ИЗДАТЕЛЬСТВО грамота

Педагогика. Вопросы теории и практики
Pedagogy. Theory & Practice

ISSN 2686-8725 (online)
ISSN 2500-0039 (print)

2026. Том 11. Выпуск 8 | 2026. Volume 11. Issue 8
Материалы журнала доступны на сайте (articles and issues available at): pedagogy-journal.ru

RU

Методические аспекты развития проектно-исследовательской деятельности старшеклассников при обучении математике средствами цифровой дидактики

Жук Л. В., Игонина Е. В., Черноусова Н. В.

Аннотация. Цель настоящего исследования состоит в разработке методики развития проектно-исследовательских умений старшеклассников в процессе обучения математике, основанной на интеграции средств цифровой дидактики. В статье обосновывается актуальность применения цифровых инструментов в проектно-исследовательской деятельности по математике, описывается технология поэтапной организации проектной деятельности школьников на основе системно-деятельностного подхода. Научная новизна исследования состоит в обосновании и экспериментальной апробации структурно-функциональной модели развития проектно-исследовательской деятельности старшеклассников при обучении математике, интегрирующей поэтапную организацию проектного цикла, набор цифровых инструментов и трехуровневый диагностический инструментарий. В результате исследования разработана и апробирована система исследовательских заданий, градуированных по уровню сложности, сформулированы практические рекомендации для учителей по внедрению цифровых инструментов в проектную деятельность обучающихся на уроках математики. Выявлен дифференцированный эффект влияния цифровой дидактики на развитие ключевых компонентов проектно-исследовательских умений школьников.

EN

Methodological aspects of the development of design and research activities of schoolchildren in teaching mathematics by means of digital didactics

L. V. Zhuk, E. V. Igonina, N. V. Chernousova

Abstract. The purpose of this study is to develop a methodology for developing the design and research skills of high school students in the process of teaching mathematics based on the integration of digital didactics. The article substantiates the relevance of the use of digital tools in design and research activities in mathematics, describes the technology of step-by-step organization of project activities of schoolchildren based on a system-activity approach. The scientific novelty of the research consists in substantiating and experimentally testing a structural and functional model for the development of design and research activities of high school students in teaching mathematics, integrating the phased organization of the project cycle, a set of digital tools, and a three-level diagnostic toolkit. As a result of the research, a system of research tasks graded by difficulty level was developed and tested, practical recommendations for teachers on the introduction of digital tools into the project activities of students in mathematics lessons were formulated. The differentiated effect of digital didactics on the development of key components of students' design and research skills has been revealed.

Введение

Актуальность темы исследования. Современная образовательная парадигма характеризуется смещением приоритетов с трансляции готового знания на формирование у обучающихся универсальных учебных действий и исследовательских компетенций. При этом эффективным механизмом реализации системно-деятельностного подхода, закреплённого в федеральном государственном образовательном стандарте (ФГОС) среднего общего образования, признаётся проектно-исследовательская деятельность, выступающая интегративным звеном, связывающим теоретические знания с практикой, формируя у школьников готовность к самостоятельному решению нестандартных проблем (Гиглавый, 2021).

Научная статья (original research article) | https://doi.org/10.30853/ped20260193

© 2026 Авторы. © 2026 ООО Издательство «Грамота» (© 2026 The Authors. © 2026 Gramota Publishing, LLC). Открытый доступ предоставляется на условиях лицензии CC BY 4.0 (open access article under the CC BY 4.0 license): https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/

Происходящая в настоящее время цифровая трансформация образования, сопровождающаяся внедрением технологий интерактивного обучения, виртуальных лабораторий, облачных сервисов, инструментов дополненной и виртуальной реальности, создаёт предпосылки для качественной перестройки всей дидактической системы. В научной литературе последних лет активно обсуждается феномен «цифровой дидактики» – модификации классических компонентов дидактической системы (целей, содержания, методов, организационных форм и средств обучения) применительно к условиям цифровой образовательной среды (Асипова, Балтынова, Кантаева, 2021; Жистина, 2020; Подымова, Минязова, 2026; Широколобова, Гавриков, Монахова, 2024). Цифровые технологии оказывают значимое влияние на процесс обучения, предоставляя возможности персонализации (адаптации содержания и темпа к индивидуальным особенностям учащегося), визуализации абстрактных объектов (интерактивные модели, динамические чертежи), интерактивности (возможность непосредственного взаимодействия с объектом изучения, организации совместной работы в распределённых группах) (Жук, 2007; 2014; Реморенко, Патаракин, Гриншкун и др., 2022).

Перечисленные эффекты цифровизации открывают возможности для совершенствования проектно-исследовательской деятельности обучающихся. В то же время анализ научных публикаций показывает, что лишь малая их часть актуализирует вопрос интеграции цифровых технологий в проектную парадигму. Можно констатировать наличие объективного противоречия между потребностью образовательной практики в формировании исследовательских компетенций школьников и отсутствием методики организации проектно-исследовательской деятельности в цифровой образовательной среде. В контексте математического образования данное противоречие приобретает особую значимость. Математика выступает не только как фундаментальная учебная дисциплина, формирующая логическое, алгоритмическое и критическое мышление, но и в качестве универсального языка описания окружающего мира. Структурно-содержательные особенности школьного курса математики позволяют эффективно переходить от готовых алгоритмов решения задач к освоению методов математического исследования, включающих постановку проблемы, выдвижение гипотез, построение математической модели, анализ полученных результатов и их интерпретацию.

