

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное учреждение высшего образования
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. АСТАФЬЕВА»
(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт математики, физики и информатики
Выпускающая кафедра: математики и методики обучения математике

Зубрилкина Илона Геннадьевна

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ
ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 8 КЛАССОВ В ПРОЦЕССЕ
ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ**

Направление подготовки: 44.03.01 Педагогическое образование
Направленность (профиль) образовательной программы: Математика

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
канд. пед. наук, доцент М.Б. Шашкина

19.05.2025
(дата, подпись)

Научный руководитель
канд. пед. наук, доцент М.Б. Шашкина

Дата защиты
20.06.2025

Обучающийся И.Г. Зубрилкина

Оценка отлично
Прописью

Красноярск 2025

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
Глава 1. Теоретические аспекты организации проектно-исследовательской деятельности обучающихся	9
1.1. Проектно-исследовательская деятельность как вид учебной деятельности обучающихся	9
1.2. Формы проектно-исследовательской деятельности обучающихся	17
1.3. Специфика организации проектно-исследовательской деятельности в процессе обучения математике	27
Выводы по первой главе	32
Глава 2. Методические аспекты организации проектно-исследовательской деятельности обучающихся 8 классов в процессе обучения математике	34
2.1. Программа проектно-исследовательской деятельности по математике для обучающихся 8 классов	34
2.2. Примеры проектно-исследовательских заданий по математике для обучающихся 8 классов	40
2.3. Описание результатов апробации	47
Выводы по второй главе	53
Заключение	55
Список литературы	58
ПРИЛОЖЕНИЕ А. Анкета учебной мотивации	
ПРИЛОЖЕНИЕ Б. Экспертная шкала оценки метапредметных умений обучающихся	

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность. Проектно-исследовательская деятельность занимает всё более значимое место в современном образовательном процессе, поскольку способствует активному вовлечению обучающихся в познавательную деятельность и формированию у них навыков, востребованных в XXI веке (коммуникация, критическое мышление, умение работать в команде). В условиях стремительного развития информационных технологий и быстрых изменений в науке особое внимание уделяется математическому образованию как базису для дальнейшего профессионального и личностного роста.

Проектно-исследовательский подход в обучении математике помогает учащимся осваивать не только теоретические знания, но и практические способы их применения на реальных примерах. Кроме того, такая форма работы развивает аналитическое мышление, умение планировать и ставить цели, а также способствует самооценке и рефлексии результатов деятельности. Многочисленные исследования и методические рекомендации указывают на то, что проектно-исследовательская работа эффективно повышает мотивацию к изучению математики, формирует устойчивые познавательные интересы и развивает исследовательские компетенции обучающихся.

Проблема. Несмотря на закрепление проектно-исследовательской деятельности в федеральных государственных образовательных стандартах как обязательного компонента образовательного процесса (Приказы Минобрнауки № 1897, № 413), её внедрение сталкивается с рядом системных трудностей. Исследования (А.В. Базуева, О.В. Байгузина, И.Н. Жимонова) выделяют ключевые противоречия, а именно:

1. Методический дефицит – традиционная классно урочная система, ориентированная на репродуктивное усвоение знаний (М.Н. Короткова, В.М. Мышова), не обеспечивает условий для формирования исследовательских навыков. Учителя испытывают затруднения в интеграции проектно-

исследовательской деятельности в учебный план из-за отсутствия готовых методических решений (Л.И. Иванкова).

2. Кадровые ограничения – как отмечает И.В. Трапезникова, педагоги зачастую не владеют компетенциями тьюторского сопровождения проектов, что приводит к формализации процесса (например, подмене исследования рефератом).

3. Ресурсные барьеры – недостаток времени на уроках (И.Н. Пятибратова) и материально-технической базы (М.В. Архангельская) ограничивают возможности практико-ориентированных проектов.

4. Мотивационный аспект – по данным Ю.П. Гладких, низкая вовлеченность учащихся связана с непониманием прикладной ценности математики, что усугубляется отсутствием связи между абстрактными задачами и реальными контекстами (В.В. Калинина).

Эмпирические данные (А.А. Кондрашкина, Г.И. Егорова) подтверждают, что 68% учителей математики испытывают сложности при выборе критериев оценки проектно-исследовательской деятельности, а 54% учащихся воспринимают её как дополнительную нагрузку. Таким образом, ключевая проблема заключается в отсутствии системной методической поддержки, адаптированной к специфике математического образования и возрастным особенностям подростков.

Отсюда возникает необходимость в разработке и систематическом внедрении методики организации проектно-исследовательской деятельности в математическом образовании, а также в анализе лучших практик, помогающих преодолеть возникающие препятствия.

Объект исследования – процесс обучения математике в основной школе.

Предмет исследования – методы и формы организации проектно-исследовательской деятельности в процессе обучения математике.

Цель исследования – разработка и апробация научно обоснованных методических рекомендаций по организации проектно-исследовательской деятельности обучающихся 8 класса в процессе обучения математике.

Задачи исследования:

1. Охарактеризовать современные подходы к определению и организации проектно-исследовательской деятельности в современном образовании.
2. Проанализировать передовой опыт и выявить успешные практики организации проектно-исследовательской деятельности по математике, представленные в научно-методической литературе и реальных образовательных учреждениях.
3. Разработать программу проектно-исследовательской деятельности по математике для обучающихся 8 классов.
4. Разработать серию проектных заданий и задач исследовательского характера по математике для обучающихся 8 класса.
5. Провести апробацию методического продукта и сделать выводы.

Методология данного исследования предполагает комплексный подход, включающий в себя анализ психолого-педагогической и научно-методической литературы по вопросам организации проектно-исследовательской деятельности. На первом этапе будет проведён теоретический обзор концепций и моделей проектно-исследовательской деятельности в математическом образовании, а также нормативно-правовых актов, регулирующих процесс обучения. Далее предполагается сбор и систематизация передового опыта по применению проектно-исследовательских методик на уроках математики, включая анализ публикаций, методических разработок и практических кейсов. В ходе работы будут использованы методы педагогического эксперимента, опроса и наблюдения, а также сравнительный анализ результатов.

Источниковая база. В основу исследования легли нормативно-правовые документы, определяющие требования к образовательному процессу (Федеральный закон «Об образовании в Российской Федерации»; приказы Минобрнауки России об утверждении федеральных государственных образовательных стандартов, а также методические рекомендации и научные публикации, посвящённые вопросам организации проектно-исследовательской

деятельности в обучении математике. Кроме того, учитываются работы отечественных и зарубежных авторов, раскрывающие проблемы формирования исследовательских навыков и мотивации школьников к изучению математики. Важной частью источников являются практические материалы, накопленные педагогическими сообществами и отдельными учреждениями, в которых успешно реализованы проекты в области математического образования.

Структура работы. Данное исследование состоит из введения, двух основных глав, включающих шесть параграфов, заключения и списка литературы (всего – 41 библиографическая единица). Во введении обоснована актуальность темы, сформулированы проблема, объект, предмет, цель и задачи исследования, обозначена методология и источниковая база. В первой главе рассматриваются теоретические основы проектно-исследовательской деятельности и её роль в математическом образовании. Во второй главе представлены результаты частичной апробации программы проектно-исследовательской деятельности по математике, а также разработанные примеры проектно-исследовательских заданий по математике. В заключении подводятся общие итоги исследования и формулируются перспективы дальнейшей работы по теме.

ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

1.1. Проектно-исследовательская деятельность как вид учебной деятельности обучающихся

Развитие отечественной школы в XXI в. неизбежно связано с переосмыслением роли учащегося: он более не рассматривается как пассивный реципиент информации, но позиционируется в качестве активного субъекта, конструирующего собственную образовательную траекторию. Именно в этом контексте проектно-исследовательская деятельность приобретает статус «педагогического ядра» современного учебного процесса. Уже в Федеральном законе «Об образовании в Российской Федерации» подчёркнуто требование формировать у школьников критическое мышление, навыки самостоятельного поиска решения задач и рефлексии собственных действий [1, ст. 47]. Кодификация данных идеалов в ФГОС основного и среднего общего образования закрепила проектно-исследовательскую деятельность в качестве обязательного результата и одновременно методологического инструмента школьного курса [2, прил. № 1; 3, разд. II].

Федеральные государственные образовательные стандарты (ФГОС) закрепляют проектно-исследовательскую деятельность как обязательный компонент современного образовательного процесса и ключевой инструмент формирования метапредметных компетенций. Согласно требованиям ФГОС (Приказы Минобрнауки № 1897, № 413), овладение навыками проектной и исследовательской деятельности позволяет учащимся развивать способности к самостоятельному познанию, критическому мышлению, работе с информацией и решению практических задач. В условиях цифровой трансформации образования проектно-исследовательская деятельность приобретает особую значимость, что подтверждается статистикой внедрения: по данным мониторинга 2023-2024 гг., в школах-лидерах охват учащихся проектной деятельностью достигает 83% против 38% в традиционной системе.

Понимание сущности проектно-исследовательской деятельности основано на фундаментальном различии исследования и проекта, последовательно анализируемом в методических рекомендациях Минпросвещения (2022) и поддержанном рядом авторитетных исследователей. Так, А.В. Базуева указывает, что исследование носит преимущественно теоретический характер и ориентировано на получение нового знания, тогда как учебный проект всегда нацелен на создание практически значимого продукта [9, С. 31-32]. Тем не менее, как подчёркивает О.В. Байгузина, граница между двумя формами является не «водоразделом», а скорее «зоной методической интерференции»: любой качественный проект включает исследовательский блок, а исследование зачастую завершается рекомендациями прикладного толка [10, С. 449-450].

Эвристические идеи С.Т. Шацкого и «лабораторный метод» Дж. Дьюи положили начало поиску активных форм обучения, где учащийся не получал знания в готовом виде, а «добывал» их в деятельности. Современную эстафету подхватывают М.В. Архангельская и Н.А. Берков, рассматривающие цифровое пространство как «новую лабораторию» школьного проекта [7, С. 9]. Конструктивистская парадигма, согласно которой знание строится в процессе субъективных действий, делает проектно-исследовательскую деятельность не дополнительным модулем, а логическим продолжением самой сущности обучения.

Уже Р.Р. Алиев, анализируя сетевые проекты по математике, отмечал их потенциал как «социальной конструкции знания», позволяющей объединять разрозненные индивидуальные смыслы в коллективный продукт [5, С. 14]. Подобное расширение образовательного пространства отвечает установке В. В. Калининой на метод «погружения в профессиональную практику» ещё на школьной скамье [13, С. 40].

Опираясь на классику педагогического дизайна, Т.С. Разиева предлагает рассматривать проектно-исследовательскую деятельность как систему, включающую: цель, задачи, содержание, методы, средства, формы, результат и

критерии оценки [34, С. 372]. Каждому элементу соответствует своя функция. Так, цель формирует мотивационный вектор; методы предъявляют учащемуся алгоритмы познавательной активности; результат фиксируется либо в форме отчёта (для исследования), либо в готовом продукте (для проекта).

Г.Ю. Мерзликина показывает, что подобная система реализуется через пять взаимосвязанных этапов: проблематизация, целеполагание, планирование, реализация, презентация [27, С. 100]. При этом этапы не являются линейно-жесткими: проектно-исследовательская деятельность допускает «спиральную» динамику, где учащийся по мере уточнения гипотезы возвращается к постановке проблемы, валидизируя исходные посылки.

Вариативность проектно-исследовательской деятельности определяется как возрастом учащихся, так и целью педагогической интервенции. Л.И. Иванкова выделяет микро-, мини- и макроформы проектно-исследовательских заданий [16, С. 111-112]. Микроформы (5-10 мин на уроке) работают на формирование познавательной инициативы; мини-формы (1-2 урока) позволяют ученику пройти цикл научного поиска в сжатом режиме; макроформы (от четырёх недель до года) сопоставимы с настоящей научно-инженерной работой.

А.А. Кондрашкина и Г.И. Егорова предлагают дополнительный срез:

- монопроект, где исследовательский объект лежит строго в рамках одной дисциплины;
- полипроект, ориентированный на межпредметный синтез;
- социальный проект, уходящий в пространство взаимодействия школы и местного сообщества [18].

Обобщая эмпирические данные школы «городских юных инноваторов», О.В. Алехина фиксирует три кластера эффектов: когнитивный (рост уровня самостоятельного анализа), аксиологический (формирование личностного смысла знания) и метакогнитивный (развитие навыков саморегуляции) [4].

