инструментальных навыков, личностных качеств, востребованных для самореализации в условиях современного информационного общества, готовность и способность применять их при работе с разнообразной информацией в учебно-познавательной и практической деятельности.*

Отдельные вопросы такой теории в рамках изучения образовательной области «Математика и информатика» в настоящее время отнесены к предмету «информатика». Анализ результатов ЕГЭ по информатике² позволяет констатировать невысокий процент выполнения заданий, для решения которых в первую очередь требуются фундаментальные математические знания по вопросам, связанным с систематическими числами, кодированием информации, элементами математической логики, арифметикой вычетов, теорией графов, теорией рекуррентных соотношений, целочисленным линейным программированием с двумя переменными, описательной статистикой. При этом уже в 8-9 классах у школьников имеется достаточный математический багаж для рассмотрения вопросов, связанных с пониманием математики как основы цифрового мира, и определенные навыки работы с цифровыми средствами.

Внеурочная деятельность, как отмечается во ФГОС ООО, направлена на «достижение планируемых результатов освоения программы основного общего образования с учетом выбора участниками образовательных отношений

¹ Федеральная рабочая программа основного общего образования. Математика. Базовый уровень (для 5-9 классов образовательных организаций) – Москва: 2023. – URL: https://edsoo.ru/wp-content/uploads/2023/08/13_ФРП_Математика_5-9-классы_база.pdf (дата обращения: 11.12.2023).

² Крылов, С. С. Аналитический отчет о результатах участников ЕГЭ 2023 года по информатике, включая методические рекомендации для учителей, подготовленные на основе анализа типичных ошибок участников ЕГЭ 2023 г. – URL: https://doc.fipi.ru/ege/analiticheskie-i-metodicheskie-materialy/2023/inf_mr_2023.pdf (дата обращения: 10.04.2024).

учебных курсов внеурочной деятельности»¹. Обучение математике во внеурочной деятельности позволяет включать старших подростков в практико-ориентированную деятельность, имеющую личностный смысл, формировать необходимые для цифрового социума личностные качества школьников и специальные математические умения с учетом образовательных потребностей и интересов обучающихся на основе изучения математического содержания, дополняющего и расширяющего знания школьников, полученные на уроках. В работах А. Н. Афанасьевой, П. В. Сергеева, Х. С. Юсупова и др. изучены некоторые аспекты совершенствования методики обучения математике в рамках внеурочной деятельности. Однако работы, посвященные формированию информационно-математической компетентности школьников во внеурочной деятельности, отсутствуют.

Таким образом, для решения проблемы формирования ИМ-компетентности школьников необходимо экспериментальное исследование, проводить которое целесообразно, ориентируясь на возможности внеурочной деятельности.

Анализ состояния рассматриваемой проблемы в теории и методике обучения и воспитания, практике работы отечественной школы позволил определить ключевые **противоречия** между:

- ориентацией общества, государства и ФГОС ООО на человека, обладающего интегративными качествами личности, математическими знаниями, умениями, навыками, необходимыми для осознанного использования возможностей работы с информацией, саморазвития и эффективной самореализации в условиях современного цифрового мира, и отсутствием у ученых-методистов инструментов для развития подобных качеств личности при обучении как математике, так и информатике, на уровне основного общего образования;

- необходимостью обретения школьниками ИМ-компетентности для решения учебно-познавательных задач, саморазвития и самореализации личности в условиях информатизации общества, предполагающей обладание обучающимися рядом общих и специальных математических знаний и умений, инструментальных навыков, личностных качеств, востребованных для самореализации в современном информационном обществе, готовность и способность применять их при работе с разнообразной информацией в учебно-познавательной и практической деятельности, и отсутствием у учителей методики формирования такой компетентности у школьников 8-9 классов при обучении математике;

- широкими возможностями внеурочной деятельности для развития интегративных качеств школьников, в том числе, для формирования ИМ-компетентности на основе решения задач, имеющих важное значение как для математики, так и для информатики, в условиях систематического

¹ Приказ Министерства просвещения Российской Федерации от 31.05.2021 № 287 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования». – URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/401333920/> (дата обращения: 02.04.2022).

использования дидактических возможностей ЦОС, и отсутствием конкретных механизмов использования этого потенциала учителями математики современной общеобразовательной школы.

Проблема исследования заключается в перечисленных противоречиях, и ее решение состоит в поиске практических путей формирования информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов при обучении математике во внеурочной деятельности.

Актуальность и недостаточная изученность исследуемой проблемы обусловили выбор темы исследования: «Формирование информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности (на примере учебного курса «Математика – основа цифрового мира»)».

Объект исследования: процесс обучения математике школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности.

Предмет исследования: методика формирования информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов при обучении математике во внеурочной деятельности (на примере учебного курса «Математика – основа цифрового мира»).

Цель исследования: определить содержание понятия «информационно-математическая компетентность школьников 8-9 классов» и разработать методику формирования информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности (на примере учебного курса «Математика – основа цифрового мира»), выявить результативность формирования указанной компетентности у обучающихся.

Гипотеза исследования: если обучение математике во внеурочной деятельности строить на основе специальным образом разработанной системы математических задач, содержание которых ориентировано на демонстрацию возможностей работы с информацией в условиях современного информационного общества, саморазвитие и эффективную самореализацию, отобранных цифровых устройств, программных и учебно-методических средств, выделенных методов, форм и стратегий обучения, оптимально сочетать урочную и внеурочную деятельность, то у школьников 8-9 классов будет в нужном объеме сформирована информационно-математическая компетентность, способствующая решению актуальной задачи подготовки обучающихся к осознанному применению математики в условиях цифрового мира.

Цели, предмет и гипотеза исследования определили следующие **задачи исследования.**

1. На основе анализа нормативных документов сферы образования, психолого-педагогической, философской, учебно-методической, научной литературы и диссертационных исследований выявить актуальность формирования информационно-математической компетентности школьников как требования информационного общества, определить содержание понятия «информационно-математическая компетентность школьников 8-9 классов».

2. На основе анализа особенностей обучения школьной математике в современных условиях выявить возможности внеурочной деятельности для формирования информационно-математической компетентности обучающихся 8-9 классов.

3. Разработать модель формирования информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности по математике.

4. Разработать содержание учебного курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира», многоуровневую верную систему математических задач как основу формирования информационно-математической компетентности школьников; предложить стратегии обучения курсу внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира».

5. Разработать механизмы диагностики результативности формирования информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности по математике, провести педагогический эксперимент и проанализировать его результаты.

Теоретико-методологическую основу диссертации составили: положения нормативных документов в сфере образования и информатизации (Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации», «Концепция развития математического образования в Российской Федерации», Федеральный государственный образовательный стандарт основного общего образования, «Стратегия развития информационного общества в Российской Федерации на 2017 – 2030 годы», «Стратегия развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014 - 2020 годы и на перспективу до 2025 года», Федеральный проект «Цифровая образовательная среда» Национального проекта «Образование» и др.); научные труды по теории системно-деятельностного подхода (Л. С. Выготский, И. А. Зимняя, А. Н. Леонтьев и др.); научные труды по теории компетентностного подхода (И. А. Зимняя, А. В. Хуторской и др.); научные труды по теории личностно-ориентированного подхода (В. В. Сериков, И. С. Якиманская и др.); концепции фундаментализации образования (Е. И. Деза, Г. И. Саранцев, В. А. Тестов, И. В. Егорченко и др.); научные труды по проблемам информатизации образования (С. А. Бешенков, Л. Л. Босова, Е. И. Булин-Соколова, Я. А. Ваграменко, И. Е. Вострокнутов, С. Г. Григорьев, В. В. Гриншкун, Т. Б. Захарова, А. Ю. Кравцова, Е. С. Полат, И. В. Роберт, О. Г. Смолянинова и др.); научные труды по проблемам обучения математике (В. А. Гусев, М. В. Егупова, А. Г. Мордкович, Е. И. Смирнов, В. А. Тестов и др.); научные труды по проблемам применения информационных технологий в процессе обучения математике (В. П. Джаджа, С. С. Кравцов, Л. П. Мартиросян, М. И. Рагулина и др.); научные труды по проблемам формирования информационной компетентности обучающихся (С. В. Маклецов, А. С. Нефедова, С. В. Тришина и др.); формирования математической компетентности обучающихся (М. С. Аммосова, И. И. Бондаренко, И. В. Детушев, Д. А. Картежников, И. Н. Разливинских, Е. В. Сергеева,

Я. Г. Стельмах, И. В. Тюжина и др.); формирования информационно-математической компетентности обучающихся (О. А. Валиханова, Е. А. Дегтяревой, И. И. Ильиной, А. В. Кузьминой, Т. А. Лавиной, Д. Н. Шеховцовой и др.); научные труды по теории и практике решения задач на приложения в процессе обучения математике (В. А. Гусев, М. В. Егупова, Ю. М. Колягин, Г. Л. Луканкин, Н. А. Терешин, Л. Э. Хаймина, И. М. Шапиро и др.); научные труды по проблемам организации внеурочной деятельности в школе (Г. А. Тимуршина, В. Н. Пересыпкин, Д. В. Григорьев и др.); научные труды по дискретной математике (А. С. Алфимова, Е. И. Деза, В. И. Нечаев, Е. А. Перминов и др.).