Отмеченное противоречие позволяет сформулировать проблему исследования: какими должны быть организационные этапы, их содержательное наполнение и методическое сопровождение при обучении математике с применением цифровых инструментов для эффективного развития проектно-исследовательской деятельности школьников?

В соответствии с поставленной целью определены следующие задачи исследования:

1) на основе теоретического анализа психолого-педагогической и методической литературы разработать структурно-функциональную модель развития проектно-исследовательской деятельности школьников, определяющую механизмы интеграции средств цифровой дидактики в процесс обучения математике;

2) определить организационно-методические аспекты деятельности педагога и обучающихся в рамках представленной модели;

3) составить систему разноуровневых исследовательских заданий по математике, обеспечивающую поэтапное формирование проектно-исследовательских умений школьников;

4) в рамках педагогического эксперимента выявить эффект влияния средств цифровой дидактики на развитие ключевых компонентов проектно-исследовательской деятельности старшеклассников.

Методологическую основу исследования составили: системно-деятельностный подход, в русле которого деятельность выступает источником и движущей силой психического развития личности (Асмолов, 2003; Выготский, 2005); теория проблемного обучения, актуализирующая роль проблемных ситуаций в развитии мыслительной деятельности (Матюшкин, 2009; Поляруш, 2025); концепция цифровой дидактики, описывающая трансформацию дидактических принципов в условиях цифровизации образования (Реморенко, Патаракин, Гриншкун и др., 2022; Константинов, 2026).

Теоретические методы исследования включали анализ философской, психолого-педагогической и методической литературы по вопросам проектно-исследовательской деятельности, по методике обучения математике; моделирование этапов организации проектно-исследовательской деятельности школьников; сравнительно-сопоставительный анализ дидактических возможностей цифровых инструментов с целью их отбора и применения на каждом этапе. Эмпирические методы исследования реализованы через прямое и включённое педагогическое наблюдение; изучение продуктов проектной деятельности (модели, презентации, портфолио проектов) с целью выявления уровня развития проектно-исследовательских умений; количественный и качественный анализ эмпирических данных.

Практическая значимость исследования заключается в том, что разработанная методика организации проектно-исследовательской деятельности старшеклассников может быть использована учителями математики общеобразовательных школ, в системах повышения квалификации педагогических кадров, а также в процессе подготовки студентов педагогических направлений в вузах.

Обсуждение и результаты

В современном образовательном дискурсе категории «учебно-исследовательская деятельность» и «проектная деятельность» выступают в качестве ключевых педагогических феноменов, закрепленных на нормативном уровне в федеральных государственных образовательных стандартах.

Классическое определение *учебно-исследовательской деятельности* дано И. А. Зимней, которая характеризует её как «активный, целенаправленный на удовлетворение вызвавшей его потребности процесс, который

имеет свое предметное, психологическое содержание (предмет, средства, способы, результат) и структуру, в составе которой – исследовательские действия и операции» (2010, с. 13), делая акцент на потребностно-мотивационной и деятельностной природе феномена. Определение *проектной деятельности*, предложенное Е. С. Полат (Новые педагогические и информационные технологии..., 2009), базируется на понимании её как совместной, целенаправленной, ограниченной во времени деятельности по решению проблемы, значимой для учащихся, причём результат этой деятельности имеет материальное или идеальное воплощение.

Введение ФГОС, базирующихся на системно-деятельностном подходе, актуализировало потребность в интеграции исследовательского и проектного начал в образовательном процессе, что привело к появлению термина «*проектно-исследовательская деятельность*». У М. И. Васильевой встречаем следующее её определение: «...вид осуществляемой под руководством учителя самостоятельной познавательной деятельности учащихся, построенной как процесс достижения проектного замысла посредством последовательного осуществления исследовательских действий, направленной на формирование общеучебных умений» (2020, с. 36). Таким образом, проектно-исследовательская деятельность выступает в качестве интегративной образовательной технологии: проект является организационной рамкой для исследования, а исследование придает проекту эвристическую глубину.

Нацеленность современных ФГОС на проектно-исследовательскую деятельность обусловливает пересмотр не только содержания, но и инструментария обучения, в частности, интеграцию элементов цифровой дидактики в структуру учебного проекта. *Цифровая дидактика* представляет собой актуальное направление педагогической теории, которое изучает трансформацию образовательного процесса в условиях цифровизации. Как подчёркивает В. В. Гриншкун, цифровые технологии не просто добавляются к традиционным средствам обучения, а изменяют саму структуру дидактического взаимодействия: на первый план выступает роль учителя не как источника информации, а как организатора познавательной деятельности, модератора, консультанта, фасилитатора (Реморенко, Патаракин, Гриншкун и др., 2022).