Тезис подтверждается результатами лонгитюдного исследования Ю.П. Гладких и Р.А. Клепикова: учащиеся, систематически включённые в проектно-

исследовательскую деятельность, демонстрировали статистически значимый прирост в уровне учебной мотивации ($t = 2,74$; $p < 0,01$) и качестве логических операций [13, С. 6-7].

Значимость проектно-исследовательской деятельности для формирования гражданской идентичности подчёркивают Т. В. Ибрагимова, Ш.И. Булуева и Е.А. Местоева: участие в социально-ориентированных проектах усиливает ценности ответственности и партнёрства [11, С. 269]. Аналогичную позицию занимает А.Ю. Ушакова, выводящая развитие функциональной грамотности из тьюторского сопровождения исследовательских групп [37, С. 205].

Переход от традиционно-контролирующей к фасилитирующей модели учителя подробно описан Н.А. Локтионовой [24, С. 340]. Педагог здесь выступает:

- модератором (создаёт проблемное поле),
- экспертом (валидизирует научную корректность),
- тьютором (сопровождает личностный рост).

Последняя функция особенно детализирована в работах И.В. Трапезниковой и Л.Н. Москвитиной, где тьютор позиционируется как носитель «методологической рефлексии» учащегося [36, С. 88]. Их данные свидетельствуют: группы с выраженным тьюторским сопровождением завершали проект в 98 % случаев; без него - лишь в 63 %.

Цифровизация образования, по мнению М.В. Архангельской, требует от школы перехода от «лабораторий физического типа» к сетевым платформам, интегрирующим ресурсы вузов, технопарков и музеев [7, С. 8-9]. Реализация такого подхода в проектно-исследовательском модуле «Математика онлайн» (гимназия № 179, Красноярск) позволила увеличить охват проектно-исследовательской деятельности с 38 % до 83 % учащихся за два года (данные школьного мониторинга 2023-2024 гг.).

Л.К. Хамидуллина подчёркивает, что дистанционный формат, опробованный в пандемический период, сохранил свою актуальность,

обеспечивая гибридные формы кооперации, когда проектная группа может распределяться между офлайн-лабораторией и онлайн-аналитикой [40, С. 202].

Проблематика оценивания проектно-исследовательских продуктов принципиальна уже потому, что в логике ФГОС именно оценка задаёт меру совпадения ожидаемых метапредметных результатов со -сложным реальным «выходом» каждого школьного исследования или проекта. В отличие от традиционного контроля, измеряющего усвоение единиц содержания, здесь объектом экспертизы становится целый комплекс проявлений: глубина понимания проблемы, методологическая грамотность, процессуальная автономность, коммуникационная зрелость и общественная значимость полученных эффектов. Поэтому ведущие методисты (В.В. Калинина, И.Н. Жимонова, А.В. Базуева) единодушно утверждают многомерность и контекстность оценки проектно-исследовательской деятельности [17, с. 41; 14, с. 119; 9, с. 34].

Оценивание результатов проектно-исследовательской деятельности должно строиться на основании принципов, обеспечивающих как объективность процедуры, так и её педагогическую направленность. Прежде всего, важным становится принцип критериальности, согласно которому любое суждение об уровне выполнения проектно-исследовательской деятельности основывается на заранее определённых, прозрачных и единых для всех участников критериях. Как подчёркивает В.В. Калинина [17, с. 41], чёткая система показателей результативности учебной проектной деятельности позволяет не только объективизировать процесс оценки, но и задаёт ученику ориентиры для самооценки и саморегуляции в ходе всей работы.

Следующим необходимым принципом является принцип развития, согласно которому оценка ориентирована не только на фиксирование достигнутого результата, но и на выявление потенциала обучающегося, его готовности к дальнейшему развитию исследовательских компетенций. Здесь проявляется диагностическая функция оценки, а сама процедура получает статус обратной связи, стимулирующей саморазвитие. Данный принцип

особенно важен при работе с обучающимися основного звена, где, по наблюдению О.В. Байгузиной [10, с. 451], проектная активность часто сопровождается неуверенностью в собственных силах и требует бережного сопровождения.

Нельзя обойти вниманием и принцип педагогической целесообразности, согласно которому выбор форм и критериев оценивания обусловлен возрастными, психологическими и деятельностными особенностями школьников. Так, младшим подросткам может быть затруднительно воспринимать многоуровневую экспертную шкалу, тогда как учащиеся 8–9-х классов уже способны ориентироваться на более сложные требования, включая академические формулировки целей и задач.

Наконец, принцип комплексности требует учитывать не только продукт (отчёт, модель, презентацию и пр.), но и процессуальную составляющую: как выстраивалась работа, каково было участие каждого члена группы, какие трудности преодолевались, насколько обоснованным оказался выбор методов, какова степень самостоятельности. Именно такой подход, по мнению А.В. Базуевой [9, с. 33], позволяет не допустить формализации проектно-исследовательской деятельности, когда внимание сосредоточено лишь на результатах, но упускается ценность самого пути к ним.

При построении системы оценки важно различать несколько объектов оценивания. Прежде всего, это содержание и структура проекта или исследования, т.е. насколько корректно сформулирована проблема, чётко определены цели и задачи, логично построен ход исследования или проектирования. Далее оценивается методическая грамотность, включающая в себя обоснованность выбора методов, корректность их применения, умение работать с источниками и данными. Особое значение имеет уровень анализа и интерпретации полученных результатов, ведь именно на этом этапе проявляется способность учащегося к обобщению, формулировке выводов и выдвижению рекомендаций.

Ещё одним важным объектом выступает оформление и презентация результатов: грамотное изложение, логическая структура, соблюдение норм научного стиля, культура оформления (в том числе ссылок), а также качество и убедительность устного доклада. На этом этапе проявляются коммуникативные умения, способность отвечать на вопросы, аргументировать свою позицию - качества, признанные частью метапредметных результатов по ФГОС [2].

Следует также выделить индивидуальный вклад в коллективную работу. Особенно в проектной форме часто возникают ситуации, когда итоговый продукт представляет усилия всей команды. Однако, как справедливо отмечает И.Н. Жимонова [14, с. 118], недостаточное внимание к индивидуальному вкладу учащихся приводит к искажению представлений о личных достижениях и не стимулирует активного участия всех членов группы.

Что касается уровней оценивания, их, как правило, выделяют три: базовый (выполнение минимальных требований), продвинутый (превышение стандартов, наличие оригинальных решений, аргументированность, творческий подход) и высокий (цельная работа, демонстрирующая глубокое понимание предмета, высокий уровень самостоятельности, новизну и практическую значимость).

В современной практике широко используется многоступенчатая система оценивания, которая позволяет вовлечь в экспертизу не только педагога, но и самого обучающегося (через самооценку), его одноклассников (взаимооценка), а также внешних экспертов. Такой подход рекомендован и в нормативных методических документах, где подчёркивается значимость публичной защиты как неотъемлемого этапа представления результатов проектно-исследовательской работы [см. 1, с. 19].

Публичная защита может проходить в различных форматах: от классной презентации до участия в научно-практических конференциях, конкурсах, форумах. При этом, как отмечают Т.С. Разиева и Н.А. Локтионова [24, с. 341], выступление обучающегося должно рассматриваться не как формальное

требование, а как способ демонстрации глубины осмысления проблемы, навыков логического изложения и академического общения.

Кроме итоговой оценки продукта и презентации, важной формой является текущий мониторинг выполнения этапов проекта или исследования, что особенно важно при работе с учащимися средней школы. Учитель может использовать дневники наблюдений, промежуточные отчёты, индивидуальные консультации — всё это формирует у обучающихся навыки планирования и самоорганизации, а у педагога - понимание реального хода работы.

Критериальный аппарат, как уже отмечалось, должен быть адаптирован к возрасту и типу работы. Например, для проектной деятельности критериальными основаниями могут выступать: соответствие результата поставленной цели, практическая значимость, оригинальность замысла, функциональность и завершённость продукта. Для исследовательской работы – корректность формулировки гипотезы, обоснованность метода, глубина анализа, научный стиль изложения и т.д.

Важно подчеркнуть, что в соответствии с позицией Ю.П. Гладких и Р.А. Клепикова [13, с. 6], на уровне школьного образования научная новизна не может быть обязательным критерием, так как главной задачей является освоение самого способа исследовательского мышления. Поэтому в приоритете оказывается не «что» открыто, а «как» ученик к этому пришёл: насколько последовательно он выстраивал свою работу, использовал ли научную аргументацию, проводил ли рефлексию.

Проектно-исследовательская деятельность, как подчёркивают З.М. Маушева и Ф.Р. Беданоква [26, с. 222], позволяет наиболее органично интегрировать формирование метапредметных результатов: регулятивных, коммуникативных, познавательных. В связи с этим возникает необходимость их оценки наряду с предметным результатом.

Для регулятивных действий оценивается умение ставить цель, планировать работу, корректировать действия по ходу проекта. Коммуникативные умения проявляются в аргументации, умении слушать,

обсуждать, работать в команде. Познавательные действия – в выдвижении гипотез, анализе, синтезе, интерпретации.

Как подчёркивает И.В. Пешкова [32, с. 91], систематическое включение метапредметных критериев в оценочные процедуры позволяет усилить развивающий эффект проектно-исследовательской работы и продемонстрировать её интегративный характер.

Современная система оценивания проектно-исследовательской деятельности в школе стремится преодолеть формализм и акцент на количественные показатели, делая упор на индивидуализацию, рефлекссию, развитие исследовательских установок. Однако, как справедливо отмечают А.С. Фетисов и И.А. Пешкова [38, с. 354], педагогам требуется постоянная методическая поддержка: разработка понятных оценочных шаблонов, обучение экспертизе индивидуального прогресса, внедрение электронных форматов портфолио и трекеров.

Таким образом, оценка проектно-исследовательской деятельности представляет собой не механический подсчёт ошибок или соответствие «правильному ответу», а сложный педагогический процесс, направленный на диагностику и развитие способностей обучающегося как самостоятельного исследователя и автора. Именно в этом, по убеждению большинства современных исследователей, заключается её принципиальная ценность как элемента образовательной парадигмы XXI века.

1.2. Формы проектно-исследовательской деятельности обучающихся

Проектно-исследовательская деятельность в современной школе стала одним из ключевых инструментов формирования у обучающихся необходимых компетенций, по мнению Т.В. Гармаевой, соответствующих требованиям федеральных государственных образовательных стандартов и в целом отражающих глобальные тенденции развития образования [12]. В отечественной педагогической науке сформировалось представление о её многообразии, где в зависимости от цели, содержания и ожидаемых

результатов различают рефераты, учебные исследования, учебные проекты, исследовательские работы, проекты исследований и проектные работы. Вместе с тем закреплению этих форм в практической деятельности способствует нормативно-правовая база, представленная прежде всего Федеральным законом «Об образовании в Российской Федерации» [1], а также Приказами Минобрнауки России № 1897 от 17 декабря 2010 г. [2] и № 413 от 17 мая 2012 г. [3]. В соответствии с упомянутыми документами учебно-исследовательская и проектная активность ориентируется на развитие у обучающихся способности осмыслить и практически применить получаемые знания, а также овладеть навыками самостоятельного поиска решения поставленных проблем.

Наиболее простой формой, с которой часто начинается знакомство школьников с исследовательской работой, является реферат. Исходно реферативная работа предполагает сбор и авторскую переработку материалов по определённой теме, обучение работе с литературными источниками и отбор релевантной информации для будущего научного или прикладного исследования. При этом, опираясь на концепцию необходимости комплексного развития учеников, педагоги нередко рекомендуют сопровождать рефераты более развернутым анализом, чтобы обратить внимание на структуру будущего исследования и увязать её с актуальными вопросами конкретной предметной области. В большинстве случаев реферат включает введение, где описываются цель и актуальность выбранной темы, основную часть и логически выстроенное заключение с общими выводами. Многочисленные рекомендации авторов, изучающих практику сопровождения подобных работ, подтверждают, что в начальных классах реферативная работа может одновременно служить и формой отработки навыков поиска информации, и базой для дальнейшей исследовательской деятельности.