При решении поставленных задач использовались следующие **методы исследования**: эмпирического уровня – наблюдение за работой педагогов и учебной деятельностью обучающихся, описание, классификация, систематизация, анкетирование, опрос, беседы, тестирование, исследование проверочных, проектных и исследовательских работ школьников; теоретического уровня – формализация, математизация; а также универсальные методы – анализ, синтез, аналогия, абстрагирование, исследование психолого-педагогической, научно-методической, математической литературы; педагогический эксперимент, качественный и количественный анализ его результатов на базе методов математической статистики.

База исследования: МБОУ ДПО «Учебно-методический центр» г.о. Чехов Московской области, ГБОУ г. Москвы «Школа № 2109», ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», ГАОУ ВО г. Москвы «Московский городской педагогический университет».

Этапы исследования. Исследование осуществлялось в три этапа в период с 2007 по 2025 годы.

Первый этап (констатирующий) проводился с 2007 по 2016 годы. В течение этого периода была проанализирована философская, психолого-педагогическая, методическая литература по вопросам информатизации образования, совершенствования методики обучения математики в этих условиях. Исследованы подходы к определению понятия «информационно-математическая компетентность», пути формирования такой компетентности у школьников. Выявлена необходимость и возможность формирования ИМ-компетентности школьников 8-9 классов при решении задач в условиях ЦОС, отобрано математическое содержание учебного курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира». Проанализировано состояние проблемы в практике работы современной школы. Уточнена тематика исследования, обоснована его актуальность, определены основные противоречия образовательного процесса в условиях информатизации, сформулированы необходимые характеристики диссертационного исследования.

Второй этап (поисковый) проводился с 2016 по 2019 годы. В ходе этого этапа была разработана модель формирования ИМ-компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности по математике. Опираясь

на выделенные теоретические основания, построена система целей модели в виде общекультурных (личностных и инструментальных) и математических (общенаучных и специальных) компетенций, на основе которой определено содержание понятия «информационно-математическая компетентность школьников 8-9 классов», разработаны уровни сформированности такой компетентности у обучающихся. С учетом выделенных принципов разработано содержание учебного курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира». Произведен анализ и отбор компонентов ЦОС модели (цифровых устройств, программных и учебно-методических средств), а также актуальных методов, форм, стратегий обучения; на основании выделенных принципов построена многоуровневая веерная система математических задач, являющаяся интегративным элементом модели. Предложена схема диагностики уровней сформированности ИМ-компетентности школьников.

Третий этап (обучающий и контролирующий) проводился с 2019 по 2025 годы. В рамках данного этапа была проведена апробация методики формирования ИМ-компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности на примере учебного курса «Математика – основа цифрового мира», проведено уточнение и корректировка ее составляющих. Реализована обработка экспериментальных данных. Проведено оформление диссертационной работы.

Научная новизна исследования заключается в том, что:

- обоснована возможность и целесообразность формирования информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности для их успешной самореализации в современном информационном обществе;

- определены состав и структура информационно-математической компетентности школьников в терминах общекультурных (личностных и инструментальных) и математических (общенаучных и специальных) компетенций;

- создана модель формирования информационно-математической компетентности школьников во внеурочной деятельности по математике, в том числе, выявлены принципы содержательного наполнения модели, разработаны подходы к конструированию многоуровневой веерной системы математических задач, ориентированной на формирование информационно-математической компетентности обучающихся: уровни системы соответствуют уровням формирования информационно-математической компетентности школьников (пропедевтический, начальный, базовый, оптимальный, творческий); веерность обеспечивается рассмотрением чисто математических и задач на приложения с межпредметным и внепредметным содержанием;

- разработаны шкалы диагностики результативности формирования информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности по математике.

Теоретическая значимость исследования состоит в определении содержания понятия «информационно-математическая компетентность

школьников 8-9 классов», разработке уровней формирования информационно-математической компетентности школьников; построении системы целей реализации модели формирования информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности по математике; разработке детализации математических специальных информационно-математических компетенций, формируемых у школьников 8-9 классов при обучении учебному курсу внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира».

Практическая значимость исследования состоит в отборе и систематизации программно-технологического обеспечения методики формирования информационно-математической компетентности школьников во внеурочной деятельности, включающего в себя цифровые устройства, программные и учебно-методические средства, отобранные методы, формы, стратегии обучения; разработке учебно-методических материалов по учебному курсу внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира»: программы курса, его математического содержания, в том числе многоуровневой верной системы математических задач, методических рекомендаций по организации и проведению занятий, учебно-методического пособия «Математика – основа цифрового мира», одноименного цифрового образовательного ресурса, реализованного на образовательной платформе «ЯКласс».

Все разработанные материалы внедрены в педагогическую практику. Программа учебного курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира» утверждена и рекомендована к реализации школьным методическим объединением ГБОУ г. Москвы «Школа № 2109».

Предложенные материалы могут быть использованы учителями математики при разработке собственных учебно-методических материалов, проведении внеурочных занятий, организации проектной и исследовательской деятельности школьников, в процессе методической подготовки студентов бакалавриата-будущих учителей математики, обучающихся по направлению 44.03.01 «Педагогическое образование» и 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», а также при реализации образовательных программ курсов повышения квалификации учителей математики.

Достоверность и обоснованность результатов исследования обеспечивается обоснованным выбором методологических, психолого-педагогических и научно-методических подходов, лежащих в основе диссертационной работы и полностью соответствующих ее целям; теоретическим обоснованием и экспериментальным подтверждением всех положений исследования; соответствием используемых методов исследования поставленным в диссертационной работе задачам; положительными результатами проведенного в ходе исследования педагогического эксперимента, их соответствием современным требованиям ФГОС ООО; возможностью повторения педагогического эксперимента; корреляцией

данных, полученных в ходе исследования, с опытом практической работы автора в качестве учителя математики общеобразовательной школы, преподавателя педагогического университета.

На защиту выносятся следующие положения.

1. Использование модели формирования информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности по математике позволяет формировать информационно-математическую компетентность обучающихся, способствующую решению задачи подготовки школьников к осознанному применению математики в условиях цифрового социума.

2. Предложенная модель будет результативной, если она содержит следующие блоки: методологический (выделены принципы фундаментальности, интегративности, информатизации и самореализации), целевой (представлен общекультурными личностными и инструментальными, математическими общенаучными и специальными информационно-математическими компетенциями), содержательный (ориентирован на широкий спектр задач, решаемых как с помощью фундаментальных математических методов, так и с помощью цифровых ресурсов), программно-технологический (на базе отобранных цифровых устройств, программных и учебно-методических средств ЦОС и выделенных методов, форм, стратегий обучения), диагностический (на основе разработанных шкал уровней освоения информационно-математических компетенций школьников).

3. Организация обучения математике во внеурочной деятельности на основе разработанной многоуровневой веерной системы математических задач, отобранных цифровых устройств, программных и учебно-методических средств, выделенных методов, форм, стратегий обучения, способствует эффективному формированию информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов.