В данном контексте особое значение приобретает методически обоснованный отбор цифровых инструментов, соответствующих дидактическим целям, уровню цифровой компетентности школьников и специфике предметного содержания. Можно выделить следующие классы цифровых инструментов, наиболее эффективных для организации проектно-исследовательской деятельности школьников при обучении математике: 1) системы динамической геометрии (GeoGebra, Cabri Geometry, Desmos), позволяющие проводить вычислительные эксперименты, строить и трансформировать виртуальные модели, визуализировать абстрактные математические объекты; 2) системы компьютерной алгебры (MathCAD, Mathematica, Maple), автоматизирующие символьные преобразования, процесс решения уравнений, процедуры интегрирования и дифференцирования; 3) облачные сервисы и платформы (Google Docs, Google Tables, Miro, Microsoft Teams), обеспечивающие коллективную работу над проектами в реальном времени, комментирование и рецензирование; 4) мобильные приложения (Microsoft Math Solver, Photomath, Symbolab), предоставляющие пошаговые решения и возможность самопроверки.

Таким образом, теоретический анализ источников по проблеме исследования показывает, что в современном научном дискурсе учебно-исследовательская и проектная деятельность эволюционируют в сторону их интеграции, что приводит к появлению нового понятия – проектно-исследовательской деятельности, закреплённого на нормативном уровне и требующего обновления технологической базы. Цифровая дидактика предоставляет широкий арсенал образовательных технологий, однако педагогический эффект достигается лишь при условии методически грамотного их применения. Этим обусловлена необходимость разработки дидактической модели развития проектно-исследовательской деятельности обучающихся, учитывающей как содержательную специфику процесса обучения математике, так и организационно-педагогические условия интеграции цифрового инструментария в этот процесс.

Структурно-функциональная модель развития проектно-исследовательской деятельности школьников средствами цифровой дидактики включает четыре взаимосвязанных блока (Рисунок 1).

Целевой блок представлен ключевой целью дидактической модели, в качестве которой выступает развитие проектно-исследовательской деятельности старшеклассников при обучении математике в цифровой образовательной среде. Указанная цель конкретизируется рядом задач, процессуально отражающих формирование проектно-исследовательских умений: 1) сформировать у обучающихся целостное представление об основных этапах и структурных компонентах учебного проекта и исследования (проблема, гипотеза, цель, задачи, методы, результаты, выводы); 2) сформировать умения работать с цифровыми инструментами на уровне, достаточном для их самостоятельного применения в проектной деятельности; 3) развить навыки сбора, обработки, интерпретации и визуализации математических данных с использованием цифровых инструментов; 4) сформировать умения публичного представления и защиты результатов исследовательской деятельности с использованием мультимедийных средств; 5) развить навыки рефлексии и самооценки собственной познавательной деятельности.

Содержательный блок включает тематическое планирование проектных модулей по основным разделам школьного курса алгебры и начал анализа, курса геометрии (10-й класс, базовый и профильный уровни): «Тригонометрические функции и их свойства», «Геометрические построения», «Сечения многогранников», «Производная и её применение. Оптимизационные задачи». Каждый модуль включает 4 проекта и рассчитан на 10-12 академических часов, распределенных между урочной (уроки математики) и внеурочной деятельностью (консультации, самостоятельная работа, проектные сессии). Всего на реализацию методики отводится 34 академических часа в течение одного полугодия.