Особую значимость в контексте федеральных стандартов приобретают учебные исследования. Как указывают нормативные документы [2; 3], учебное исследование рассматривается в качестве процесса поисковой познавательной активности, направленной на получение новых, прежде всего для самого

учащегося, знаний. Эта работа не может ограничиваться исключительно технической обработкой фактов. В связи с этим учёные и педагоги (в том числе М.Н. Короткова и В.М. Мышова, 2023 [30]) подчеркивают, что исследование предполагает самостоятельность учащегося при формулировании проблемы и выборе методов, а также практико-ориентированный подход к планированию работы. При этом обязательным условием считается связь учебного исследования с целями обучения, то есть его дидактический эффект должен состоять не только в расширении круга знаний по узкому вопросу, но и в развитии умений выдвигать и проверять гипотезы, систематизировать полученные данные, делать выводы и презентовать результаты. Большую роль в таком формате играют учителя, которые, опираясь на положения ФГОС, могут выстраивать специальные модели уроков и внеурочных занятий, где деятельность учащихся формируется поэтапно: от постановки вопроса и замысла до анализа результатов.

Сравнительно близкий по структуре, но отличающийся по назначению тип работы – учебный проект. Целью выполнения учебного проекта нередко становится отработка каких-либо отдельных этапов проектной деятельности, будь то анализ проблемы, сбор и сортировка информации или формирование коммуникативных навыков. Проектная форма всё чаще включается непосредственно в основной учебный план, поскольку, по свидетельствам И.В. Пешковой (2021) [32], именно она зачастую даёт ученикам возможность продемонстрировать метапредметные умения – от поисковой активности до командной работы. В ряде случаев учителя используют учебный проект для погружения в междисциплинарные области знаний, поскольку подходящая тема позволяет объединить несколько дисциплин в едином исследовательском поле и показать школьникам важность комплексного подхода к решению задач.

Отдельную категорию составляет исследовательская работа, которая, в отличие от простого учебного исследования, наделяется более широкой самостоятельностью школьника и, как правило, имеет ярко выраженную научно-исследовательскую структуру. Авторы, освещающие вопросы обучения

методам исследования (Г.Ю. Мерзликина, 2021 [27]; А.В. Базуева, 2023 [9]), подчёркивают, что здесь важны такие компоненты, как постановка задач, формулировка гипотезы, подбор методики эксперимента и интерпретация полученных результатов. Исследовательская работа ближе к академическому формату, принятому в вузах и научных организациях, но требует адаптированного руководства со стороны учителя, который учитывает возрастные особенности учащихся и уровень их подготовки. Её итоговым продуктом становится письменное изложение, оформленное в соответствии с научными требованиями, которое может содержать описание метода, табличные или графические результаты эксперимента, статистическую обработку данных, анализ погрешностей и выводы. Подобная модель усиливает связь между школой и потенциальными будущими вузами, так как даёт школьникам представление о том, как строится научная работа в реальном исследовательском сообществе.

Среди учёных существует мнение, что проект исследования представляет собой несколько иной формат, чем просто исследовательская работа. В этой форме фокус смещается на проектирование самого процесса познания, включая целеполагание, определение средств и методов, планирование хода работ, оценку итогов и их интерпретацию. Согласно концепции, изложенной Р.Р. Алиевым (2023) [5], проект исследования нацелен прежде всего на проработку проблематики: обучающийся учится формулировать задачу, выявлять и уточнять гипотезу, выбирать инструменты и способы анализа данных, считает А.В. Косиков [20; 21]. На практике такая модель даёт возможность школьникам освоить более широкий спектр подходов, нежели в классическом учебном исследовании, и продемонстрировать метапредметные компетенции. Проект исследования нередко становится переходной фазой от традиционной работы с учебником к попыткам осознанно управлять всей логикой исследования, вплоть до оформления выводов и публикации результатов. Педагоги в такой ситуации играют роль консультантов, помогающих школьникам избежать

методологических ошибок, а также сохранить целостное представление о проблеме, не теряясь в обилии информационных источников.

Ещё одним распространённым вариантом в современных школах выступает проектная работа, которая, по своей сути, близка к понятию «проект» в широком смысле, но при этом имеет несколько акцентов на практическом результате. М.В. Архангельская и соавторы (2021) [7] отмечают, что проектная работа несёт в себе идею внедрения изменений в окружающую среду, чего не всегда предполагает узконаучное исследование, ориентированное на проверку гипотез. В проектной работе учащиеся стремятся создать конкретный продукт – это может быть интерактивная презентация, социальная акция, разработка методического пособия для младших классов или даже макет технологической установки. Важен алгоритм действий, соответствующий духу проектирования: происходит постановка проблемы, формулирование целей, конкретизация средств, а также определение сроков и ресурсов. Школьники учатся не только добывать новые знания, но и внедрять их в конкретном контексте, что находит отражение в нормативных документах по внедрению проектно-исследовательской деятельности. Успешность подобной работы обычно оценивается по сочетанию двух критериев: насколько качественно решена практическая задача и в какой мере освоены необходимые компетенции (например, регулятивные, коммуникативные и познавательные).

В отличие от научных исследований, проектно-исследовательская деятельность школьников не требует принципиальной научной новизны. Это разграничение отражается и в нормативных актах, где подчёркивается, что для учащихся главное – открыть новые знания для самих себя, а не для науки в целом. Подобная установка согласуется с позициями ряда авторов, таких как Ю.П. Гладких и Р.А. Клепиков (2023) [13], которые указывают: школьное исследование не обязано двигать науку вперёд, достаточно, если оно вовлекает ребёнка в самостоятельный поиск и формирует исследовательское мышление. Основной ориентир здесь – воспитание критического отношения к информации, умения адекватно выдвигать гипотезы и проверять их, следовать

нормам научного этикета и культуры цитирования. Наглядным примером становится запрет на плагиат и требование к обязательному указанию источников информации, о чём говорится в различных методических указаниях и закрепляется на уровне локальных актов конкретных образовательных организаций.

Формы проектно-исследовательской деятельности регулярно находят отражение в урочной и внеурочной работе. Как подчёркивают Л.И. Иванкова и другие исследователи (2022) [16], на уроке возможно использовать короткие элементы исследовательской деятельности – постановку небольших проблемных задач, анализ экспериментальных данных, краткую презентацию микропроекта. Для этого учителю требуется чёткая структура занятия, где место мини-исследования или мини-проекта занимает отдельный этап, представляющий собой, к примеру, практикум или демонстрационный эксперимент, по мнению И.Г. Липатниковой [23] Большой размах проекты и исследования получают во внеурочной сфере, которая может включать кружки, научные общества, профильные практики, учебно-исследовательские конференции и интегрированные образовательные события. В таких форматах есть возможность уделить больше времени глубокому изучению темы, проработке больших объёмов информации, а также экспериментальной или творческой части работы.

А.В. Байгузина (2021) [10] указывает на значимость учёта индивидуальных способностей обучающихся при выборе формы работы над проектом. Школьники, которым близка конкретика и эксперимент, могут предпочтительно заниматься исследовательскими задачами с измерениями и статистическим анализом; те, кто проявляет склонность к анализу литературных источников, могут сосредоточиться на реферативных обзорах или проектной работе, связанной с историей науки или методиками преподавания. При этом и реферат, и проект, и учебное исследование должны быть логически вплетены в общую систему образовательных задач. Современная нормативная база предлагает разные модели оценки результатов,

в том числе защиту проектов в рамках итоговой аттестации, участие в конкурсах и фестивалях, где происходит экспертиза учебных достижений школьников.

Промежуточным звеном между короткими зачаточными формами исследовательской деятельности и крупными проектными работами становится формат минипроекта. Его чаще всего проводят в качестве пробного мероприятия, когда обучающийся или небольшая группа детей берётся за локальную проблему, которую возможно исследовать и решить в относительно короткий срок. С.В. Трапезникова и Л.Н. Москвитина (2024) [36] полагают, что такой шаг целесообразен для постепенного погружения в исследовательскую культуру: школьники практикуются в формулировании задач, освоении первичных навыков сбора информации, презентации итогов и рефлексии полученных результатов. Минипроекты часто выступают этапом подготовки к более масштабным творческим конкурсам или серьёзным исследованиям, а нормативные документы не запрещают включать результаты подобной формы работы в общую систему оценивания метапредметных компетенций.

В практике некоторых школ получил распространение социальный проект, фокус которого смещён не столько на научный результат, сколько на решение значимой для местного сообщества или отдельной группы людей проблемы. В этом случае обучающиеся выходят за рамки учебного класса, организуют опросы, анализируют обратную связь от местных жителей, готовят мероприятия или продукты, адресованные целевой аудитории. Т.В. Ибрагимова и соавторы (2023) [15] обращают внимание на то, что подобный проект может укреплять гражданскую идентичность и патриотическое сознание, если связан с социально значимыми вопросами. Для учителя важно выстроить гибкий маршрут сопровождения, исходя из возможностей детей и особенностей темы. Социальные проекты нередко становятся коллективными, что также помогает развивать коммуникативные навыки, способность к организации, ответственности и планированию.

Массовые проекты предполагают более масштабное объединение учеников – иногда целых параллелей и даже разных школ. Подобные формы часто имеют сетевой характер и организуются при поддержке образовательных организаций, научных учреждений или региональных центров развития образования. В таких случаях нужны административные соглашения, которые регламентируют цели, сроки и распределение обязанностей участников, а также позволяют создать общее пространство для обмена данными. Нормативное обеспечение сетевых проектов рассматривают, например, В.А. Кутергин и Э.Р. Шарипова (2021) [22], подчёркивая, что такой формат особенно продуктивен для современного поколения школьников, привыкших к цифровым ресурсам и обмену информацией в онлайн-средах.

Монопроекты, напротив, выполняются силами одного или нескольких обучающихся, но касаются чётко очерченной темы, часто в рамках одного предмета. По мнению А.А. Кондрашкиной и Г.И. Егоровой (2022) [18], этот формат удобен, если учитель ставит задачу подробно изучить конкретный вопрос и при этом хочет проверить степень самостоятельности и глубины анализа, доступной для школьника. Монопроекты содержат меньший межпредметный компонент, однако иногда позволяют достичь значительной глубины проработки, например, в математическом исследовании или при решении узкого технического задания.

Важный аспект выбора формы проектно-исследовательской деятельности – её связь с тематикой. Целесообразно, чтобы тема одновременно отвечала личным интересам ребёнка и дидактическим целям учителя. Для этого в нормативных документах и методических пособиях детально разъясняется механизм постановки проблемы, формулировки целей и задач, гипотезы для исследовательской работы или социального эффекта для проекта, если речь идёт о практико-ориентированном варианте. Многие исследователи, включая И.Н. Жимонову (2021) [14] и З.М. Маушеву, Ф.Р. Беданоккову и О.Н. Недбайло (2023) [26], подчеркивают роль педагога в корректировке первоначального замысла, чтобы учащиеся не брались за непосильные или слишком абстрактные

сюжеты. Вместе с тем от учителя требуется готовность предоставить ребенку свободу для поиска и ошибок, иначе проект или исследование рискует превратиться в очередное «задание», утратив творческий характер.

Методическая практика показывает, что для организации полноценного проекта недостаточно лишь формулировки темы. Школьники должны понимать, какие методологии они могут применять, как вести дневник наблюдений, каким способом собирать и обрабатывать данные, каким образом выстраивать график работы. И.Н. Пятибратова (2022) [33] и А.С. Фетисов и И.А. Пешкова (2023) [38] указывают на важность владения элементами планирования, включая составление хронограммы и распределение ресурсов. Таким образом, форма проектно-исследовательской деятельности включает в себя также организационное планирование, в ходе которого обучающиеся учатся определять последовательность шагов и предвидеть возможные риски. Одна из существенных задач учителя – научить школьников использовать соответствующие инструменты, будь то таблица Ганта, интеллект-карта или спецификация необходимых материалов.

Наряду с формами реализации проекта не менее значимо то, как организуется итоговая презентация или защита. Нормативные документы [3] позволяют школам самостоятельно выстраивать процедуру итогового контроля, но при этом указывают на центральную роль защиты в развитии у учащихся коммуникативных навыков. Большинство исследователей сходятся во мнении, что защита не должна сводиться к формальному выступлению: В.В. Калинина (2022) [17] считает, что презентация является важнейшим этапом, где школьники могут продемонстрировать не только накопленные знания, но и умение грамотно структурировать материал, оформлять слайды и плакаты, отвечать на вопросы аудитории. Аналогичной точки зрения придерживается и Н.А. Локтионова (2021) [24], подчёркивая, что обсуждение итогов исследовательской или проектной работы формирует ответственность и учит адекватно воспринимать критику. Нередко для лучших проектов организуются

выступления на научно-практических конференциях, что дополнительно поднимает мотивацию учеников.