Апробация результатов исследования. Основные положения исследования были апробированы в рамках проведения ряда конференций и семинаров, в том числе: XXV Всероссийский семинар преподавателей математики университетов и педвузов (Киров, 2006), Международная научная конференция «LX Герценовские чтения», посвященную 210-летию РГПУ им. А. И. Герцена (Санкт-Петербург, 2007), Международная научно-практическая конференция, посвященная 100-летию со дня рождения З. А. Бишевой (Стерлитамак, 2008), XXI Международная конференции «Применение новых технологий в образовании» (Троицк, 2010), 29-й Всероссийский научный семинар преподавателей математики вузов (Москва, 2010), XXX Всероссийский семинар преподавателей математики высших учебных заведений (Елабуга, 2011), XXVI международная конференция «Применение инновационных технологий в образовании» (Троицк, 2015), III Всероссийская научно-практическая конференция «Информационные и инновационные технологии в образовании» (Таганрог, 2018), IV Международная научная конференция «Актуальные проблемы

обучения математике и информатике в школе и вузе» (Москва, 2018), XVII открытая Всероссийская конференция «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации», (Новосибирск, 2019), V Международная заочная научная конференция «Актуальные проблемы обучения математике и информатике в школе и вузе» (Москва, 2019), Международная научно-практическая интернет-конференция «Актуальные проблемы методики обучения информатике и математике в современной школе» (Москва, 2020), VI международная научная интернет-конференция «Актуальные проблемы обучения математике и информатике в школе и вузе» (Москва, 2020), V Международная очно-заочная научно-практическая конференция «Проблемы и перспективы современного образования: практика вуза и школы», (Новокузнецк, 2021), Всероссийская научно-практическая конференция «Инновационные подходы к обучению математике в школе и вузе», (Омск, 2021), Международная научно-практическая интернет-конференция «Актуальные проблемы обучения математике и информатике в школе и в вузе» (Москва, 2021), XXXI, XXXII, XXXIII, XXXIV, XXXV конференции с международным участием «Современные информационные технологии в образовании», (Троицк, Москва, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024), Всероссийский съезд учителей и преподавателей математики и информатики (Москва, 2022, 2023), XXII, XXIII, XXIV международные научно-практические конференции «Новые информационные технологии в образовании» (Экосистема 1С для цифровизации экономики, организации учебного процесса и развития профессиональных компетенций) (Москва, 2022, 2023, 2024), VI, VII Всероссийская (с международным участием) научно-практическая конференция «Актуальные проблемы теории и практики обучения физико-математическим и техническим дисциплинам в современном образовательном пространстве» (Курск, 2022, 2023), Всероссийская научная конференция с международным участием «Открытая наука-2022» (Москва, 2022), 21 Всероссийская конференция «Преподавание информационных технологий в Российской Федерации» (Нижний Новгород, 2023), Большая конференция МГПУ (Москва, 2023).

Внедрение результатов исследования проводилось на базе ГБОУ г. Москвы «Школа № 2109», образовательных организаций и Учебно-методического центра г. о. Чехов Московской области, Института математики и информатики ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», Института цифрового образования ГАОУ ВО г. Москвы «Московский городской педагогический университет».

По теме исследования опубликовано 11 научных и учебно-методических работ, из них 6 статей – в изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 5.8.2 Теория и методика обучения и воспитания (математика, математика и механика)

Структура диссертации. Диссертация состоит из введения, трех глав, заключения, списка литературы (290 источников) и одиннадцати приложений. Общий объем диссертационного исследования составляет 278 страниц.

Основной текст – 206 страниц, список литературы – 42 страницы, приложения – 30 страниц.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ДИССЕРТАЦИИ

Во *введении* обоснована актуальность выбранной темы, определены цель и задачи исследования, сформулированы предмет и объект исследования, раскрыты его научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Сформулированы положения, выносимые на защиту. Приведены сведения об апробации результатов.

В *первой главе* разработаны теоретические основы формирования информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов.

Первый параграф посвящен осмыслению понятия «информационно-математическая компетентность школьников» как требования информационного общества. Необходимость работы с информацией в современном социуме предполагает, с одной стороны, наличие компетентностей, связанных с работой со средствами информатизации, с другой, – связанными с владением определенными математическими методами обработки такой информации. Такие компетентности являются взаимообогащающими и дополняющими друг друга, таким образом, можно говорить о необходимости рассмотрения ИМ-компетентности.

Анализ исследований И. Н. Аллагуловой, М. С. Аммосовой, И. И. Бондаренко, Е. В. Гнатышина, А. И. Каптерева, С. В. Маклецова, А. С. Нефедовой, В. Н. Пустовойтова, И. В. Тюжиной и др. позволяет сделать вывод о том, что авторы видят взаимосвязь информационной и математической компетентностей обучающихся. При этом понятие «информационно-математической компетентности» рассмотрено только в отношении формирования такой компетентности у студентов (в работах О. А. Валихановой, Е. А. Дегтяревой, И. И. Ильиной, А. В. Кузьминой, Т. А. Лавиной, Д. Н. Шеховцовой и др.). Однако обновление содержания общего образования, цифровая трансформация образования, рассмотренные исследования (*Рисунок 1*) позволяют говорить о возможности формирования ИМ-компетентности школьников.

Во *втором параграфе* представлены особенности обучения школьной математике в современных условиях.

Выявлено, что важными являются следующие тенденции: информатизация общества и системы образования (Ю. В. Горошко, С. А. Кругликов, Л. П. Мартиросян, Н. В. Никонова, М. И. Рагулина, И. В. Роберт, Е. А. Троицкая, Л. Л. Якобсон и др.), усиление значения фундаментальности школьного математического образования (И. В. Егорченко, Е. И. Деза, И. В. Детушев, С. И. Калинин, Н. В. Садовников, Г. И. Саранцев, В. А. Тестов и др.), ориентация содержания математического образования на социальную практику (М. В. Егупова, И. И. Зубова, Е. М. Ложкина, Л. Э. Хаймина и др.).

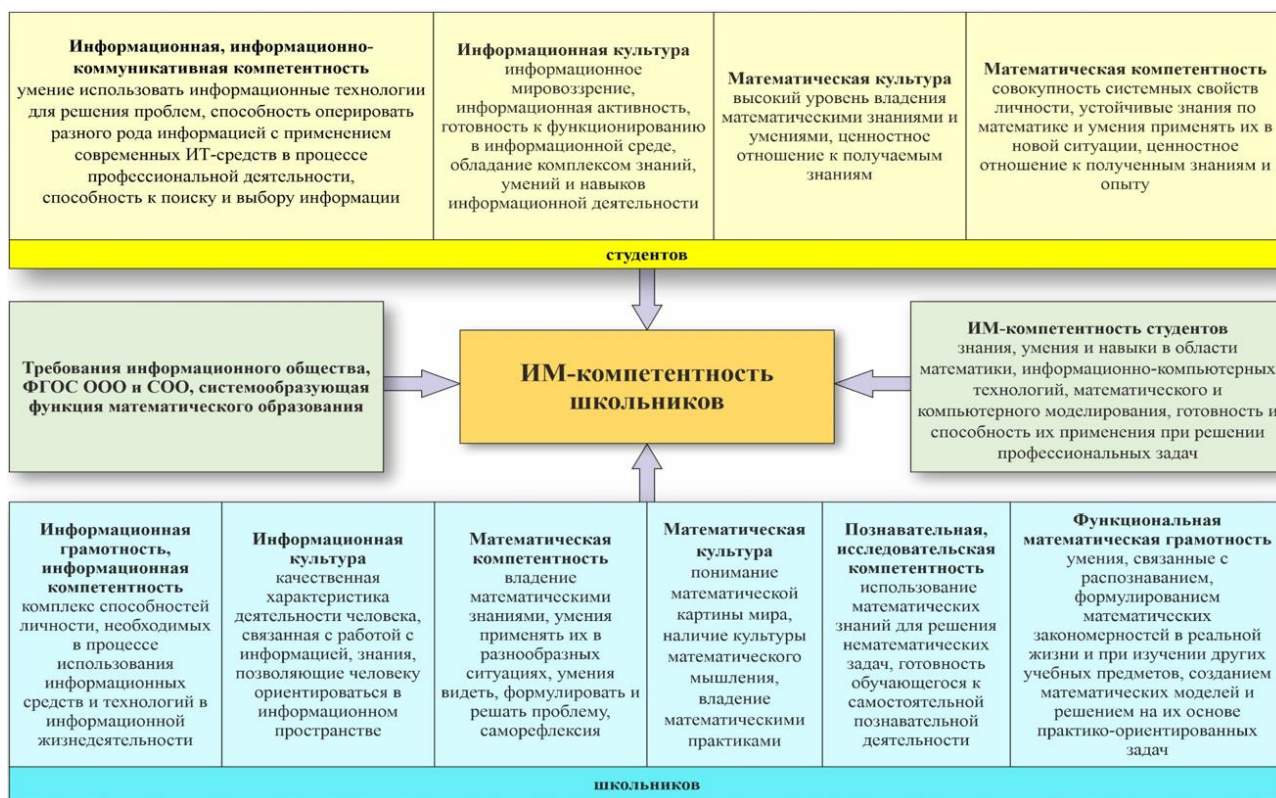


Рисунок 1. Генезис понятия «информационно-математическая компетентность школьников»

Был сделан вывод о том, что при разработке методики формирования ИМ-компетентности школьников необходимо основываться на системном освоении школьниками фундаментальных математических знаний и методов мышления, построении «фундаментально-знаниевого» каркаса личности для целостного восприятия цифрового мира; возможности применения полученных математических знаний в процессе математического моделирования для решения задач на приложения и междисциплинарных задач информационного общества; необходимости и возможности исследования построенных математических моделей в условиях специальным образом построенной цифровой образовательной среды.