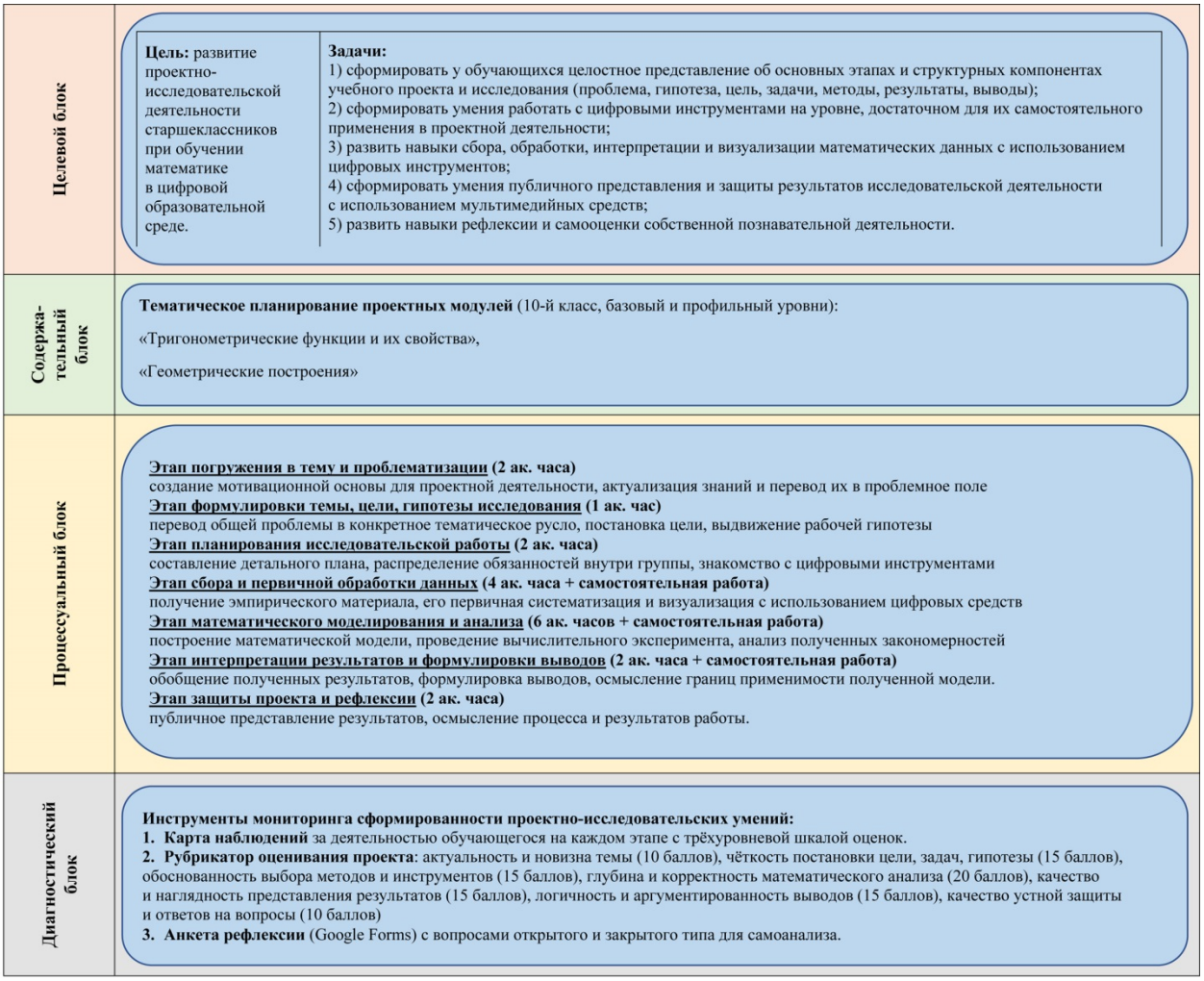


Рисунок 1. *Структурно-функциональная модель развития проектно-исследовательской деятельности школьников*

Центральным компонентом содержательного блока модели выступает *система исследовательских заданий*. Каждый проектный модуль включает два задания базового уровня, ориентированных на репродуктивные и частично-поисковые действия по образцу; одно задание повышенного уровня, требующее самостоятельного планирования и выбора методов исследования, и одно задание высокого уровня, предполагающее самостоятельное проектирование полного цикла исследования, включая постановку проблемы, выбор инструментов, многовариантный анализ и обоснованные выводы. При разработке исследовательских заданий использовались учебные пособия по алгебре и началам математического анализа, геометрии, включённые в федеральный перечень, а также специализированное пособие по линиям и поверхностям в евклидовом пространстве (Подаева, Красникова, 2004). В Таблице 1 представлена подробная характеристика исследовательских заданий одного из проектных модулей, ориентированного на обучающихся 10 класса.

Процессуальный блок модели отражает этапы организации проектно-исследовательской деятельности старшеклассников.

Этап погружения в тему и проблематизации

Учитель предъявляет школьникам проблемную ситуацию, содержащую противоречие между известным и неизвестным. Далее организует коллективное обсуждение, направляя вопросы от частного к общему («Что вы уже знаете по этой теме?», «Что вызывает сомнения?»), создаёт шаблон доски Miro с разделами: «Что мы знаем?», «Что хотим узнать?», «Гипотезы», «Вопросы для исследования». **Обучающиеся** фиксируют вопросы и предположения, участвуют в коллективном обсуждении, затем в малых группах (по 3-4 человека) на доске Miro создают кластер идей, связанных с предложенной темой, формулируют не менее 5-7 вопросов, на которые хотели бы получить ответ в ходе исследования.

Этап формулировки темы, цели и гипотезы исследования

Учитель объясняет требования к формулировке темы: она должна быть чёткой, конкретной, отражать предмет и объект исследования. Знакомит с правилами постановки цели (формулируется как результат, которого планируется достичь) и задач (конкретные шаги к цели). **Обучающиеся** выбирают направление, формулируют тему проекта и цель работы («Исследовать зависимость …», «Установить влияние …», «Разработать метод …»), выдвигают рабочую гипотезу, фиксируя её в совместном документе в Miro или Google Docs.

Таблица 1. *Характеристика исследовательских заданий проектного модуля «Тригонометрические функции и их свойства»*