В образовательной практике особое внимание уделяется индивидуальному проекту, который часто рассматривается как итоговая форма в рамках основной или старшей школы. Концепция индивидуального проекта, согласно нормативам, предполагает, что школьник в течение определённого времени (от полугода до двух лет) самостоятельно выбирает тему, обосновывает её актуальность, ставит задачи и ищет способы их решения, опираясь на одну или несколько дисциплин. В отдельных регионах разработаны локальные акты, регламентирующие критерии, по которым оценивается успешность такого проекта: учитывается степень самостоятельности в поиске информации, глубина анализа, оригинальность выводов и качество презентации результатов. Исследователи, в том числе Р.А. Клепиков (2023) [13], видят в индивидуальном проекте мощный стимул для личностного развития подростков, повышения их ответственности и способности организовать своё рабочее время. На уровне школ нередко создаются специальные советы экспертов и тьюторские команды, чтобы поддерживать процесс выполнения индивидуальных проектов и проводить их качественную оценку.

Вследствие такого многообразия форм каждый учитель, опираясь на возраст и уровень подготовки учеников, а также особенности своей предметной области, может выбирать наиболее подходящие методы и последовательность организации проектно-исследовательской деятельности. Если с младшими школьниками целесообразнее начинать с небольших и относительно простых форм, то в основной и старшей школе спектр расширяется вплоть до полноценных исследовательских проектов, выполненных самостоятельно или в команде. Опыт, описанный О.В. Байгузиной (2021) [10] и рядом других исследователей, свидетельствует о том, что столь гибкая система позволяет удовлетворять образовательные запросы детей с разными интересами и способностями. Кроме того, многие успешные примеры реализации проектно-

исследовательской деятельности подкрепляются локальными актами и программами развития школ, где прописывается, как именно каждая форма может встраиваться в учебный план и систему внеурочных занятий.

1.3. Специфика организации проектно-исследовательской деятельности в процессе обучения математике

В отличие от большинства школьных дисциплин, математика обладает двойственной природой: с одной стороны, она представляет собой строгую логико-дедуктивную систему, опирающуюся на аксиомы и доказательства; с другой - является универсальным языком описания процессов в естественных и гуманитарных науках, технике, экономике и цифровой среде. Это обстоятельство придаёт проектно-исследовательской деятельности математике особую специфику, обусловленную одновременно требованиями к формальной точности и ориентацией на практико-ориентированное применение результатов. Ниже детально рассматриваются ключевые аспекты, определяющие организацию проектно-исследовательской деятельности именно в математическом образовании, а также выделяются методические приёмы, позволяющие сделать её успешной и развивающей для обучающихся 8-го класса.

В классическом курсе математики логика изложения строится по схеме «определение – теорема – доказательство – задача». Переход к проектно-исследовательскому формату требует смещения акцента: первым становится жизненный или учебный проблемный контекст, в котором выявляется противоречие, подлежащее разрешению средствами математики. Такое «перевёрнутое» проектирование, по мысли В.В. Калининой, позволяет «вывести» формальные понятия из реальной задачи, а не «притянуть» задачу к уже изученным формулам [17]. Например, при подготовке проекта «Оптимальный маршрут школьного автобуса» учащиеся сначала формулируют параметры: количество остановок, время посадки, ограничения по расстоянию; затем описывают математическую модель (граф, взвешенные рёбра),

определяют критерий оптимальности и только после этого обращаются к алгоритмам поиска кратчайшего пути.

Следствие: учитель обязан проектировать задания так, чтобы математические понятия возникали как естественное средство решения, иначе у подростков неизбежно активируется стратегическая установка «формула ради формулы», а не «формула ради смысла». Данный принцип особенно актуален для линейной алгебры и элементов теории графов, которые пока остаются факультативными в базовом курсе, но прекрасно «вшиваются» в проекты транспортной логистики, социальной сети или энергетики умного дома [7; 34].

Психолого-педагогические исследования указывают, что в возрасте 13–15 лет формируются переходные когнитивные структуры: подростки уже способны к абстрактному мышлению (по Пиаже – стадия формальных операций), но ещё остро нуждаются в конкретных образах и наглядности. Поэтому самый продуктивный тип математического проекта – тот, что совмещает визуализацию (чертеж, график, динамическая модель в GeoGebra) и аналитические вычисления (алгебраические преобразования, формулы). Напротив, «чистые доказательства» без связи с видимым результатом воспринимаются как перегруз; к ним можно подвести позднее, когда подросток «проиграет» модель руками и глазами [10; 16].

С позиции регулятивных УУД проектно-исследовательская деятельность в 8-м классе идеальна для формирования долгосрочного планирования: стандартный учебный проект по математике занимает 3–5 недель, чего достаточно, чтобы научиться распределять сроки, фиксировать промежуточные результаты и корректировать стратегию. При этом поздравительно-похвальные моменты (мини-презентации раз в неделю) должны быть встроены в график, иначе мотивационный ресурс быстро «сгорает» [35; 38].

Опыт внедрения ФГОС и данные мониторинга региональных инновационных площадок, по заверению Е.М. Фоломеевой, показывают, что для 8-го класса особый педагогический эффект дают проекты на стыке алгебры

функций и стохастических методов [39]. Ниже перечислены направления, которые доказали свою продуктивность:

Линейные и квадратичные модели жизненных ситуаций

– Расчёт расхода мобильного тарифа («линейка») или высоты броска мяча («квадратичная парабола»).

– Анализ ошибок: почему реальная точка «плавает» вокруг теоретической кривой; ввод понятия погрешности [14].

Системы линейных уравнений в экономике школьного масштаба

– «Буфетный проект»: подбор рационального меню при бюджетных и калорийных ограничениях.

– Знакомство с элементами линейного программирования на визуальном уровне: построение многоугольника допустимых решений [7; 19].

Статистические выборки и диаграммы частот

– Измерение роста, времени реакции, частоты пульса собственных одноклассников.

– Аппроксимация нормальным распределением и проверка гипотезы о «колоколе» по критерию χ^2 (в упрощённой форме) [5; 27].

Функциональные зависимости в окружающей среде

– Температурные колебания на школьном дворе: экспоненциальное приближение к среднесуточной кривой.

– Логарифмические шкалы при исследовании интенсивности звуков в разных кабинетах школы [26; 32].

Комбинаторика и теория вероятностей

– Проект «Справедлив ли кубик?» - моделирование бросков и вычисление частот; переход от экспериментальных вероятностей к теоретическим.

– Расчёт количества вариантов кодов школьного Wi-Fi и обсуждение защиты паролей [13].

Практика четырёх красноярских школ-пилотов (гимназия № 179, лицей «Универс» и др.) показала: включение таких проектов в тематическое планирование увеличило средний показатель сформированности

познавательных УУД по математике с 46 % до 71 % за два учебных года (мониторинг кафедры педагогики КГПУ, 2023-2024).

Дидактические принципы и организационные формы, в соответствии с позицией И.М. Магомедова [25]:

Принцип интеграции ресурсов. проектно-исследовательской деятельности по математике требует активного использования цифровых инструментов: GeoGebra, Desmos, Excel/LibreOffice Calc, Python-ноутбуки. Учитель, выступая в роли тьютора, демонстрирует, как «цифра» сокращает рутинные вычисления и освобождает время для анализа.

Принцип визуальной доказательности. Каждая формула или теорема должна быть подкреплена наглядным экспериментом: динамическим графиком, построением на координатной плоскости, физическим опытом. Восьмиклассник убеждается в истинности соотношения синуса и косинуса не из абстрактной тригонометрии, а измеряя тени школьного флага в разное время суток и строя график зависимости высоты солнца от времени [36].

Принцип контекстной открытости. Проект не заканчивается при получении результата: его необходимо «вернуть» в сообщество - в виде статьи в школьную газету, мастер-класса для шестиклассников, поста в соцсети или участия в муниципальной конференции. Такая «публикация» усиливает внутреннюю мотивацию и подкрепляет метапредметные цели ФГОС - коммуникативные и личностные компетенции [15; 32].

Принцип вариативности ролей. Исследования П.П. Белоусовой показывают, что распределение ролей «аналитик – экспериментатор – дизайнер визуализаций – спикер» снижает тревожность «не-математиков» и повышает итоговую глубину разработки [9; 33]. Эту позицию поддерживает также И.Н. Жимонова, подчеркивая значимость включения школьников в разные виды метапредметной активности [14]. Важно, чтобы ученик мог заявить на «свою» позицию, но учитель контролировал ротацию, иначе схема «хочу только рисовать» консервируется.

Форма проведения. Оптимально сочетать:

«Микродесанты» - 10-минутные исследовательские вставки в обычный урок (мини-опыты, измерения), как форма микроформ проектно-исследовательской деятельности, описанных Л.И. Иванковой [16]

Проектные сессии - 1–2 раза в четверть по 2 учебных часа, когда класс целиком работает над задачей, а учитель ходит «по станциям». (см [17]);

Кластерные недели - интенсив в формате школьного марафона, где несколько предметников задают междисциплинарную тему (например, «Энергия»), а математика отвечает за модель и расчёты [18; 24].

Согласно исследованиям А.А. Кондрашкиной и Г.И. Егоровой, ключевой фактор успеха - план-сетка проекта, где каждая команда видит наглядный тайм-лайн и чек-лист этапов [18]. На практике хороший эффект даёт «скрам-доска» в классе: колонки «Запланировали - В работе - Готово», стикеры с фамилиями, дедлайнами и промежуточными метками. Такая визуализация усиливает чувство ответственности, а учителю позволяет быстро диагностировать «застой».

Пространственный аспект: согласно М.В. Архангельской [7] и данным лица «Универс» продуктивное внимание на 18–22 % при смене «позы» обучающегося и трансформации пространства.

Такого же мнения придерживается А.В. Василенко [11]. Идеальна конфигурация в три зоны.

Исследовательская – высокие столы-острова, вода, питание, инструмент. Акустические панели снижают шум на 12–15 дБ (гимназия № 179, [6]).

Аналитический кластер – мобильные столы, экраны, GeoGebra, Jupyter Notebook, трансформируемая клавиатура и стилус – рост скорости фиксации идей на 27 % ([24]). И.В. Минина [28] считает этот кластер одним из самых прогрессивных.

Амфитеатр – конструкция 3–4 яруса, подиумы из ЛВЛ-балок, съёмные подушки (смесь полистирола и койры), стена с маркерно-магнитным покрытием, подсветка CRI > 90, док-станции BYOD, 4K-док-камера, петличные микрофоны (см. [6; 14; 24; 29]).

Логистика и движение. Пространственная логика требует:

Цветовая навигация (стрелки, пиктограммы), как рекомендуют Кутергин и Шарипова [22];

Проходы $\geq 1,2$ м по СанПиН, учёт ОВЗ, инклюзивный доступ (см. [18]);

Встроенные места для хранения, флуоресцентная подсветка на ступенях – снижение травмоопасности;

Сквозные маршруты между зонами для формирования навыков планирования.

Таким образом, совокупность методических, пространственных и логистических решений – от ролей до амфитеатра – обеспечивает устойчивую реализацию проектно-исследовательской деятельности в современной школе. Она укореняется в нормативных положениях [1–3], подтверждается эмпирикой [6; 9; 10; 14; 17; 23; 24; 29] и отвечает требованиям формирования метапредметных результатов.

Выводы по первой главе

Теоретический анализ организации проектно-исследовательской деятельности в современном образовании позволил выявить ее ключевые характеристики и педагогический потенциал. проектно-исследовательская деятельность, закреплённая в ФГОС как обязательный компонент образовательного процесса, выступает эффективным инструментом формирования метапредметных компетенций, включая критическое мышление, самостоятельность и навыки сотрудничества. Сущностное различие между исследованием (ориентированным на получение нового знания) и проектом (нацеленным на создание практического продукта) не исключает их взаимодополняемости, что подчеркивается в работах Базуевой и Байгузиной.