В третьем параграфе проанализированы возможности внеурочной деятельности для формирования ИМ-компетентности подростков. Это расширение и углубление математического содержания, связанного с демонстрацией применения математических методов в цифровом мире; организация самостоятельной учебно-исследовательской математической деятельности школьников на базе использования различных программных средств для исследования построенных математических моделей; привлечение отобранных активных и интерактивных методов обучения математике в контексте системы «учитель-обучающиеся-цифровой образовательный контент»; использование возможностей дистанционных технологий для организации актуальных форм обучения на внеурочных занятиях по математике, способствующих формированию ИМ-компетентности школьников.

Во *второй главе* описана методика формирования ИМ-компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности (на примере учебного курса «Математика – основа цифрового мира»).

В *первом параграфе* построена модель формирования ИМ-компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности по математике (МФИМК), содержащая пять блоков: методологический, целевой, программно-технологический, содержательный и диагностический (*Рисунок 2*).

Методологический блок МФИМК разработан на основе базовых положений системно-деятельностного, компетентностного, личностно-ориентированного подходов, выделенных принципов фундаментальности, интегративности, информатизации и самореализации. *Фундаментальность* призвана обеспечить формирование фундаментально-знаниевого каркаса личности, глубину и прочность знаний, взаимосвязь теоретической и прикладной математической подготовки. *Интегративность* направлена на демонстрацию связей между математикой и другими учебными предметами, на формирование целостной картины мира. Принцип *информатизации* подразумевает, во-первых, реализацию процесса обучения с опорой на комплексное использование возможностей построенной цифровой образовательной среды; во-вторых, позволяет ориентировать обучение на демонстрацию приложений математической науки в цифровом мире. Принцип *самореализации* акцентирует внимание на выявлении и осуществлении личностью своих возможностей, достижении намеченных целей.

Цели реализации МФИМК сформулированы в виде общекультурных (личностных и инструментальных), и математических (общенаучных и специальных) компетенций (*Рисунок 3*).

Общекультурные личностные компетенции представляют собой сочетание знаний, умений, навыков, мотивов, ценностей, качеств школьников, обеспечивающих реализацию их личностного потенциала при успешном решении широкого круга жизненных и учебно-познавательных задач. *Общекультурные инструментальные компетенции* – когнитивные способности, навыки социального взаимодействия, исследовательские навыки, информационные знания, умения, навыки для решения большого спектра жизненных и учебно-познавательных задач. *Математические общенаучные компетенции* – способность осознанного понимания важности математического образования, места математики в современной картине мира. *Математические специальные компетенции* – знание ключевых математических теорий и методов, предметные математические умения и навыки, их осознанное применение для решения широкого круга современных теоретических, прикладных и практических задач на основе моделирования реальных процессов и явлений.

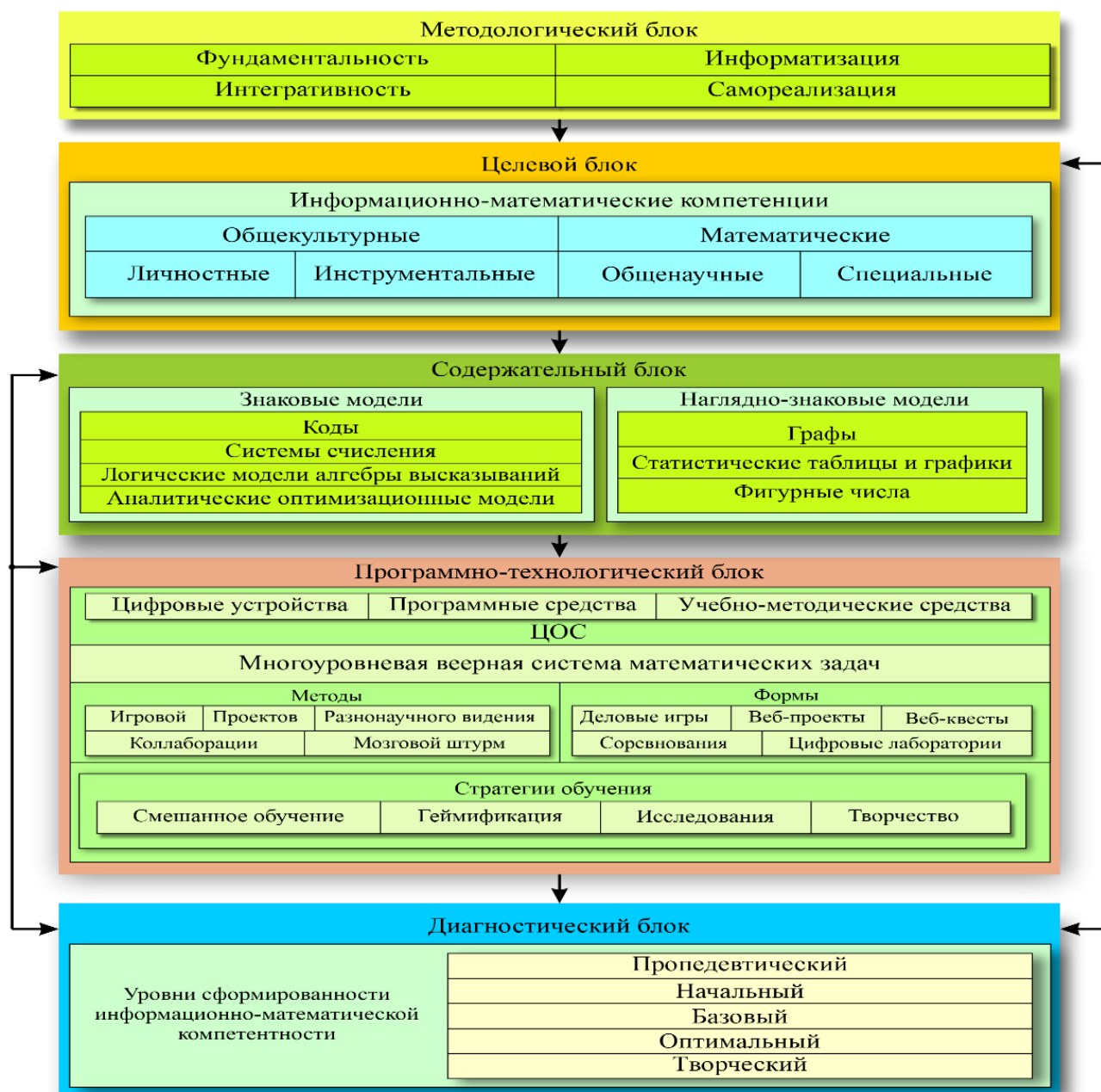


Рисунок 2. Модель формирования ИМ-компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности по математике

Общекультурные и математические компетенции, востребованные для самореализации индивида в цифровом мире, отнесены к ИМ-компетенциям. Информационно-математическая компетентность определена как обладание этими компетенциями, осознанная способность их использования в цифровом социуме. Уточнено определение *ИМ-компетентности школьников в узком смысле*.

Сформулированы ИМ-компетенции, формируемые у школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности в рамках МФИМК, по направлениям: *общекультурные личностные (в области гражданско-общественных отношений (ОЛ1), в области социально-трудовых сфер жизни (ОЛ2), в области культурно-нравственных сфер жизни (ОЛ3), в сфере экологических и*

валеологических представлений (ОЛ4)), в области ценностного отношения к современному научному познанию (ОЛ5)); общекультурные инструментальные (когнитивные (ОИ1), исследовательские (ОИ2), связанные с работой с мультимедийной информацией (ОИ3), социального взаимодействия (ОИ4), личностного самосовершенствования (ОИ5)); математические общенаучные (связанные с обретением представлений о математике как универсальном языке науки и техники (МО1), в направлении понимания векторов развития математической науки (МО2), связанные с пониманием возможностей применения методов математики в различных областях наук и в практике (МО3), связанные с опытом популяризации математической науки (МО4), связанные с пониманием важности математического мышления (МО5)); математические специальные (связанные с представлениями о различных видах ИМ-моделей (МС1), связанные с овладением специальными математическими знаниями, умениями, навыками, способами деятельности, необходимыми для исследования ИМ-моделей (МС2), связанные с опытом использования ИМ-моделей при решении задач на приложения (МС3)). Все МС ИМ-компетенции детализированы по направлениям «знать, уметь, владеть».