Задачи освоения модуля. Исследовать свойства тригонометрических функций, выявить их роль в моделировании реальных процессов, освоить способы визуализации и анализа функциональных зависимостей с помощью цифровых инструментов.	
Задание 1 (базовый уровень). Графики тригонометрических функций и их преобразования	
Используя GeoGebra: Постройте графики функций $y = sinx, y = cosx, y = tgx$ на одном координатном поле. С помощью ползунков исследуйте, как влияют на график функции $asin(bx + c) + d$ значения коэффициентов *a, b, c, d*. Создайте анимацию, показывающую смещение графика при изменении параметра *c* (фазовый сдвиг) от −π до π. Сделайте скриншоты полученных графиков и сохраните их в Google Docs с подписями. Сформулируйте краткое правило: как изменение каждого коэффициента влияет на график	
Формируемые умения: работа в динамической среде; визуализация математических зависимостей; анализ влияния параметров на функцию	
Методические указания. Задание выполняется индивидуально. Учитель на интерактивной доске демонстрирует создание ползунков и анимации при работе с GeoGebra	
Форма представления: Google Docs (документ с графиками и правилами), GeoGebra-файл (сохранённый в облаке и доступный по ссылке)	
Критерии оценки (10 баллов)	корректность построения графиков (3 балла), правильность выявленных закономерностей (4 балла), аккуратность оформления (3 балла)
Задание 2 (базовый уровень). Моделирование колебаний маятника с помощью тригонометрических функций	
Изучите данные открытых источников, описывающие затухающие колебания маятника (амплитуда, период, частота затухания). В Google-таблицах создайте таблицу зависимости амплитуды колебаний (A) от времени (t). В GeoGebra постройте график затухающих колебаний, описываемых формулой $A(t) = A_0 \cdot e^{-\gamma t} \cdot \sin(\omega t + \varphi)$. Подберите значения параметров A_0, γ, ω, φ так, чтобы модельная кривая максимально соответствовала экспериментальным данным. Оцените точность аппроксимации: постройте на одном графике и сравните экспериментальные точки и модельную кривую	
Формируемые умения: работа с табличными данными; визуализация экспериментальных и модельных данных; подбор параметров модели; оценка точности модели	
Методические указания. Задание выполняется в парах. Учитель предоставляет учащимся реальные или смоделированные данные о колебаниях. Важно обратить внимание школьников на интерпретацию параметров – физический смысл каждого из них	
Критерии оценки (10 баллов)	корректность ввода и обработки данных (2 балла), качество подбора параметров модели (3 балла), точность сравнения экспериментальных и модельных данных (3 балла), обоснованность выводов (2 балла)
Задание 3 (повышенный уровень). Исследование погрешности интерполяции тригонометрических функций	
В GeoGebra: Постройте таблицу значений функции $y = sinx$ на отрезке [0; π] с шагом 0,5. Постройте интерполяционный полином Ньютона третьей степени, проходящий через точки (x_0, y_0), (x_1, y_1), (x_2, y_2), (x_3, y_3), используя встроенную функцию полиномиальной регрессии PolyFit. На отдельном графике отобразите разность между исходной функцией $y = sinx$ и интерполяционным полиномом для выбранных узлов. Увеличьте число узлов интерполяции: постройте полиномы 5-й и 7-й степени, используя более мелкий шаг (0,25 и 0,125). Для каждого случая вычислите максимальную абсолютную погрешность на отрезке [0; π] с шагом 0,1 и занесите данные в таблицу. Сделайте вывод о том, как точность интерполяции зависит от степени полинома и числа узлов. Повторите эксперимент для функции $f(x) = \frac{1}{1+25x^2}$ на отрезке [-1; 1] и сравните результаты. Сделайте общий вывод о свойствах интерполяции	
Формируемые умения: планирование вычислительного эксперимента; построение и анализ интерполяционных полиномов; визуализация и интерпретация погрешности; сравнительный анализ для разных функций	
Методические указания. Задание выполняется в парах или индивидуально в течение 2 недель. Учитель вводит понятие эффекта Рунге и предлагает учащимся самостоятельно обнаружить его при работе с функцией $f(x) = \frac{1}{1+25x^2}$. Важно акцентировать внимание на том, что увеличение числа узлов не всегда улучшает точность, это станет ключевым открытием для школьников	
Критерии оценки (10 баллов)	корректность построения интерполяционных полиномов (2 балла), качество расчёта погрешностей (2 балла), полнота и обоснованность выводов (4 балла), качество оформления (2 балла)
Задание 4 (высокий уровень). Моделирование биоритмов человека с помощью тригонометрических функций	
Изучите информацию о биоритмах человека, их физическом, эмоциональном и интеллектуальном циклах. Выясните длительность каждого цикла, найдите формулы для расчёта. Соберите эмпирические данные: для группы из 5-7 человек запишите дату рождения и дату защиты проекта, рассчитайте количество дней. В Google-таблицах создайте базу данных, содержащую: ФИО, дата рождения, количество прожитых дней, значения физических, эмоциональных и интеллектуальных показателей на выбранную дату. В GeoGebra постройте графики трёх циклов для каждого участника эксперимента на интервале ±30 дней от выбранной даты. Проведите наблюдение: в какие дни отмечается пик активности, в какие – спад, и как это влияет на самочувствие и продуктивность. Сравните теоретические показатели биоритмов с самооценкой участников по 10-балльной шкале путём проведения опроса в Google Forms. Проведите статистический анализ: вычислите коэффициент корреляции между теоретическими значениями и самооценкой. Сформулируйте вывод: подтверждается ли теория биоритмов на вашей выборке? Каковы ограничения вашего исследования?	
Формируемые умения: самостоятельная постановка исследовательской проблемы; разработка инструментария сбора данных; статистический анализ; интерпретация результатов в междисциплинарном контексте	
Методические указания. Задание выполняется в группах по 3-4 человека в течение 3-4 недель. Оно требует интеграции знаний из математики, биологии и психологии. Учитель выступает в качестве тьютора, помогая с организацией опроса и статистическими расчётами. Важно подчеркнуть, что отрицательный результат (отсутствие корреляции) также является полноценным научным результатом.	
Форма представления: Google-таблицы с данными, Google-документ с отчётом (5-7 страниц, включая диаграммы, таблицы, выводы), презентация для защиты (10-15 слайдов), интерактивная модель в GeoGebra для визуализации индивидуальных биоритмов	
Критерии оценки (10 баллов)	глубина и обоснованность постановки проблемы (2 балла), качество сбора и обработки данных (2 балла), корректность статистического анализа (2 балла), аргументированность выводов (2 балла), качество презентации и защиты (2 балла)