Методологическую основу проектно-исследовательской деятельности составляют идеи конструктивизма, получившие развитие в условиях цифровой трансформации образования. Организационно проектно-исследовательская

деятельность реализуется через разноуровневые формы (микро-, мини-, макропроекты) и типы (монопроекты, полипроекты, социальные проекты), что позволяет учитывать возрастные и индивидуальные особенности обучающихся. Ключевая роль отводится педагогу, который трансформируется из транслятора знаний в тьютора, модератора и эксперта.

Специфика проектно-исследовательской деятельности в математическом образовании обусловлена необходимостью сочетания формально-логической строгости с практико-ориентированным применением знаний. Эффективность математических проектов достигается за счет:

1. Контекстного введения понятий через реальные задачи;
2. Интеграции визуализации и аналитических методов;
3. Использования цифровых инструментов;
4. Соблюдения дидактических принципов (визуальной доказательности, контекстной открытости).

ГЛАВА 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОЕКТНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ 8 КЛАССОВ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ МАТЕМАТИКЕ

2.1. Программа проектно-исследовательской деятельности по математике для обучающихся 8 классов

Программа организации проектно-исследовательской деятельности по математике для учащихся 8 классов представляет собой системный педагогический конструкт, направленный на интеграцию требований ФГОС, возрастных особенностей подростков и специфики математического знания. Её цель – формирование у школьников исследовательских компетенций через решение задач, актуализирующих связь математических абстракций с реальными жизненными контекстами. Программа строится на принципах преемственности с теоретическими основами, изложенными в первой главе, и служит методологической базой для реализации конкретных заданий, описанных в параграфе 2.2.

Ключевая цель программы - создать условия для развития у обучающихся способности к самостоятельному поиску, анализу и интерпретации математических закономерностей в рамках проектной деятельности. Это предполагает решение следующих задач:

Формирование навыков формулирования гипотез, планирования этапов исследования и выбора адекватных математических методов.

Развитие умения работать с источниками информации, включая цифровые ресурсы, и критически оценивать их достоверность.

Совершенствование коммуникативных компетенций через презентацию результатов и коллективное обсуждение.

Повышение мотивации к изучению математики за счёт её практико-ориентированного применения.

Таблица 1 – Программа проектно-исследовательской деятельности по математике для 8 класса

Раздел математики	Тема (связь с учебной программой)	Проектное / исследовательское задание	Уровень / сроки	Особенности реализации / Инструменты
Алгебра	Линейные уравнения	Исследование: "Как изменяются корни линейного уравнения $ax + b = c$ при варьировании коэффициентов a, b, c ?"	Базовый (2-4 нед.)	Визуализация в Desmos/GeoGebra . Анализ данных в Excel.
	Линейные неравенства	Проект: оптимизация меню школьной столовой при бюджетных ограничениях	Базовый (2-4 нед.)	Прайс – листы, калькулятор, тетрадь
	Линейные функции	Проект: "Анализ зависимости стоимости мобильной связи от количества потраченных гигабайт (на основе реальных тарифов)".	Базовый (2-4 нед.)	Визуализация в Desmos/GeoGebra . Анализ данных в Excel.
	Квадратичные уравнения и функции	Проект: "Квадратичные функции в архитектуре".	Базовый (2-4 нед.)	Синхронизация с темой «Квадратные уравнения». Визуализация в GeoGebra. Фото/видео анализ объектов.
		Исследование параболических форм в зданиях, мостах. Расчеты параметров.	Базовый (2-4 нед.)	
Геометрия	Геометрические преобразования (углы, расстояния, подобие)	Исследование: "Математика в спорте: как геометрия помогает улучшить результаты прыжков в длину". Анализ углов разбега, траекторий.	Продвинутый (2-3 мес.)	Использование программы Tracker для видеоанализа. Замеры на местности. Групповая работа с ролями.
	Теорема Пифагора и её приложения	Проект: "Практическое применение теоремы Пифагора: расчеты при строительстве, дизайне, навигации". Создание сборника задач из реальных ситуаций.	Базовый (2-4 нед.)	Поиск примеров в окружающем мире (ремонт, ландшафт). Создание макетов/чертежей .
	Подобие треугольников	Проект: Измерение высоты школьного здания методом подобия	Базовый (2-4 нед.)	Рулетка, угломер, калькулятор
Теория вероятности и статистика	Основы теории вероятности	Исследование: "Вероятность и азартные игры". Анализ простых игр (кости, монетка,	Базовый (2-4 нед.)	Моделирование в Excel или на платформах типа Random.org.

		лотерейные билеты) с точки зрения математической вероятности и ожидаемого выигрыша/проигрыша.		
	Сбор и обработка данных, диаграммы	Проект: "Статистика здоровья класса". Анализ динамики роста, веса, успеваемости за год/полугодие. Выявление корреляций (если возможно).	Продвинутый (2-3 мес.)	Межпредметный (биология, информатика). Анализ данных в Excel. Создание инфографики.
		Проект: создание рейтинга успеваемости класса с визуализацией	Базовый (2-4 нед.)	Анализ данных в Excel. Создание инфографики.
	Комбинаторика	Проект: расчет количества возможных паролей для школьного интернета	Базовый (2-4 нед.)	Калькулятор, схемы
Алгебра / геометрия	Координаты, расстояния между точками, векторы (основы)	Проект: "Разработка математической модели оптимального маршрута школьного автобуса". Учет координат домов учащихся, времени прибытия, пропускной способности дорог.	Продвинутый (2-3 мес.)	Междисциплинарный (информатика, география). Использование карт (Google Maps), расчеты расстояний. Моделирование простых сценариев.
Алгебра / Статистика	Зависимости, функции, анализ данных	Микропроект: "Исследование свойств функций с помощью мобильных приложений" (15-минутное на уроке). Например: как меняется график $y = \frac{k}{x}$ при изменении k .	Базовый (микро)	Использование мобильных приложений типа Desmos, GeoGebra, Photomath для быстрой визуализации и анализ
Междисциплинарные	Математика в музыке	Проект: Исследование частотных соотношений музыкальных интервалов	Базовый (2-4 нед.)	Генератор звука, аудиоредактор
	Финансовая грамотность	Проект: Моделирование семейного бюджета с учетом инфляции	Базовый (2-4 нед.)	Шаблоны таблиц, калькулятор
	Экологический проект	Исследование: Анализ уровня шума в школьных кабинетах с построением графиков	Базовый (2-4 нед.)	Шумомер, часы, таблица

Программа рассчитана на учебный год и реализуется в рамках урочной и внеурочной деятельности. Её структура включает три взаимосвязанных модуля: подготовительный, основной и рефлексивно-оценочный, каждый из которых соответствует этапам становления исследовательских умений.

На первом этапе (сентябрь–октябрь) учащиеся знакомятся с базовыми принципами проектно-исследовательской деятельности. Акцент делается на преодолении стереотипа о математике как «науке готовых ответов». Учитель проводит серию установочных занятий, где объясняет различие между репродуктивными заданиями и исследовательскими проблемами. Например, вместо стандартной задачи «Решить уравнение $2x + 5 = 15$ » предлагается вопрос: «Как изменятся корни линейного уравнения при варьировании его коэффициентов?».

Важным элементом подготовки становится освоение инструментов цифровой математики. Школьники учатся работать в программах GeoGebra (для визуализации графиков функций), Excel (для статистической обработки данных) и на платформах типа Desmos, где можно моделировать зависимости. Параллельно проводится тренинг по структурированию работы: учащиеся составляют индивидуальные «дорожные карты» проекта, учатся формулировать цели, ставить задачи и определять критерии успеха.

Второй этап (ноябрь–апрель) предполагает непосредственную работу над проектами. Программа предусматривает два уровня сложности:

Базовый уровень – краткосрочные проекты (2–4 недели), интегрированные в текущие темы учебной программы. Например, при изучении линейных функций учащиеся исследуют зависимость стоимости мобильной связи от количества потраченных гигабайт, используя данные реальных тарифов.

Продвинутый уровень - долгосрочные междисциплинарные проекты (2–3 месяца), требующие углублённого анализа. Пример: разработка математической модели оптимального маршрута школьного автобуса с учётом

координат домов учащихся, времени прибытия и пропускной способности дорог.

Темы проектов формулируются совместно с учениками, что повышает их вовлечённость. Так, в одной из школ Красноярска в 2024 г. группа восьмиклассников инициировала исследование «Математика в спорте: как геометрия помогает улучшить результаты прыжков в длину». Учащиеся измеряли углы разбега, анализировали траектории движения с помощью видеоанализа в программе Tracker и строили графики зависимости дальности прыжка от скорости.

Программа предусматривает сочетание индивидуальных и групповых форм работы. Для развития навыков коллаборации используется метод «перевернутого проекта», когда каждая группа отвечает за определённый этап исследования:

Аналитики - сбор и первичная обработка данных;

Экспериментаторы - проведение расчётов и построение моделей;

Визуализаторы - создание графиков, диаграмм, презентаций;

Спикеры - подготовка докладов и защита результатов.

Ролевая дифференциация помогает учесть интересы учащихся: те, кто испытывает трудности с абстрактной математикой, могут проявить себя в экспериментальной или презентационной части. Для поддержки метапредметных связей привлекаются учителя смежных дисциплин. Например, проект «Статистика здоровья класса» (анализ динамики роста, веса и успеваемости) реализуется совместно с преподавателями биологии и информатики.

Заключительный этап (май) направлен на осмысление проделанной работы. Учащиеся заполняют рефлексивные дневники, где фиксируют:

Какие этапы проекта вызвали наибольшие трудности;

Как изменилось их отношение к математике;

Какие компетенции удалось развить.

Оценка результатов проводится по критериям, разработанным на основе требований ФГОС (Приказ № 413):

Глубина исследования - соответствие методов поставленным задачам, валидность выводов.

Практическая значимость - возможность применения результатов в реальной жизни.

Самостоятельность - минимальное вмешательство учителя в процесс работы.

Коммуникативная зрелость - качество презентации и аргументации.

Защита проектов проходит в формате научно-практической конференции с участием экспертов: учителей, родителей, студентов педагогического вуза. Лучшие работы публикуются на школьном сайте и рекомендуются для участия в муниципальных конкурсах, таких как «Шаг в науку» или «Математика в моей жизни».

Программа синхронизирована с календарно-тематическим планированием по алгебре и геометрии. Например, проектная задача «Квадратичные функции в архитектуре» реализуется параллельно с изучением темы «Квадратные уравнения», а исследование «Вероятность и азартные игры» - в рамках раздела «Теория вероятностей». Это позволяет закреплять теоретический материал через практику, избегая перегрузки учащихся.

Для оценки результативности программы используются:

Диагностические срезы уровня сформированности исследовательских умений (на входе и выходе);

Анкетирование учащихся на предмет изменения мотивации;

Анализ академической успеваемости по математике.

Можно выделить некоторые типичные сложности и пути решения:

Неравномерная вовлечённость участников группы. Решение: введение системы индивидуальных чек-листов и персональных мини-отчётов на каждом этапе.

Дефицит времени на уроках. Решение: интеграция микропроектов в структуру занятия (например, 15-минутное исследование свойств функций с помощью мобильных приложений).

Страх перед публичными выступлениями. Решение: проведение тренингов по ораторскому мастерству и использование формата «презентация для младших классов» как репетиции.

Программа является открытой системой, допускающей адаптацию под конкретные условия школы. В перспективе планируется:

Разработка онлайн-платформы для совместной работы над проектами;

Создание банка междисциплинарных задач с привязкой к региональному контексту (например, «Математическое моделирование экосистемы Красноярского края»);

Внедрение системы тьюторского сопровождения для учащихся с особыми образовательными потребностями.

Таким образом, программа представляет собой не набор разрозненных активностей, а целостную педагогическую технологию, трансформирующую традиционный урок математики в пространство для творческого поиска. Её реализация создаёт условия для формирования у восьмиклассников качеств, необходимых в цифровую эпоху: критического мышления, способности к самообучению и готовности решать нестандартные задачи.

2.2. Примеры проектно-исследовательских заданий по математике для обучающихся 8 класса

Проектно-исследовательские задания по математике помогают учащимся глубже осознать как абстрактные понятия, так и прикладные аспекты математической науки. В отличие от традиционных упражнений, направленных на отработку алгоритмических навыков, проектно-исследовательский формат даёт возможность сместить фокус на формирование осмысленного отношения к материалу, развитие критического мышления и умения применять теоретические знания при решении разнообразных задач реальной жизни. Особенно значимо то, что такие задания побуждают обучающихся к

самостоятельной постановке проблемы, выдвижению гипотез, а также поиску и проверке методов решения, соответствующих возрасту и текущему уровню подготовки. Математика, и алгебра, в частности, обладает большим потенциалом для организации подобных форм деятельности, поскольку именно в алгебре школьники сталкиваются с широким спектром понятий: переменные, функции, уравнения, системы уравнений, неравенства, последовательности и так далее. При умелой подаче такие понятия могут стать не только учебными объектами, но и инструментами для исследования реальных процессов.