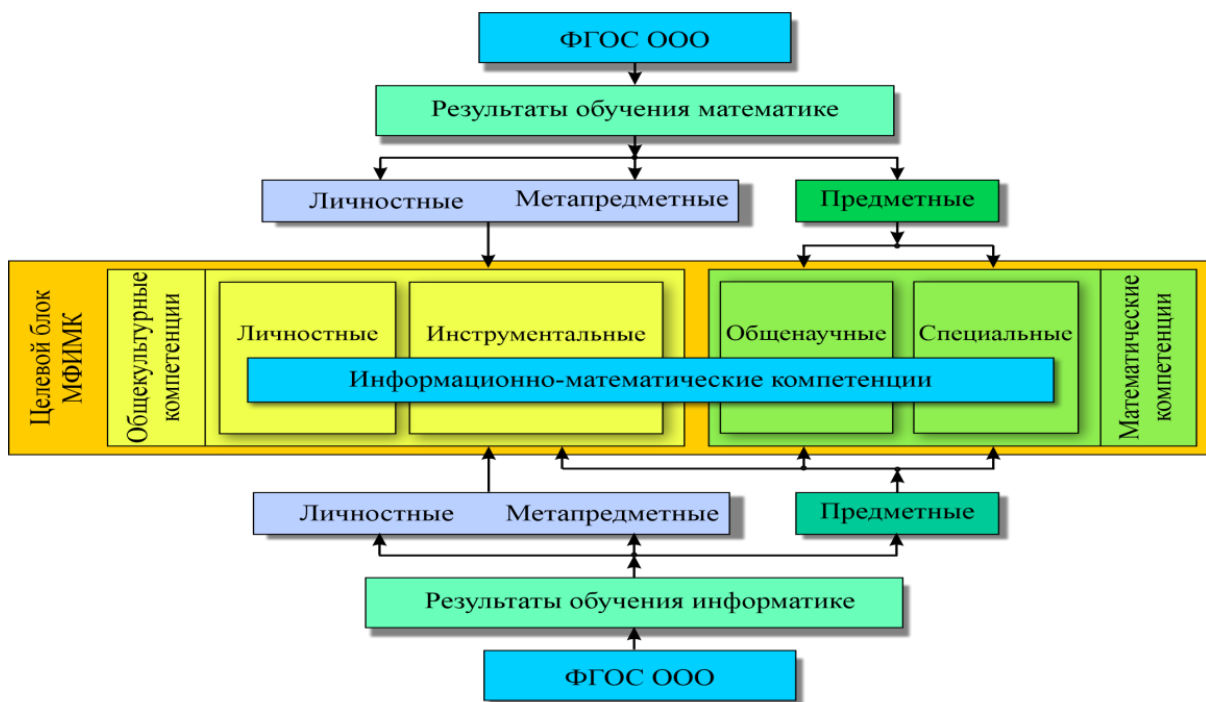


Рисунок 3 Целевой блок модели формирования ИМ-компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности по математике

Выделены пять уровней формирования ИМ-компетентности: пропедевтический, начальный, базовый, оптимальный, творческий.

Сформулированы принципы отбора содержательного наполнения МФИМК: соответствие возрастным особенностям школьников; опора на фундаментальность математических знаний; целостность содержания; преемственность содержания основного курса математики и содержательного наполнения МФИМК деятельности; необходимость и возможность

привлечения потенциала цифровых средств для эффективного решения математических задач; возможность демонстрации межпредметных связей между математикой и различными дисциплинами; привлечения соответствующих умений, полученных при изучении различных предметных областей; возможность демонстрации применения математических знаний в реальных ситуациях цифрового мира; использования практической информации, понятной и лично значимой для обучающихся в силу их опыта и возраста; формирования актуальных для цифрового общества личностных качеств школьников.

Представлен программно-технологический блок модели, который сформирован на базе ЦОС (отобранные цифровые устройства, программные средства и учебно-методические средства) и выделенных методов (игровой, проектов, разнонаучного видения, коллаборации, мозговой штурм), форм (деловые игры, веб-проекты, веб-квесты, соревнования, цифровые лаборатории) и стратегий обучения с опорой на многоуровневую веерную систему математических задач (МВСМЗ), рассматриваемую в качестве интегративной составляющей модели.

Уровни МВСМЗ соответствуют уровням формирования ИМ-компетентности школьников. Пропедевтический – задачи на восприятие и усвоение информации, представленной с помощью цифровых средств ЦОС; начальный – задачи, в которых информационно-математическая модель (ИМ-модель) выделена явно, ее представление и анализ производится указанными цифровыми средствами ЦОС; базовый – задачи, в которых ИМ-модель не выделена явно, ее построение и анализ производится указанными цифровыми средствами ЦОС; оптимальный – задачи, в которых ИМ-модель не выделена явно, ее построение, анализ и исследование производится самостоятельно выбранными цифровыми средствами ЦОС; творческий – задачи проектных и исследовательских работ, постановка которых, построение ИМ-модели и ее исследование, а также представление результатов производится школьниками с помощью самостоятельно выбранных цифровых средств ЦОС.

Во втором параграфе на основе выделенных принципов отобрано содержание учебного курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира», структурированное с учетом используемых ИМ-моделей: знаковых (коды, системы счисления, логические модели алгебры высказываний, аналитические оптимизационные модели) и наглядно-знаковых моделей (графы и статистические таблицы и графики). Предложено содержание курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира» для школьников 8-9 классов.

В третьем параграфе представлена МВСМЗ как основа формирования ИМ-компетентности школьников, каждый уровень которой представлен веером рассматриваемых задач: чисто математические (ММ) и задачи на приложения (межпредметного содержания – связанные с естественными дисциплинами (МЕ), с техническими и точными дисциплинами (МТ), с социально-

гуманитарными дисциплинами (МГ); внепредметного содержания – задачи с социально-бытовым содержанием, поставленные общественной практикой (МБ)). Приведены примеры веера задач МВСМЗ, подраздел «Наглядно-знаковые модели. Графы».

1. Задачи на приложения межпредметного содержания.

1.1 Пример задачи с содержанием, связанным с естественными дисциплинами.

Задача 1 (МЕХ). Структурная химия – область химии, изучающая связь различных физических и физико-химических свойств веществ с их химическим строением и реакционной способностью. Для ученых этой области, например, несомненный интерес представляет возможность применения теории графов к изображению структур насыщенных (предельных) углеводородов. Углеродный скелет (углеродная цепь) – это последовательность всех химически связанных между собой атомов углерода. Если в качестве вершин графа отобразить атомы углеродных скелетов без атомов водорода, то полученный граф можно назвать молекулярным графом (вершины – атомы молекулы, ребра – химические связи между атомами). Подберите цифровое средство-графический редактор для изображения формул органических веществ и удобную для вас программу-графоанализатор. Изобразите в «химическом» редакторе формулы бутана, изобутана, циклобутана, выясните химические свойства и способы получения этих веществ. В программе-графоанализаторе изобразите схемы этих веществ в виде графов. Выясните свойства построенных графов, постройте графы дополнения, определите виды построенных графов. Установите, изоморфны ли эти графы. С помощью возможностей программы-графоанализатора проверьте свой ответ. Узнайте, как называется в химии явление существования веществ с одинаковым составом, но различным строением.

1.2 Пример задачи с содержанием, связанным с социально-гуманитарными дисциплинами.

Задача 2 (МГЛГ). Составьте всевозможные осмысленные перестановки из букв слова "строка". Выберите цифровое средство, позволяющее изобразить дерево решения. По определению докажите, что построенный граф – дерево. В построенном дереве укажите корень, листья. Найдите количество вершин и ребер, проверьте справедливость соответствующей теоремы, проверьте свое решение с помощью выбранной программы – графоанализатора. Найдите код Прюфера для дерева. Выясните, как называется литературный прием, состоящий в перестановке букв или звуков определенного слова (или словосочетания), в результате чего получается другое слово или словосочетание. Выберите цифровое средство, позволяющее автоматически получать осмысленные перестановки из букв слова (имена существительные: собственные и нарицательные). Проверьте, все ли слова вы составили. Узнайте значения незнакомых вам слов.