Этап планирования исследовательской работы

Учитель разъясняет учащимся общую структуру проекта и его основные этапы, проводит краткий мастер-класс по использованию цифровых инструментов (GeoGebra, Microsoft Math Solver, Google-таблицы), объясняет принципы эффективного распределения ролей в группе (координатор, исследователь-аналитик, техник-оператор, оформитель, докладчик) и их функции, организует групповую работу по заполнению карты проекта. **Обучающиеся** в группах или индивидуально заполняют «Цифровую карту проекта» в Miro, указывают сроки, ответственных исполнителей, необходимые ресурсы (цифровые и материальные), распределяют роли с учётом индивидуальных склонностей: кто будет выполнять расчёты в GeoGebra, собирать и обрабатывать данные в Google-таблицах, оформлять презентацию и готовить речь для защиты. Далее школьники знакомятся с интерфейсами цифровых инструментов, выполняют пробные действия.

Этап сбора и первичной обработки данных

Учитель оказывает консультационную поддержку по вопросам сбора данных, следит за корректностью использования цифровых инструментов, осуществляет мониторинг промежуточных результатов в общих документах (Google-таблицы, Miro), даёт оперативную обратную связь. **Обучающиеся** проводят сбор данных в соответствии с планом (выполняют измерения, эксперименты); вносят первичные данные в Google-таблицы; строят диаграммы, графики для визуального анализа; проводят предварительные расчёты (средние значения, проценты, отклонения) с помощью встроенных функций Google-таблиц.

Этап математического моделирования и анализа

Учитель проводит консультации по выбору математического аппарата для решения задачи, демонстрирует расширенные возможности GeoGebra для моделирования (построение графиков, вычисление производных, нахождение экстремумов, построение сечений, анализ погрешностей), помогает интерпретировать результаты моделирования: что означает точка пересечения графиков, что показывают параметры модели, как связаны математические результаты с реальным процессом. **Обучающиеся** строят математическую модель изучаемого явления или процесса в GeoGebra (задают функции, параметры, границы), проводят вычислительные эксперименты (варьируют параметры, наблюдают за изменением графиков, фиксируют ключевые зависимости), сравнивают полученную модель с теоретическими ожиданиями (гипотезой). При решении уравнений, нахождении производных или интегралов используют Microsoft Math Solver, далее анализируют погрешность и точность модели, сравнивая модельные значения с экспериментальными данными.

Этап интерпретации результатов и формулировки выводов

Учитель помогает старшеклассникам структурировать выводы: каждый вывод должен соответствовать одной из задач исследования и быть подтверждён полученными данными. Педагог объясняет разницу между «результатом» и «выводом»: результат – это то, что получено (таблицы, графики, расчёты), вывод – это интерпретация полученного. **Обучающиеся** коллективно обсуждают полученные результаты, соотносят их с выдвинутой гипотезой, формулируют выводы по каждой задаче исследования и итоговый вывод по всей работе. Также оценивают практическую значимость полученных результатов, определяют границы применимости модели (при каких условиях модель работает, а при каких нет).

Этап оформления результатов и подготовки презентации

Учитель знакомит школьников с требованиями к структуре и оформлению отчёта по проекту, даёт рекомендации по визуализации данных (какие графики, диаграммы, схемы наиболее наглядны), обращает внимание на необходимость единого стиля оформления (шрифты, цвета, шаблоны), организует промежуточный просмотр презентаций и отчётов. **Обучающиеся** оформляют письменный отчёт по проекту в Google Docs, готовят презентацию (в PowerPoint, Google Slides), основные результаты (графики, таблицы, модели), выводы. Встраивают в презентацию интерактивные элементы (например, QR-коды на файлы GeoGebra или на Google-таблицы с исходными данными). Наконец, проводят репетицию защиты в группе, отрабатывают тайминг, готовят ответы на возможные вопросы.

Этап защиты проекта и рефлексии

Учитель организует публичную защиту проектов, назначает экспертов (в том числе из числа учащихся других групп), выдаёт им листы оценки по критериям, модерирует вопросы и обсуждение, а также организует процедуру рефлексии с использованием Google Forms или Miro. **Обучающиеся** выступают с публичной защитой проекта перед одноклассниками и экспертами, отвечают на вопросы по содержанию, методам, результатам, участвуют в обсуждении проектов других групп: задают вопросы, высказывают критические замечания, предлагают альтернативные подходы. Затем школьники заполняют анкету рефлексии в Google Forms, включающую вопросы: «Что было самым сложным?», «Что далось легко?», «Какой цифровой инструмент оказался наиболее полезным?», «Какие новые умения вы приобрели?».