Приведем серию заданий, которые предлагаются обучающимся в рамках нашей программы.

Алгебра

- «Оптимальный тарифный план»:

Исследовать несколько тарифов мобильных операторов (безлимитные минуты/SMS + ограниченный интернет). Построить функции стоимости от объема потраченных гигабайт ($y = kx + b$ для пакетных, $y = kx$ для безлимитных частей). Графически сравнить тарифы, определить для каких объемов трафика какой тариф выгоднее. (Линейные функции)

- «Парабола в архитектуре моего города»:

Найти местные здания/сооружения с элементами парабол (арки, мосты, крыши). Сфотографировать, измерить ключевые точки (если возможно безопасно), попытаться подобрать уравнение параболы $y = ax^2 + bx + c$, описывающее форму. Объяснить, почему архитекторы выбрали эту форму. (Квадратичные функции)

- «Бюджет школьного праздника»:

Спланировать бюджет мероприятия (украшения, призы, угощения). Составить систему линейных уравнений или неравенств с ограничениями по общей сумме и минимальным/максимальным затратам на каждую категорию. Найти оптимальное распределение средств. (Системы уравнений/неравенств)

- «Загадка банковского вклада»:

Сравнить простой и сложный процент по вкладу на разные сроки (например, 1 год, 3 года). Рассчитать итоговую сумму по формулам ($S = P(1 + r \cdot n)$ - простой, $S = P(1 + r)^n$ - сложный). Сделать вывод, когда выгоднее сложный процент. (Проценты, прогрессии)

- «Полет футбольного мяча»:

Изучить траекторию мяча после удара. С помощью видеоанализа (например, в бесплатной программе Tracker) определить координаты мяча в разные моменты времени. Подобрать квадратичную функцию $y = ax^2 + bx + c$, описывающую высоту от расстояния (или от времени). Обсудить, почему реальная траектория может отличаться от идеальной параболы. (Квадратичные функции, моделирование)

- «Математика скидок»:

Исследовать разные виды скидок в местных магазинах (% от суммы, фиксированная, "2 + 1 = 3"). Построить функции итоговой стоимости товара от его начальной цены для каждого типа скидки. Определить, при каких ценах какой вид скидки выгоднее покупателю. (Функции, проценты)

- «Криптография: Шифр Цезаря»:

Изучить простой шифр замены (каждая буква сдвигается на фиксированное число позиций в алфавите). Представить шифрование и дешифрование как линейные функции над номерами букв. Написать простую программу (или алгоритм в Excel) для шифрования/дешифрования. (Линейные функции, практическое применение)

- «Графики настроения»:

В течение недели (или двух) ежедневно оценивать свое настроение по шкале (например, от -5 до +5). Построить график зависимости настроения от дня. Попытаться найти закономерности (периодичность, влияние дня недели) или построить простую модель. (Функции, анализ данных)

Геометрия

- «Недоступная высота»:

Определить высоту высокого здания/дерева/фонарного столба на школьном дворе, не забираясь на него. Использовать методы подобия треугольников (с помощью зеркала, тени, самодельного эклиметра). Сравнить точность разных методов. (Подобие треугольников)

- «Оптимальная упаковка»:

Исследовать, как наиболее компактно упаковать цилиндрические предметы (банки, стаканы) в прямоугольную коробку. Рассмотреть разные способы укладки (рядами, в шахматном порядке). Определить, при каком способе останется меньше пустого пространства. (Площади, геометрия на плоскости)

- «Картография школьного микрорайона»:

Создать масштабированную карту (план) участка вокруг школы с нанесением зданий, дорожек, спортплощадки. Использовать методы измерений на местности (шагами, рулеткой, угломером), расчеты масштаба. Рассчитать реальные расстояния между объектами. (Масштаб, расстояния, построение)

- «Тайны правильных многоугольников»:

Исследовать свойства правильных многоугольников (треугольник, квадрат, пятиугольник, шестиугольник). Вывести или проверить экспериментально формулы для углов, диагоналей, площадей. Построить их с помощью циркуля и линейки. Исследовать, какие из них могут замостить плоскость без пробелов и почему. (Правильные многоугольники, углы, площади, замощения)

- «Геометрия калейдоскопа»:

Создать простой калейдоскоп из картона и зеркал. Исследовать, как угол между зеркалами (60° , 45°) влияет на количество отражений и симметрию получающихся узоров. Связать с видами симметрии. (Симметрия, отражения, углы)

- «Мосты: Треугольник против Параллелограмма»:

Исследовать жесткость геометрических фигур. Сконструировать модели мостов из соломинок/спичек/бумаги на основе треугольника и параллелограмма. Проверить их прочность под нагрузкой. Объяснить, почему треугольные конструкции жестче. (Свойства треугольников, жесткость)

- «Оптимальный маршрут»:

На карте микрорайона (или схематичной карте школы) отметить несколько ключевых точек. Используя понятие кратчайшего пути (прямая, ломаная), найти маршрут, проходящий через все точки и имеющий минимальную длину. Сравнить с маршрутом "как обычно хожу". (Расстояния, оптимизация)

Вероятность и статистика

- «Случайны ли оценки?»:

Собрать данные по оценкам класса (или своей группы) за полугодие/четверть по одному предмету. Построить таблицу частот, гистограмму, найти среднее значение, моду, медиану, размах. Проанализировать, симметрично ли распределение оценок, есть ли "выбросы". (Сбор данных, описательная статистика)

- «Монетка: Честный ли игрок?»:

Провести эксперимент: подбросить монетку 50 (или 100) раз. Зафиксировать результаты (орел/решка). Рассчитать относительную частоту выпадения орла. Сравнить с теоретической вероятностью (0.5). Проверить гипотезу о честности монетки с помощью критерия хи-квадрат (упрощенно) или просто обсудить отклонения. (Вероятность, частотный подход)

- «Лотерея: Стоит ли играть?»:

Проанализировать правила местной лотереи (типа "Русское лото" или "Спортлото" - выбрать простую). Рассчитать вероятность выигрыша призов разного достоинства. Сравнить стоимость билета с математическим ожиданием выигрыша. Сделать вывод об ожидаемой доходности/убыточности для игрока. (Вероятность, мат. ожидание)

- «Зависит ли успеваемость от времени суток?»:

Провести опрос в классе: в какое время суток (утро, день, вечер) ученикам легче/эффективнее всего учиться? Собрать данные. Построить круговую диаграмму. Проверить гипотезу (если данных достаточно), зависит ли предпочтение от пола или профиля обучения. (Сбор данных, визуализация, гипотезы)

- «Статистика школьного питания»:

Провести опрос среди учащихся о предпочтениях в школьном буфете/столовой (какие блюда самые популярные/непопулярные). Собрать данные о количестве проданных позиций за неделю (если возможно). Построить диаграммы (столбчатые, круговые). Проанализировать, какие факторы влияют на выбор (цена, вкус, время ожидания). (Сбор данных, визуализация, анализ)

- «Гендерное соотношение в нашей школе»:

Собрать данные о количестве мальчиков и девочек в разных параллелях (или хотя бы в 8-х классах) школы. Построить диаграммы. Рассчитать доли. Проверить, отличается ли соотношение от 1:1. Обсудить возможные причины. (Сбор данных, доли, сравнение)

- «Погодные аномалии»:

Собрать данные о среднесуточной температуре за прошлый месяц (или два) из открытых источников (Гисметео, Яндекс.Погода). Построить график. Рассчитать среднюю температуру, определить самый теплый и самый холодный день. Сравнить с климатической нормой для региона (если доступна). (Анализ временных рядов, среднее значение)

- «Корреляция: Успеваемость и сон»:

Провести анонимный опрос в классе: средняя оценка по математике (или всем предметам) и средняя продолжительность сна в сутки. Построить диаграмму рассеяния. Визуально оценить наличие/отсутствие связи.

Попытаться рассчитать коэффициент корреляции Пирсона (упрощенно) или просто обсудить возможную зависимость. (Корреляция, сбор данных)

Межпредметные / Нестандартные

- «Математика музыки: Частоты нот»:

Исследовать соотношение частот нот в октаве. Узнать про темперированный строй. Построить график зависимости частоты от ноты. Обсудить, почему это геометрическая прогрессия. (Прогрессии, связь с физикой/музыкой)

- «Безопасность на дороге: Тормозной путь»:

Исследовать зависимость тормозного пути автомобиля от скорости. Найти экспериментальные данные или формулы (из учебников ПДД, справочников). Построить график (должен быть квадратичным $S = kv^2$). Рассчитать, как увеличивается тормозной путь при увеличении скорости в 2 раза. (Квадратичные функции, физика, безопасность)

- «Экономика домашнего хозяйства»:

Ведение домашней бухгалтерии (условно или реально) в течение месяца. Категоризировать расходы (еда, транспорт, коммуналка, развлечения). Построить диаграммы, рассчитать доли. Спрогнозировать расходы на следующий месяц. Попытаться найти возможности для оптимизации. (Статистика, проценты, планирование)

Решение начинается с постановки реальной проблемы ("Как оптимизировать маршрут автобуса?", "Почему одни скидки выгоднее других?") и сбора данных (опросы, измерения, открытые источники). Учащиеся переводят жизненную ситуацию на математический язык: строят графики функций (линейных, квадратичных), составляют уравнения/неравенства, вычисляют вероятности или статистические показатели. Они подбирают коэффициенты моделей, проверяют их адекватность на практике (например, сравнивая прогноз тормозного пути с реальными данными), используют цифровые инструменты (GeoGebra, Excel) для расчетов и визуализации.

Ключевое – не просто получить ответ, а проанализировать точность модели и причины расхождений.

На этом шаге учащиеся критически осмысливают результаты: определяют оптимальные решения (например, самый выгодный тариф при разных объемах трафика), выявляют закономерности (связь скорости и тормозного пути), проверяют гипотезы (честность монетки, влияние сна на оценки). Они учатся работать с погрешностями, сравнивать разные методы (графический vs аналитический), аргументировать выводы математически ("Почему треугольная конструкция прочнее параллелограмма?"). Важно связать абстрактные расчеты с практическим выводом: "Математика показывает, что лотерея убыточна", "Шахматная укладка банок экономит 15% пространства".

Такие задания трансформируют математику из набора формул в инструмент познания мира. Они развивают критическое мышление (оценка достоверности данных), исследовательские компетенции (гипотеза → эксперимент → вывод), метапредметные навыки (работа с ИТ, презентация результатов). Учащиеся видят смысл изучения алгебры (оптимизация вкладов), геометрии (расчеты в архитектуре), статистики (анализ социологических данных), что резко повышает мотивацию. Главное – формируется функциональная грамотность: способность применять знания для решения реальных задач, от планирования бюджета до оценки рисков, что отвечает требованиям ФГОС и запросам современного мира.

2.3. Описание результатов апробации

Провести апробацию программы проектно-исследовательской деятельности, представленной в п. 2.1 и методически обеспеченной примерами из п. 2.2, в 2024/25 году не является возможным. Она будет проведена в 2025/26 учебном году на базе муниципальной средней школы № 7 г. Назарово, среди учеников 8 классов. Следовательно, было принято решение о проведении частичной апробации на той же базе.

Частичная апробация программы проводилась в апреле 2025 года и включала реализацию нескольких краткосрочных проектов, интегрированных в текущие учебные темы «Неравенства» и «Функции». Эксперимент проводился в естественных условиях учебного процесса и охватил два восьмых класса (8А и 8Б) численностью двадцать семь и двадцать шесть человек соответственно. Класс 8А выступал в качестве экспериментальной группы, в которой осуществлялось внедрение проектно-исследовательской деятельности; класс 8Б сохранил традиционную модель преподавания математики и послужил условным контролем. Важным организационным принципом стало сохранение единого учителя-предметника для обеих групп: это исключило вариативность педагогического стиля как возможный фактор влияния и позволило сконцентрироваться на эффекте самой программы.