2. Пример задачи на приложения внепредметного содержания.

Задача 3 (МБ). Как вы знаете, в нашей школе был объявлен конкурс на самое интересное решение оформления школьного фойе. Победил проект, использующий узоры, которые можно с точки зрения математической теории рассматривать как графы. В настоящее время решается вопрос о подборе цветового решения оформления узоров. Один из вариантов решения – раскрасить таким образом, чтобы не нашлось двух смежных вершин одного цвета. Сколько красок потребуется, чтобы правильно раскрасить вершины узора в виде: а) полных графов K_4 , K_5 , K_6 ; б) произвольного дерева; в) графа, являющегося циклом, C_n ; г) графа $K_{n,n}$? Проверьте свое решение с помощью выбранного цифрового ресурса. Предложите получившееся цветовое решение для оформления.

Приведены примеры задач различных уровней МВСМЗ учебного курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира».

• **Пропедевтический уровень МВСМЗ. Задача 4 (ММ1).** Подраздел «Знаковые модели. Системы счисления» (тема «Признаки делимости»).

Изучите материалы, изложенные в разделе «Теория» по теме «Признаки делимости». Определите, в соответствии с каким признаком деления одно число, представленное в указанной системе счисления, делится на другое, выполните задания ресурса <https://learningapps.org/display?v=pkxy30rmj21>.

• **Начальный уровень МВСМЗ. Задача 5 (ММ2).** Подраздел «Знаковые модели. Коды» (тема «Сравнения по модулю m »).

Решите сравнение $5x \equiv 3 \pmod{11}$ двумя способами: с использованием теоремы Эйлера и с помощью свойств сравнений. Проверьте ответ, используя цифровой ресурс «Решение сравнений первой степени», выполненную в среде табличного процессора MS Excel.

• **Базовый уровень МВСМЗ. Задача 6 (МЕГЗ, МБЗ).** Подраздел «Наглядно-знаковые модели. Графы» (тема «Виды графов: деревья»)

Теория графов может применяться для моделирования маршрутов авианперелетов. В программе «ЭтоМесто» <http://www.etomesto.ru/createtrack.php> постройте желаемый маршрут движения самолета. С помощью ресурса найдите расстояние между городами движения по маршруту. Создайте в текстовом процессоре таблицу полученных расстояний. Постройте матрицу весов и матрицу инцидентности полученного взвешенного графа. Проверьте граф на связность, наличие циклов, выясните, является ли граф деревом. Проверьте свое решение с помощью программы «Графоанализатор» 1.3 <http://grafoanalizator.unick-soft.ru/>.

• **Оптимальный уровень МВСМЗ. Задача 7 (МЕХ4).** Подраздел «Знаковые модели. Коды» (тема «Простейшие симметричные криптосистемы»)

Зашифруйте сообщения, представляющие собой химические формулы различных органических веществ: “СНЗСООН”, “СООСНЗ”, “СНЗ(СН₂)ЗСООН”, используя 38-буквенный алфавит “А”=0, ..., “Z”=25, “0”=26, ..., “9”=35, “(”=36, “)”=37 и аффинное шифрующее преобразование с ключом (a, b) , если $a=7, b=1$; $a=5, b=12$; $a=17, b=2$; $a=19, b=5$; $a=0, b=4$. Решите поставленную задачу, а затем получите зашифрованное сообщение автоматически при использовании других ключей шифрования в самостоятельно созданном цифровом ресурсе. Выясните, используя информацию сети интернет, названия этих веществ.

• **Творческий уровень МВСЗ. Задача 8 (МИ5, МЕФ5, МЕЭ5, МЕХ5, МТ5)** Подраздел «Знаковые модели. Логические модели алгебры высказываний»

Изучите различные способы решения логических задач и составьте соответствующий сборник. Привлеките к его созданию широкую аудиторию школьников разных городов нашей страны. Выявите наиболее предпочтительные для участников проекта способы решения логических задач. Разместите проект в сети интернет. Подготовьте выступление для участия в научно-практической конференции школьников.

В четвертом параграфе представлены стратегии формирования ИМ-компетентности школьников 8-9 классов при обучении курсу внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира»: смешанное обучение, геймификация, исследования, творчество. Для каждой стратегии предложены отобранные методы и формы обучения, программные средства, описание и алгоритм работы, приведены примеры.

В пятом параграфе предложены методические рекомендации по организации занятий учебного курса «Математика – основа цифрового мира». Представлены возможные варианты изучения учебного курса «Математика – основа цифрового мира» (на базовом (Б), углубленном (У) уровне и в рамках

городского проекта «Математическая вертикаль» (МВ)). Приведен пример тематического планирования учебного курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира», рассчитанного на 1 или 2 часа в неделю. Описаны опубликованное учебно-методическое пособие «Математика – основа цифрового мира», цифровой образовательный ресурс «Курс внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира», реализованный на платформе «ЯКласс», возможности их использования в рамках указанных стратегий обучения.

В третьей главе представлена диагностика результативности формирования ИМ-школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности.

В первом параграфе проанализированы возможности диагностики сформированности ИМ-компетентности школьников; разработана схема диагностики уровней сформированности ИМ-компетентности школьников в рамках МФИМК, представлены схемы диагностик уровней достижения ОЛ, ОИ, МО ИМ-компетенций обучающихся (Таблица 1).

Таблица 1 Шкала уровней освоения ОЛ, ОИ, МО ИМ-компетенций школьников

| ИМ-компетенции | Обозначение | Наименование уровня | Составляющие характеристики |
|---------------------------------|-----------------|---------------------|--|
| общекультурные личностные | ОЛ ₀ | нулевой | отсутствие личностных качеств ОЛ1-ОЛ5, проявляющихся в процессе успешного решения широкого круга жизненных и учебно-познавательных задач в условиях цифровизации |
| | ОЛ ₁ | низкий | наличие отдельных личностных качеств ОЛ1-ОЛ5, частично проявляющихся в процессе успешного решения широкого круга жизненных и учебно-познавательных задач в условиях цифровизации |
| | ОЛ ₂ | средний | наличие отдельных личностных качеств ОЛ1-ОЛ5, проявляющихся в полном объеме в процессе успешного решения широкого круга жизненных и учебно-познавательных задач в условиях цифровизации |
| | ОЛ ₃ | высокий | сформированность системы личностно-значимых качеств ОЛ1-ОЛ5, проявляющихся в процессе успешного решения широкого круга жизненных и учебно-познавательных задач в условиях цифровизации |
| общекультурные инструментальные | ОИ ₀ | нулевой | не обретыены общекультурные инструментальные математико-ориентированные интегральные качества (ОИ1-ОИ5) для успешного решения широкого круга жизненных и учебно-познавательных задач в условиях цифровизации |
| | ОИ ₁ | низкий | обретение отдельных общекультурных инструментальных математико-ориентированных интегративных качеств (ОИ1-ОИ5) для решения выборочных учебно-познавательных задач с привлечением цифровых средств |
| | ОИ ₂ | средний | обретение отдельных общекультурных инструментальных математико-ориентированных интегративных качеств (ОИ1-ОИ5) для решения спектра учебно-познавательных задач с привлечением цифровых средств |
| | ОИ ₃ | высокий | овладение системой общекультурных инструментальных математико-ориентированных интегративных качеств (ОИ1-ОИ5) для решения учебно-познавательных задач с привлечением цифровых средств |
| математические общенаучные | МО ₀ | нулевой | отсутствие понимания важности математического образования, места математики в современной картине цифрового мира МО1-МО5 |
| | МО ₁ | низкий | частичное обретение понимания важности математического образования или места математики в современной картине цифрового мира МО1-МО5 |
| | МО ₂ | средний | обретение отдельных качеств осознанного понимания важности математического образования и места математики в современной картине цифрового мира МО1-МО5 |
| | МО ₃ | высокий | овладение системой качеств осознанного понимания важности математического образования и места математики в современной картине цифрового мира МО1-МО5 |

С учетом детализации математических специальных ИМ-компетенций, формируемых у школьников 8-9 классов, разработаны дескрипторы уровней

сформированности МС ИМ-компетенций школьников в рамках указанного учебного курса («знать» – З, «уметь» – У, «владеть» – В). Представлен пример дескрипторов по позиции «знать» (Таблица 2).