Диагностический блок модели представлен следующими инструментами мониторинга сформированности проектно-исследовательских умений:

1. Карта наблюдений за деятельностью обучающегося на каждом этапе, содержащая индикаторы по четырём критериям (самостоятельность, критическое мышление, исследовательские умения, командная работа) с трёхуровневой шкалой оценок.

2. Рубрикатор оценивания проекта (максимум 100 баллов): актуальность и новизна темы (10 баллов), чёткость постановки цели, задач, гипотезы (15 баллов), обоснованность выбора методов и инструментов (15 баллов), глубина и корректность математического анализа (20 баллов), качество и наглядность представления результатов (15 баллов), логичность и аргументированность выводов (15 баллов), качество устной защиты и ответов на вопросы (10 баллов).

3. Анкета рефлексии (Google Forms) с вопросами открытого и закрытого типа для самоанализа.

Эмпирическое исследование проводилось в 2025-2026 учебном году на базе МБОУ СШ № 1 им. М. М. Пришвина и МБОУ СШ № 24 (г. Елец). В исследовании приняли участие 40 обучающихся 10 классов (по 20 человек в экспериментальной и контрольной группах). Выборка формировалась методом парного отбора, обеспечивающего сопоставимость групп по следующим параметрам: успеваемость по математике (результаты полугодовых контрольных работ), уровень мотивации к изучению предмета, опыт участия в проектной деятельности.

На констатирующем этапе эксперимента проводилась первичная диагностика уровня сформированности проектно-исследовательских умений в обеих группах в ходе выполнения учебного проекта «Функции вокруг нас». Для диагностики использовались интегративные критерии.

1. Самостоятельность. Показатели: способность формулировать проблему без помощи учителя, самостоятельный выбор методов решения, умение организовать собственную работу, ответственность за результат. Диагностический инструментарий: карта наблюдения за деятельностью, обучающегося, экспертный опрос.

2. Критическое мышление. Показатели: способность анализировать достоверность исходных данных, обоснованность выбора методов решения, умение выявлять ошибки и неточности, аргументированность выводов. Диагностический инструментарий: оценка устных ответов на защите проекта, анализ письменного отчёта.

3. Исследовательские умения. Показатели: постановка проблемы и гипотезы исследования, планирование исследования (проекта), сбор, обработка и интерпретация данных, формулировка обоснованных выводов. Диагностический инструментарий: экспертная оценка исследовательской части проекта (рубрикатор).

4. Командная работа. Показатели: распределение ролей и обязанностей между участниками команды, конструктивное участие в обсуждении и принятии решений, способность разрешать разногласия и находить компромиссы. Диагностический инструментарий: карта наблюдения за взаимодействием в группе, взаимооценка участников команды, экспертная оценка совместной работы.

Каждый критерий оценивался по 10-балльной шкале тремя независимыми экспертами: учитель математики, методист школы, студент-магистрант педагогического направления Елецкого государственного университета им. И. А. Бунина. По сумме баллов обучающиеся распределялись по трём уровням сформированности проектно-исследовательских умений: низкий (0-19 баллов), базовый (20-29 баллов), высокий (30-40 баллов). На констатирующем этапе обе группы школьников продемонстрировали преимущественно базовый уровень сформированности проектно-исследовательских умений. Статистически значимых различий между группами не было зафиксировано: эмпирические значения χ^2 для распределения по уровням варьировались от 1,53 до 3,32 для каждого критерия на уровне значимости $\alpha = 0{,}05$ при значении $\chi^2_{крит} = 5{,}99$.

На формирующем этапе осуществлялась реализация разработанной методики в экспериментальной группе. Общий объём учебного времени составил 34 академических часа, включая уроки математики (16 часов) и внеурочную деятельность – консультации, самостоятельная работа (18 часов). Контрольная группа выполняла аналогичные по тематике и объёму проекты, однако цифровые инструменты не были системно интегрированы в учебный процесс. Школьники использовали преимущественно сетевые и печатные источники информации, а также стационарные компьютерные программы (PowerPoint, Word) и электронную почту. Пошаговое планирование проектно-исследовательской деятельности не осуществлялось, рефлексивные процедуры носили нерегулярный характер.

На контрольном этапе эксперимента была проведена повторная диагностика уровня сформированности проектно-исследовательских умений в обеих группах, осуществлен статистический анализ полученных данных и интерпретация результатов. В экспериментальной группе было зафиксировано значительное сокращение доли учащихся с низким уровнем по всем критериям: по самостоятельности – с 50% до 30%, по исследовательским умениям – с 60% до 40%. Показателен рост доли учащихся с высоким уровнем по критериям «исследовательские умения» (с 10% до 40%) и «критическое мышление» (с 15% до 35%). В контрольной группе изменения не превышали 5 процентных пунктов и находились в пределах статистической погрешности.