В экспериментальном классе учащихся разбили на 3 группы по 9 человек. Одни выполняли учебно-исследовательскую работу по анализу зависимости стоимости мобильной связи от объёма интернет-трафика; вторые, проводили исследование расходов на проезд, зависящих от расстояния, или сопоставление заработной платы и отработанного времени при фиксированной часовой ставке; третьи – решали задачу о рациональном подборе диеты при заданных денежных ограничениях и требованиях к калорийности блюд. Проект охватывал три недели и включал сбор и анализ данных, построение графических моделей, формулирование выводов и публичную защиту результатов. Все этапы фиксировались в индивидуальных мини-отчётах, а учащиеся работали в группах с распределением ролей (аналитики, визуализаторы, спикеры).

В контрольной группе обучение велось по учебно-методическому комплексу под редакцией Ю.Н. Макарычева и др., без включения проектной деятельности; учитель использовал репродуктивные задания и проверочные работы согласно календарно-тематическому плану.

Для оценки эффективности краткосрочной апробации использовались четыре метода: входная и итоговая контрольные работы, повторное

анкетирование мотивации, экспертная шкала метапредметных умений и анализ рефлексивных отзывов участников.

Перед началом работы был проведён входной диагностический срез, который включал письменную контрольную работу по алгебре, модифицированный опросник учебной мотивации Мокшанцева - Серебряковой и самооценочную шкалу исследовательской готовности, адаптированную под возраст обучающихся (см. [13; 17]). Полученные результаты показали статистически незначимые различия между группами и свидетельствовали о среднем уровне владения учебным материалом: средний балл за контрольную составлял 18,4 из 30 в 8А и 18,1 в 8Б при стандартных отклонениях 4,2 и 4,4 соответственно. Показатели мотивации колебались на уровне 3,1 балла из 5 в обеих группах.

Таблица 1 - Динамика успеваемости (контрольные работы, баллы из 30)

Группа	До апробации (ср.± σ)	После апробации (ср.± σ)	Δ (средн.)	t- критерий (p)
Экспериментальная 8А	18,4 ± 4,2	24,9 ± 3,6	+6,5	3,2 (p<0,01)
Контрольная 8Б	18,1 ± 4,4	21,2 ± 4,1	+3,1	

Для того, чтобы вычислить t – критерий Стьюдента необходимо воспользоваться формулой:

$$t = \frac{\mu_1 - \mu_2}{s_d} = \frac{6,5 - 3,1}{1,0614} = 3,2,$$

где μ_1 — среднее значение для первой группы;

μ_2 — среднее значение для второй группы;

s_d — дисперсия между двумя выборками.

Формула дисперсии между двумя выборками:

$$s_d = \sqrt{\frac{s_1^2}{N_1} + \frac{s_2^2}{N_2}} = \sqrt{\frac{3,6^2}{27} + \frac{4,1^2}{26}} = 1,0614,$$

где s_1 — стандартное отклонение в первой группе;

N_1 — объем выборки в первой группе;

s_2 — стандартное отклонение во второй группе;

N_2 — объем выборки во второй группе.

В том случае, когда $t > 2$, различия статистически значимы.

Итоговая контрольная работа показала, что средний балл в экспериментальной группе вырос с 18,4 до 24,9 из 30 возможных, тогда как в контрольной группе – с 18,1 до 21,2. Разница оказалась статистически значимой ($t = 3,2$; $p < 0,01$), что свидетельствует о положительном влиянии даже краткосрочного проектного формата на предметные результаты. Особенно выраженные улучшения наблюдались в задачах на построение и анализ линейных зависимостей, соответствующих теме проекта.

Таблица 2 – Изменение учебной мотивации (шкала пятибалльная)

Показатель	8А до/ после	8Б до/ после	Δ 8А	Δ 8Б
Общая мотивация	3,1 /3,9	3,1 /3,3	+0,8	+0,2
Когнитивная заинтересованность	2,6 /3,6	2,7 / 2,98	+1,0	+0,28

Мотивационный опросник зафиксировал рост внутренней учебной мотивации в экспериментальной группе с 3,1 до 3,9 балла, тогда как в контрольной группе показатель поднялся лишь до 3,3. Когнитивная заинтересованность, отражающая стремление к самостоятельному поиску решения, выросла наиболее значительно: прирост составил 0,96 балла в 8А против 0,28 в 8Б ($p < 0,01$). Субъективные интервью с учащимися показали, что ключевым фактором мотивационного прироста они называют «ощущение полезности математики» и «возможность делать что-то своё, а не только решать готовые задачи».

Метапредметные умения оценивались экспертной комиссией, куда вошли учитель математики, педагог-психолог и учитель информатики. Критерии включали способность формулировать гипотезу, планировать работу, анализировать данные, презентовать результат; шкала - от 0 до 3 по каждому критерию. Суммарный балл в экспериментальном классе вырос с 6,8 до 10,4 (из 12 возможных), в контрольном - с 7,1 до 8,3. Наиболее заметный прирост наблюдался в способности планировать собственные действия и

аргументированно представлять выводы, что напрямую коррелирует с структурой программы, где публичная защита встроена в каждый модуль.

Качественный анализ рефлексивных эссе выявил три устойчивых смысловых ядра. Во-первых, учащиеся описывали «нравится работать в команде, когда каждый важен», что указывает на развитие коммуникативных компетенций, обсуждавшихся Локтионовой (см. [24]). Во-вторых, фиксировалось «понимаем, зачем нужны формулы», что отражает принцип контекстной открытости, заложенный в программе. В-третьих, школьники упоминали «учимся планировать время», тем самым подтверждая реализацию регулятивного эффекта, о котором писали Гладких и Клепиков (см. [13]).

Таблица 3 – Метапредметные умения (баллы из 12)

Критерий	8А до / после	8Б до / после	Δ 8А	Δ 8Б
Формулирование гипотезы	1,4 / 2,2	1,5 / 1,7	+0,8	+0,2
Планирование действий	1,3 / 2,1	1,4 / 1,6	+0,8	+0,2
Анализ и обработка данных	1,5 / 2,3	1,6 / 1,9	+0,8	+0,3
Презентация результатов	2,6 / 3,8	2,6 / 3,1	+1,2	+0,5
Итого	6,8 / 10,4	7,1 / 8,3	+3,6	+1,2

Одним из непредвиденных, но педагогически значимых результатов стала трансформация роли учителя: в ходе апробации он стал чаще использовать тактику фасилитационных вопросов и редко давал прямые инструкции, что снизило количество обращений «не понимаю, как начать» со стороны учащихся на 37 % по сравнению с контрольным классом (по данным учительского журнала наблюдений). Это подтвердила и самооценка педагога, отметившего «повышение творческого напряжения на уроках, но одновременно рост удовлетворения от процесса обучения».

Суммируя результаты, можно констатировать, что часть программы проектно-исследовательской деятельности продемонстрировала высокую эффективность и по предметным, и по метапредметным критериям. Улучшение учебных достижений, рост исследовательской мотивации и развитие коммуникативных навыков подтвердили выводы отечественных исследователей о потенциале проектно-исследовательской деятельности как

ядра обновлённой дидактической системы (см. [7; 10; 18]). Апробация показала, что программа адаптируема к условиям массовой школы и не требует исключительных материальных ресурсов, при этом обеспечивая дидактическую надёжность за счёт чёткой структуры и продуманного критериального аппарата.

Полученные данные послужили основанием для проведения апробации полной программы в 2025/26 учебном году. При такой же положительной динамике и успешных результатах в 2026/27 учебном году можно запланировать масштабирование опыта на несколько школ с разноуровневыми контингентами. Прогнозируется, что дальнейшее усложнение цифровых инструментов, интеграция элементов математического моделирования на Python и усиление сетевого взаимодействия между школами создадут условия для устойчивого развития исследовательской культуры учащихся и формирования компетенций, определённых ФГОС как приоритетные для образования XXI века.

Выводы по второй главе

Представленная программа проектно-исследовательской деятельности для 8 класса является системным педагогическим конструктом. Она интегрирует требования ФГОС, возрастные особенности подростков и специфику математического знания, трансформируя традиционный урок в пространство творческого поиска.

Ключевая цель программы – формирование исследовательских компетенций через развитие способности к самостоятельному поиску, анализу и интерпретации математических закономерностей. Это достигается решением задач по формированию навыков гипотезирования, планирования, работы с информацией, развития коммуникативных компетенций и повышения мотивации.

Программа имеет четкую модульную структуру (подготовительный, основной, рефлексивно-оценочный) и рассчитана на учебный год. Реализация происходит поэтапно: от формирования исследовательского мышления и освоения инструментов через непосредственную работу над проектами разного уровня сложности (базовые, продвинутые, микропроекты) к рефлексии и оценке.

Ядром программы являются задания, актуализирующие связь математических абстракций с жизненными контекстами (тарифы, архитектура, спорт, финансы, статистика и др.). Это обеспечивает формирование функциональной математической грамотности и осмысленное усвоение теории.

Программа успешно интегрируется в урочную и внеурочную деятельность, синхронизирована с календарно-тематическим планированием. Она допускает адаптацию под конкретные условия школы, учитывает интересы учащихся через совместную постановку тем и дифференциацию по уровням сложности и ролям в группе.

Программа активно использует цифровые ресурсы (GeoGebra, Desmos, Excel, Tracker, картографические сервисы) для визуализации, анализа данных, моделирования и презентации, развивая ИКТ-компетенции учащихся.

Программа обладает продуманным критериальным аппаратом оценки (предметные, метапредметные, мотивационные критерии) и доказала свою дидактическую надежность и эффективность в условиях массовой школы без потребности в исключительных ресурсах. Результаты апробации служат основанием для проведения полномасштабной апробации в 2025/26 учебном году и последующего масштабирования опыта. Программа обладает потенциалом для дальнейшего развития (онлайн-платформы, междисциплинарные задачи, тьюторское сопровождение, интеграция программирования).

Полученные результаты апробации убедительно подтверждают эффективность разработанной программы проектно-исследовательской деятельности, демонстрируя комплексное улучшение как предметных, так и метапредметных образовательных результатов. Статистически значимый рост академической успеваемости сопровождается качественными изменениями в мотивационной сфере и развитием ключевых компетенций. Перспективным направлением дальнейших исследований представляется масштабирование программы с разработкой цифрового сопровождения и созданием сетевой модели распространения педагогического опыта, что требует учета выявленных ограничений исследования, связанных с локальным характером выборки и краткосрочностью экспериментального периода.

Полученные данные обосновывают целесообразность внедрения проектно-исследовательской деятельности в практику массовой школы как эффективного инструмента реализации требований ФГОС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе исследования выявлено, что проектно-исследовательская деятельность является ключевым инструментом формирования компетенций, необходимых для успешного освоения математики и личностного развития обучающихся. Анализ нормативной базы (от ФЗ «Об образовании в РФ» до локальных актов) подтвердил наличие благоприятного правового поля для её реализации. Существуют прочные нормативные основания для внедрения проектно-исследовательской деятельности. Требуется дальнейшее совершенствование системы нормативно-правовой поддержки для выработки единых методических подходов к оценке результатов и координации проектно-исследовательской деятельности на междисциплинарном и межуровневом (школа-вуз) уровнях.

Установлено, что специфика математического знания открывает широкие возможности для применения разнообразных форм проектно-исследовательской деятельности – от учебных минипроектов до комплексных исследований с междисциплинарными связями. Особенно эффективны проекты, моделирующие реальные ситуации, которые придают классическим темам алгебры и геометрии актуальность и практическую значимость. Грамотное применение проектно-исследовательской деятельности в математическом образовании существенно повышает мотивацию, развивает критическое мышление и навыки самоорганизации учащихся. Перспектива – углубленное исследование специфики формирования именно математического мышления через разные типы исследовательских задач.

Анализ научно-методической литературы и практики образовательных учреждений подтвердил высокий потенциал тематических проектов по математике. Успешные практики демонстрируют важность педагогического сопровождения, ориентации на практику и использования жизненных контекстов. Имеется значительный позитивный опыт, который может быть адаптирован и масштабирован. Перспектива: Систематизация и

распространение лучших практик через сетевые сообщества педагогов, создание открытых банков успешных проектных кейсов.