Таблица 2. Дескрипторы уровней освоения математических специальных ИМ-компетенций («знать»)

| Обозначение уровня | Наименование уровня | Дескрипторы уровней математических специальных ИМ-компетенций | | | | | |
|--------------------|---------------------|---|--------|--------|--------|---------|---------|
| | | знать | | | | | |
| МС ₀ | нулевой | | | | | | |
| МС ₁ | пропедевтический | МС11-3 | МС12-3 | | | | |
| МС ₂ | начальный | МС11-3 | МС12-3 | МС21-3 | МС22-3 | | |
| МС ₃ | базовый | МС11-3 | МС12-3 | МС21-3 | МС22-3 | МС31-31 | МС31-32 |
| МС ₄ | оптимальный | МС11-3 | МС12-3 | МС21-3 | МС22-3 | МС31-31 | МС31-32 |
| МС ₅ | творческий | МС11-3 | МС12-3 | МС21-3 | МС22-3 | МС31-31 | МС31-32 |

Общий уровень сформированности ИМ-компетентности школьников диагностируется на основе свертки всех перечисленных выше показателей (Таблица 3).

Таблица 3. Общий уровень сформированности ИМ-компетентности школьников

| Уровень сформированности ИМ-компетентности | Составляющие |
|--|---|
| пропедевтический | ОЛ ₁ , ОИ ₁ , МО ₁ , МС ₁ |
| начальный | ОЛ ₁ , ОИ ₁ , МО ₁ , МС ₂ |
| базовый | ОЛ ₂ , ОИ ₂ , МО ₂ , МС ₃ |
| оптимальный | ОЛ ₃ , ОИ ₃ , МО ₃ , МС ₄ |
| творческий | ОЛ ₃ , ОИ ₃ , МО ₃ , МС ₅ |

Во втором параграфе представлен анализ результатов педагогического эксперимента, который проводился с 2007 по 2025 годы на базе ФГБОУ ВО Московский педагогический государственный университет, в общеобразовательных организациях и на базе МБОУ ДПО «Учебно-методический центр» г. о. Чехов Московской области, ГБОУ г. Москвы «Школа № 2109», ГАОУ ВО Московский городской педагогический университет.

В 2019-2020, 2020-2021 учебных годах проводилась опытная проверка разработанной методики (Рисунок 4). Было задействовано три группы обучающихся: экспериментальная (ЭГ) и две контрольных группы (КГ_I и КГ_{II}). Диагностика формирования ИМ-компетентности осуществлялась на основе разработанной схемы в ЭК и КГ при проведении итоговых проверочных работ, защит исследовательских и проектных работ, а также в ходе наблюдения, опроса, тестирования и других методов диагностики.

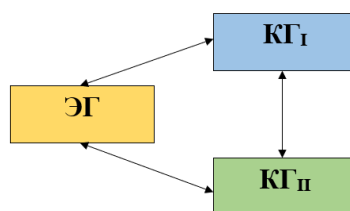


Рисунок 4. Привлеченные к опытной проверке группы обучающихся

ЭГ стала группа (32 человека), в которой преподавался учебный курс внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира» по утвержденной программе и разработанной методике формирования ИМ-компетентности школьников, КГ_I – группа (26 человек), в которой этот курс преподавался по той же программе без применения предложенной методики в условиях традиционного обучения, КГ_{II} – группа (27 человек), в которую вошли школьники, не изучавшие курс «Математика – основа цифрового мира». Школьники в каждую группу были отобраны с приблизительно равным уровнем ИМ-компетентности и подготовки в области использования цифровых средств.

Обработка результатов опросов школьников до и после экспериментального преподавания с помощью критерия Макнамары позволила утверждать, что изучение курса оказывает положительное влияние на понимание обучающимися значимости математики для самореализации в современном цифровом социуме.

В ходе преподавания были изучены шесть подразделов: «Знаковые модели. Коды», «Знаковые модели. Системы счисления», «Знаковые модели. Логические модели алгебры высказываний», «Знаковые модели. Аналитические оптимизационные модели»; «Наглядно-знаковые модели. Графы», «Наглядно-знаковые модели. Статистические таблицы и графики». Для выяснения доступности содержания курса школьникам были предложены три самостоятельные работы. Успеваемость составила 100%, качество знаний – 82%, что подтвердило доступность для школьников предлагаемого содержания. В проверочную работу вошли задачи первых четырех уровней МВСМЗ. Презентация проектных и исследовательских работ обучающихся проходила на двух занятиях. Среди тем для проектов и исследований – «Секреты криптографии», «Тайны чисел», «Экономические оптимизационные задачи», «Применение теории графов в экономике, логистике, планировании», «Дорогами Победы», «Статистическая инфографика в современном мире» и др.

Для статистической обработки данных использовался двусторонний критерий Вилкоксона-Манна-Уитни. Была вычислена сумма рангов, приписанных членам выборки меньшего объема (КГ), $S = 585$. $n=26$. Значение статистики критерия Т нашли по формуле $T = S - \frac{n(n+1)}{2}$, $T = 234$. Для выбранного уровня значимости $\alpha = 0,05$ $\chi_{\frac{\alpha}{2}} = 1,96$. При $n_1 = 32$ и $n_2 = 26$ по

формуле $W_{\frac{\alpha}{2}} = \frac{n_1 n_2}{2} + \chi_{\frac{\alpha}{2}} \sqrt{\frac{n_1 n_2 (n_1 + n_2 + 1)}{12}}$ рассчитали критическое значение

статистики: $W_{\frac{\alpha}{2}} = \frac{32 \cdot 26}{2} + 1,96 \sqrt{\frac{32 \cdot 26 \cdot (32 + 26 + 1)}{12}} \approx 541$. Неравенство $T_{\text{набл.}} < W_{\frac{\alpha}{2}}$

($234 < 541$) позволяет сделать вывод о различии результатов у школьников ЭГ и КГ_I. Баллы, полученные за работу школьниками ЭГ, оказались выше баллов, полученных школьниками КГ_I.

Результаты диагностики уровней достижения ОЛ, ОИ, МС ИМ-компетенций по окончании изучения курса позволили оценить общий уровень сформированности ИМ-компетентности школьников в ЭГ и КГ_I (Таблица 6).

Таблица 6. Уровни сформированности ИМ-компетентности школьников ЭГ и КГ_I по окончании изучения курса

| Уровни | ЭГ | КГ _I |
|------------------|-----|-----------------|
| пропедевтический | 1% | 29% |
| начальный | 9% | 25% |
| базовый | 45% | 31% |
| оптимальный | 34% | 11% |
| творческий | 11% | 4% |

Диагностика показала, что более высокие уровни сформированности ИМ-компетентности наблюдаются у школьников, изучавших курс «Математика – основа цифрового мира» в условиях разработанной МФИМК.

Диагностика освоения ОЛ, ОИ, МО, МС ИМ-компетенций в группе КГ_{II} также осуществлялась на основе разработанной схемы. По окончании проведения курса для ЭГ и КГ_{II} была проведена проверочная работа по темам курса алгебры, имеющим связь с содержательным наполнением разработанного учебного курса внеурочной деятельности. Выделены темы: «Элементы статистики», «Квадратичная функция и ее график», «Уравнения с двумя переменными и их системы», «Неравенства с двумя переменными и их системы», «Элементы комбинаторики», «Начальные сведения из теории вероятностей». Для статистической обработки данных также был использован двусторонний критерий Вилкоксона-Манна-Уитни. Было подтверждено наличие статистически значимых различий. Дополнительно были проанализированы результаты выполнения предложенной проверочной работы по выделенным темам курса алгебры в группах КГ_I и КГ_{II}. Общие результаты приведены на диаграмме (Рисунок 5).