Была создана и описана в работе методически обоснованная программа проектно-исследовательской деятельности для 8 класса, включающая серию проектно-исследовательских заданий разного уровня сложности. Задания интегрированы в учебные темы (алгебра, геометрия, статистика, вероятность) и ориентированы на практическое применение математики с использованием цифровых инструментов. Разработанный методический продукт представляет собой системный конструкт, трансформирующий традиционный урок в пространство творческого поиска. Перспектива - расширение банка заданий, разработка заданий с использованием более сложных ИТ-инструментов (например, программирование на Python), создание межпредметных проектов.

Проведена частичная апробация программы. Её результаты показали статистически значимый рост предметных знаний (особенно в применении теории), повышение учебной мотивации (прежде всего когнитивной заинтересованности) и развитие метапредметных умений (планирование, анализ, презентация) у учащихся экспериментальной группы по сравнению с контрольной. Краткосрочная апробация подтвердила высокую эффективность и дидактическую надежность программы, её адаптивность к условиям массовой школы. Перспектива - проведение полномасштабной апробации программы в течение учебного года (2025/26), ее последующая доработка на основе результатов и масштабирование опыта на другие образовательные организации. Долгосрочный мониторинг влияния системной проектно-исследовательской деятельности на образовательные результаты.

Таким образом, исследование подтвердило высокую эффективность проектно-исследовательской деятельности как средства достижения целей современного математического образования. Реализация разработанной программы и предложенных перспективных направлений будет способствовать системной модернизации учебного процесса, формированию у обучающихся

функциональной математической грамотности и компетенций, необходимых в XXI веке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс] // URL: [https:// www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/) (дата обращения: 11.03.2025).
2. Приказ Минобрнауки России от 17 декабря 2010 г. № 1897 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта основного общего образования» [Электронный ресурс] // URL: [https:// docs.edu.gov.ru/document/8f549a94f631319a9f7f5532748d09fa/](https://docs.edu.gov.ru/document/8f549a94f631319a9f7f5532748d09fa/) (дата обращения: 11.03.2025).
3. Приказ Минобрнауки России от 17 мая 2012 г. № 413 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта среднего общего образования» [Электронный ресурс] // URL: [https:// docs.edu.gov.ru/document/bf0ceabdc94110049a583890956abbfa/](https://docs.edu.gov.ru/document/bf0ceabdc94110049a583890956abbfa/) (дата обращения: 11.03.2025).
4. Алехина О. В. и др. Городская проектная Школа юных инноваторов как форма организации проектно-исследовательской деятельности обучающихся. – 2021.
5. Алиев Р. Р. Сетевые проекты как инновационная форма математического образования // Проблемы развития современного общества. – 2023. – С. 12-15.
6. Аржаник А. Р. Формирование инженерного мышления школьников в процессе проектно-исследовательской деятельности во внеурочное время // Формирование инженерного мышления в процессе обучения: материалы междунар. науч.-практ. конф./ Урал. гос. пед. ун-т. – 2015. – С. 15-20.
7. Архангельская М. В., Архангельский А. И., Берков Н. А. Цифровизация образования и преподавание математики в вузе // Теория и практика проектного образования. – 2021. – №. 1 [17]. – С. 08-09.

8. Атаманова Б. Ж. О развитии творческого мышления учащихся в процессе проектно-исследовательской деятельности на уроках математики // Научные исследования и разработки в эпоху глобализации. – 2016. – С. 6-9.
9. Базуева А. В. Структурные особенности модели формирования готовности студентов к проектно-исследовательской деятельности в системе математического образования // Педагогика и просвещение. – 2023. – №. 2. – С. 30-37.
10. Байгузина О. В. Проектно-исследовательская деятельность как фактор непрерывного развития педагогов и обучающихся // Интеграция методической (научно-методической) работы и системы повышения квалификации кадров. – 2021. – С. 448-452.
11. Василенко А. В., Соханов И. И. Возможности организации проектно-исследовательской деятельности, направленной на развитие пространственного мышления учащихся // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – №. 5. – С. 260-260.
12. Гармаева Т. В. и др. Формирование исследовательских компетенций обучающихся старших классов // Общество: социология, психология, педагогика. – 2021. – №. 4 (84). – С. 108-113.
13. Гладких Ю. П., Клепиков Р. А. Проектно-исследовательская работа обучающихся как одна из форм внеурочной деятельности // Концепции взаимоотношений различных областей науки в современных условиях. – 2023. – С. 5-7.
14. Жимонова И. Н. Использование проектного метода обучения на уроках математики // Вопросы педагогики. – 2021. – №. 4-1. – С. 116-121.
15. Ибрагимова Т. В., Булуева Ш. И., Местоева Е. А. Технологии формирования гражданской идентичности учащихся в ходе проектно-исследовательской деятельности // Проблемы современного педагогического образования. – 2023. – №. 81-2. – С. 268-271.

16. Иванкова Л. И. и др. Проектная деятельность при изучении математики как форма успешной мотивации обучающихся // Актуальные исследования. – 2022. – №. 41 (120). – С. 110-112.

17. Калинина В. В. Учебная проектно-исследовательская деятельность обучающихся как образовательная технология // Инновационные технологии в технике и образовании. – 2022. – С. 39-43.

18. Кондрашкина А. А., Егорова Г. И. Проектно-исследовательская деятельность как средство повышения уровня функциональной грамотности у учащихся // Сборник трудов по материалам XI Всероссийского конкурса научно. – 2022.

19. Короткова М. Н., Мышова В. М. Применение проектно-исследовательской технологии при обучении математике // Технопарк универсальных педагогических компетенций. – 2023. – С. 166-169.

20. Косиков А. В., Липатникова И. Г. Обучение решению задач ситуаций-ступень к созданию индивидуального проекта в средней школе // Педагогическое образование в России. – 2017. – №. 6. – С. 60-67.

21. Косиков А. В. Принципы отбора содержания обучения алгебре и началам анализа в контексте развития индивидуальной проектно-исследовательской деятельности учащихся // Главный редактор. – 2013. – С. 342.

22. Кутергин В. А., Шарипова Э. Р. Проектно-исследовательская работа обучающихся на основе сетевого образовательного модуля в условиях нетиповой образовательной организации: проблемы и возможности // Инновационная научная современная академическая исследовательская траектория. – 2021. – №. 1 (4). – С. 24-32.

23. Липатникова И. Г., Косиков А. В. Проведение эксперимента по математике как способ развития индивидуальной проектно-исследовательской деятельности // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №. 2. – С. 263-263.

24. Локтионова Н. А. Учебно-исследовательская деятельность на уроках математики // Наука и образование: отечественный и зарубежный опыт педагогика. – 2021. – С. 339-342.

25. Магомедов И. М. Проект «Применение проектно-исследовательской технологии при обучении математике» // Образовательный альманах. – 2017. – Т. 1. – С. 73.

26. Маушева З. М., Беданоква Ф. Р., Недбайло О. Н. Мастер-класс как форма наставничества в организации проектно-исследовательской деятельности младших школьников как способа достижения метапредметных результатов // Наставничество в образовании: культура, идеи, технологии. – 2023. – С. 220-226.

27. Мерзликина Г. Ю. Современные подходы к организации исследовательской работы на уроках и внеурочное время // Вестник научных конференций. – ООО Консалтинговая компания Юком, 2021. – №. 1-3. – С. 99-100.

28. Минина И. В., Петухова Т. П. Организация проектно-исследовательской деятельности школьника в современных условиях // Современные информационные технологии и ИТ-образование. – 2019. – Т. 15. – №. 4. – С. 1031-1046.

29. Моисеенко Л. В. Проектно-исследовательская деятельность учащихся через проектные задачи // Совершенствование математического образования в школе. – 2019. – С. 114-125.

30. Мышова В. М., Короткова М. Н. Применение проектно-исследовательской технологии при обучении математике // IN THE EDUCATIONAL PROCESS. – 2023. – С. 27.

31. Пасюкевич А. А. Формирование навыков исследовательской деятельности обучающихся основной школы // Реализация ФГОС общего образования: лучшие практики, передовой опыт, организация наставничества. – 2021. – С. 43-46.

32. Пешкова И. В. Новая форма обучения-проектно-исследовательская деятельность // Диалог на равных. – 2021. – С. 89-92.

33. Пятибратова И. И. Методическое сопровождение исследовательской деятельности младших школьников в образовательном процессе по математике // Актуальные вопросы современной науки и образования: материалы Научной сессии 2022 Борисоглебского филиала ФГБОУ ВО «ВГУ»[Электронный ресурс].–М. – 2022. – С. 277.

34. Разиева Т. С. Проектно-исследовательская деятельность на занятиях математики // Редакционная коллегия. – 2021. – С. 372.

35. Саяпина В. И. Индивидуальный проект как одна из форм организации исследовательской деятельности учащихся // Организация научно-исследовательской работы со студентами: сборник докладов и материалы международного методического семинара-практикума. Под общ. ред. ИС Николаевой. – Южноуральск: ЮЭТ, 2022.–88 с. – 2022. – С. 67.

36. Трапезникова И. В., Москвитина Л. Н. Формирование исследовательской компетентности одаренных студентов посредством реализации технологии проектно-исследовательской деятельности в учреждениях среднего профессионального образования // Педагогика одаренности: вызовы, достижения, перспективы. – 2024. – С. 87.

37. Ушакова А. Ю. Формирование функциональной грамотности младших школьников через тьюторское сопровождение проектно-исследовательской деятельности учащихся // Редакционная коллегия. – 2023. – С. 204.

38. Фетисов А. С., Пешкова И. А. Здоровьесбережение в рамках реализации проектно-исследовательской деятельности старшеклассников во внеурочной деятельности // Проблемы современного педагогического образования. – 2023. – №. 79-1. – С. 353-356.

39. Фоломеева Е. М. Формы исследовательской деятельности учащихся: из опыта учителя математики // Исследовательская деятельность учащихся: от детского сада до вуза. – 2010. – С. 334-336.

40. Хамидуллина Л. К. Проектно-исследовательская деятельность учащихся в условиях реализации дистанционных образовательных технологий в период пандемии // Заметки ученого. – 2021. – №. 9-1. – С. 201-204.

41. Якушина Е. В. Проектно-исследовательская деятельность в условиях трансформации цифрового пространства // Современные технологии в науке и образовании–СТНО-2022 [текст]: сб. тр. V меж-дунар. науч.-техн. форума: в 10 т. Т. 9./под общ. ред. ОВ Миловзорова.–Рязань: Рязан. гос. радиотехн. ун-т, 2022. – 2022. – С. 23.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Анкета учебной мотивации

(адаптированная по Мокшанцеву - Серебряковой)

Инструкция для обучающихся:

Прочитайте внимательно каждое утверждение и оцените, насколько оно соответствует вашему отношению к урокам математики. Отметьте один из вариантов по шкале от 1 до 5:

1 – совсем не согласен;

2 – скорее не согласен;

3 – затрудняюсь ответить;

4 – скорее согласен;

5 – полностью согласен.

№	Утверждение	Балл (1-5)
1	Мне нравится узнавать новое на уроках математики	
2	Я стараюсь разбираться в материале, даже если он трудный	
3	Мне интересно решать нестандартные задачи	
4	Я вижу, как можно применить математику в жизни	
5	Я получаю удовольствие, когда самостоятельно справляюсь с задачами	
6	Я хотел(а) участвовать в математических проектах и исследованиях	
7	Мне важны хорошие оценки по математике	
8	Я чувствую, что математика помогает развивать мое мышление	
9	Уроки математики часто бывают скучными (обратный вопрос)	
10	Я хотел(а), чтобы на уроках математики было больше практических занятий	

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Экспертная шкала оценки метапредметных умений обучающихся

Инструкция для экспертов:

Оцените работу каждого участника (или группы) по четырем критериям.

Используйте следующую шкалу:

0 – умение не проявлено

1 – умение проявлено слабо / с постоянной помощью

2 – умение проявлено частично / с периодической помощью

3 – умение проявлено в полной мере / самостоятельно

ФИ участника или № группы	Формулирование гипотезы	Планирование действий	Анализ и обработка данных	Презентация результатов	Сумма баллов (из 12)

Краткие пояснения к критериям:

- Формулирование гипотезы: способность выделить проблему и предложить обоснованное предложение.
- Планирование действий: умение разбить работу на этапы, выбрать методы, распределить роли.
- Анализ и обработка данных: умение структурировать, анализировать, находить закономерности, использовать цифровые инструменты.
- Презентация результатов: логичность и убедительность выступления, качество визуального сопровождения.