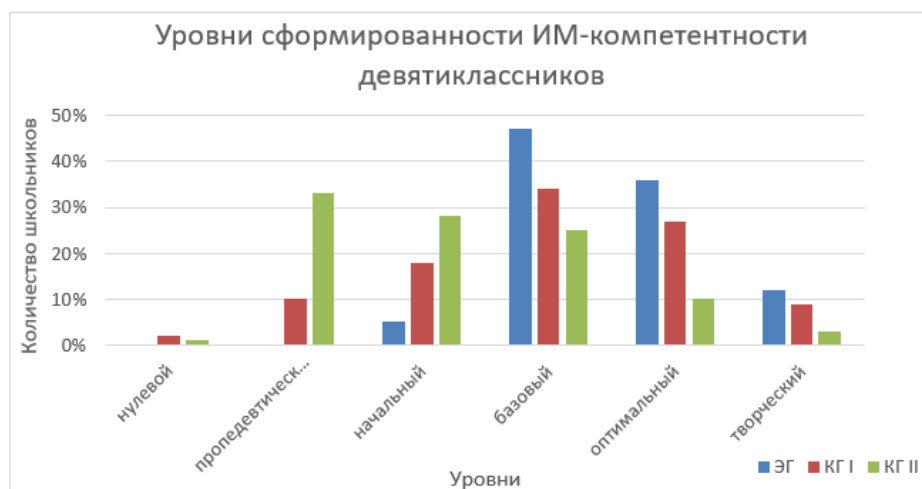


Рисунок 5. Уровни сформированности ИМ-компетентности обучающихся групп ЭГ, КГ_I и КГ_{II}

Анализ полученных результатов вновь подтвердил результативность предложенной методики. Таким образом, на основании результатов комплекса проведенных диагностик можно сделать вывод о результативности формирования ИМ-компетентности школьников 8-9 классов в рамках учебного курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира».

В заключении диссертации сформулированы основные результаты работы, сделаны выводы о решении поставленных задач.

1. Выявлена актуальность формирования информационно-математической компетентности школьников как требования информационного общества. Определено содержание понятия «информационно-математическая компетентность школьников 8-9 классов». Разработаны уровни сформированности такой компетентности: пропедевтический, начальный, базовый, оптимальный и творческий.

2. Разработана модель формирования информационно-математической компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности по математике, содержащая методологический блок (выделены принципы фундаментальности, интегративности, информатизации и самореализации при обучении математике); целевой блок (ОЛ, ОИ, МО, МС компетенции, востребованные для самореализации индивида в цифровом мире, отнесены к ИМ-компетенциям); содержательный блок, (направленный на осознание школьниками фундаментального характера математической науки, значения математики как инструмента для понимания сущности объектов, процессов и явлений цифрового мира); программно-технологический блок (включает отобранные цифровые устройства, программные и учебно-методические средства ЦОС, выделенные методы, формы, стратегии обучения с опорой на разработанную многоуровневую веерную систему математических задач); диагностический блок (представлен схемами диагностик уровней достижения ОЛ, ОИ, МО, МС ИМ-компетенций обучающихся, а также итоговой шкалой диагностики общего уровня сформированности ИМ-компетентности школьников).

3. На основе уточненных принципов отбора содержательного наполнения МФИМК разработано содержание учебного курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира», состоящее из двух разделов: «Знаковые модели («Коды», «Системы счисления», «Логические модели алгебры высказываний», «Аналитические оптимизационные модели») и «Наглядно-знаковые модели» («Графы», «Статистические таблицы и графики», «Фигурные числа»).

4. В качестве основы формирования ИМ-компетентности школьников на основании выделенных принципов разработана многоуровневая веерная система математических задач, уровни которой соответствуют уровням сформированности ИМ-компетентности (пропедевтический, начальный, базовый, оптимальный, творческий), а веерность обеспечивается путем рассмотрения чисто математических задач и задач на приложения: задачи межпредметного содержания (задачи с содержанием, связанным с

естественными дисциплинами, с техническими и точными дисциплинами, с социально-гуманитарными дисциплинами) и внепредметного содержания.

5. Разработаны учебно-методические материалы, обеспечивающие организацию и проведение учебного курса внеурочной деятельности «Математика – основа цифрового мира» для школьников 8-9 классов: программа курса, тематическое планирование, методические рекомендации для учителя. Опубликовано учебно-методическое пособие «Математика – основа цифрового мира», полностью обеспечивающее обучение курсу. Создан одноименный ЦОР, реализованный на платформе «ЯКласс».

6. Статистическая обработка и анализ результатов педагогического эксперимента свидетельствуют о результативности формирования ИМ-компетентности школьников 8-9 классов во внеурочной деятельности по математике, которая способствует актуальной задаче подготовки обучающихся к осознанному применению математики в условиях информационного социума.

Перспективы дальнейших исследований связаны с возможностями развития основных положений диссертации в направлениях формирования ИМ-компетентности школьников на уроках математики на уровне основного общего образования; формирования ИМ-компетентности старшеклассников в условиях профильного обучения.

Благодарность. Автор выражает признательность научному руководителю доктору педагогических наук Деза Елене Ивановне за постоянное внимание к работе и поддержку.

Основные результаты, положения и выводы диссертации отражены в следующих публикациях.

Научные статьи, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных для защиты в диссертационном совете МГУ по специальности 5.8.2 Теория и методика обучения и воспитания (математика, математика и механика)

1. Хилюк, Е. А. Вопросы содержания математической подготовки учащихся основной школы в условиях информационно-образовательной среды / Е. И. Деза, Е. А. Хилюк // Наука и школа. – 2014. – № 6. – С. 98 – 104. – EDN TCVJIF. – (0,51 п.л./ авторский вклад – 0,4 п.л.) – ИФ РИНЦ: 0,740.

2. Хилюк, Е. А. Информационно-образовательная среда при обучении математике в рамках проектно-исследовательской деятельности школьников / Е. И. Деза, Е. А. Хилюк // Педагогическая информатика. – 2015. – № 2. – С. 9 – 15. (0,36 п.л./ авторский вклад – 0,25 п.л.). – ИФ РИНЦ: 0,400.

3. Хилюк, Е. А. Методика организации и проведения курса по выбору при обучении математике с использованием технологии мультимедиа в условиях предпрофильной подготовки / Е. А. Хилюк // Наука и школа. – 2008. – № 5. – С. 64 – 65. (0,24 п.л.) – ИФ РИНЦ: 0,740.

4. Хилюк, Е. А. Многоуровневая веерная система математических задач как основа формирования информационно-математической

компетентности школьников / Е. И. Деза, Е. А. Хилюк // Наука и школа. – 2022. – № 4. – С. 201 – 210. (1,0 п.л./ авторский вклад – 0,9 п.л.) – ИФ РИНЦ: 0,740.

5. Хилюк, Е. А. Психолого-педагогические аспекты применения средств мультимедийных технологий при обучении математике в средней школе / Е. А. Хилюк // Наука и школа. – 2010. – № 5. – С. 125 – 130. (0,9 п.л.) – ИФ РИНЦ: 0,740.

6. Хилюк, Е. А. Структура целевого блока модели обучения математике основной школы в условиях предметной информационно-образовательной среды / Е. А. Хилюк // Педагогическая информатика. – 2015. – № 3. – С. 19 – 26. (0,42 п.л.) – ИФ РИНЦ: 0,400.

Иные публикации по теме исследования:

7. Хилюк, Е. А. Использование технологии мультимедиа при обучении математике в основной школе / Е. А. Хилюк // Информатика и образование. – 2007. – № 10. – С. 79 – 87. (0,79 п.л.) – ИФ РИНЦ: 1,033.

8. Хилюк, Е. А. Математика – основа цифрового мира : учебно-методическое пособие / Е. А. Хилюк, Е. И. Деза. – Москва : Белый ветер, 2021. – 169, [1] с. – ISBN 978-5-907420-47-2. – (10,75 п.л./ авторский вклад – 9,0 п.л.)

9. Хилюк, Е. А. О формировании информационно-математической компетентности учащихся основной школы при обучении математике в рамках внеурочной деятельности / Е. И. Деза, Е. А. Хилюк // Проблемы современного образования. – 2020. – № 5. – С. 250 – 266. – URL: <http://pmedu.ru/index.php/ru/2020-year/nomer-5> (дата обращения 29.03.2025) – (1,0 п.л./ авторский вклад – 0,8 п.л.) – ИФ РИНЦ: 0,694.

10. Хилюк, Е. А. Особенности построения методики обучения математике основной школы в условиях предметной информационно-образовательной среды / Е. А. Хилюк // Проблемы современного образования. – 2016. – № 2. – С. 77 – 80. (0,22 п.л.) – ИФ РИНЦ: 0,694.

11. Хилюк, Е. А. Решение квадратных уравнений и неравенств с параметрами с использованием систем динамической математики : учебно-методическое пособие / Е. А. Хилюк, А. А. Крылова. – Москва : Белый ветер, 2023. – 112 с. – ISBN 978-5-907718-23-4. – (7,75 п.л./ авторский вклад – 3,8 п.л.)