Для каждого критерия было вычислено эмпирическое значение критерия Пирсона по формуле $\chi^2=\sum \frac{(f_{набл}-f_{ож})^2}{f_{ож}}$, где $f_{набл}$ – наблюдаемые частоты, $f_{ож}$ – ожидаемые частоты при условии справедливости нулевой гипотезы. На основе статистического анализа данных гипотеза о равенстве распределений в экспериментальной и контрольной группах по критериям «самостоятельность», «критическое мышление» и «исследовательские умения» была отвергнута на уровне значимости 0,05. По критерию «командная работа» результат оказался на границе статистической значимости, что, по нашему мнению, объясняется недостаточным количеством групповых проектов в ходе эксперимента (из четырёх выполненных проектов только один был групповым, остальные – индивидуальные или парные). Это указывает на необходимость специальной работы по формированию коммуникативных навыков у обучающихся в цифровой среде: организации видеоконференций для обсуждения промежуточных результатов проекта, ролевой организации работы в группе («секретари», «критики», «генераторы идей»). В перспективе планируется увеличить долю групповых проектов в общем объёме заданий до 50%.

Практический опыт организации проектно-исследовательской деятельности школьников в рамках предложенной модели позволил сформулировать следующие *методические рекомендации для учителей* математики, внедряющих цифровые инструменты в образовательный процесс:

1. Начинать следует с краткосрочных мини-проектов длительностью 2-3 урока, постепенно переходя к долгосрочным исследованиям и увеличивая долю самостоятельности учащихся.

2. Использование «цифровой карты проекта» на онлайн-доске Miro позволит визуализировать этапы проекта, их текущий статус и ответственных участников.

3. Цифровое «портфолио исследователя» в Google Docs или Notion, содержащее разделы «исходная гипотеза», «ход работы», «промежуточные результаты», «выводы и вопросы для дальнейшего исследования» будет способствовать формированию рефлексивных умений у школьников.

4. Необходимо предусмотреть публичную защиту проектов в школе или в онлайн-формате с приглашением внешних экспертов, это повысит мотивацию и ответственность учащихся, придаст их работе социальную значимость.

Заключение

В ходе проведённой теоретико-экспериментальной работы были решены поставленные задачи исследования. Разработана структурно-функциональная модель развития проектно-исследовательской деятельности старшеклассников, включающая целевой, содержательный, процессуальный и диагностический блоки, предоставляющая механизмы интеграции цифровых инструментов на всех этапах проектного цикла – от проблематизации до рефлексии. В рамках модели определены организационно-методические аспекты деятельности педагога как фасилитатора и обучающихся как активных участников исследовательского поиска. Составлена и апробирована система разноуровневых исследовательских заданий по математике, обеспечивающих поэтапное формирование проектно-исследовательских умений – от репродуктивных действий до самостоятельного полного исследования. Выявлен эффект влияния средств цифровой дидактики на развитие ключевых компонентов проектно-исследовательской деятельности: статистический анализ (χ^2-критерий Пирсона) показал значимые различия между экспериментальной и контрольной группами по критериям «самостоятельность», «критическое мышление» и «исследовательские умения». Определены условия эффективной реализации предложенной методики: поэтапное сопровождение деятельности старшеклассников, использование цифровой карты проекта, регулярная рефлексия, обязательная организация публичной защиты результатов. Таким образом, цель исследования достигнута: предложенная методика организации проектно-исследовательской деятельности, основанная на интеграции цифровых средств, обеспечивает статистически значимое повышение уровня сформированности проектно-исследовательских умений у обучающихся. Перспективами дальнейшего научного поиска могут стать сравнительный анализ эффективности цифровых инструментов для различных типов проектно-исследовательских задач, а также создание массового онлайн-курса для педагогов по методике организации проектно-исследовательской деятельности в цифровой среде.

Материалы исследования | Research materials

1. Подаева Н. Г., Красникова Л. В. Линии и поверхности в евклидовом пространстве: учебно-методическое пособие. Елец, 2004.
2. ФГОС СОО – Федеральный государственный образовательный стандарт среднего общего образования: утвержден приказом Минобрнауки РФ от 17 мая 2012 г. № 413. https://base.garant.ru/70188902/

Источники | References

1. Асипова Н. А., Балтынова А. Ш., Кантаева Г. Г. Роль цифровой дидактики в экосистеме цифрового образования // Norwegian Journal of Development of the International Science. 2021. № 75-2.
2. Асмолов А. Г. Неодеятельностная парадигма в мышлении XXI века: деятельность как существование (из доклада на международной конференции, посвященной 100-летию А. Н. Леонтьева) // Мир психологии. 2003. № 2 (34).
3. Васильева М. И. Проектная, исследовательская и проектно-исследовательская деятельность: сопоставительный анализ // Ученые записки Забайкальского государственного университета. 2020. Т. 15. № 5.
4. Выготский Л. С. Психология развития человека. М.: Смысл; Эксмо, 2005.
5. Гиглавый А. В. Потенциал проектно-исследовательской деятельности учащихся в условиях развития цифровой образовательной среды // Continuum. Математика. Информатика. Образование. 2021. № 3 (23).
6. Жистина Л. Ф. Интерактивные методы цифровой дидактики // Академия профессионального образования. 2020. № 3 (94).
7. Жук Л. В. Активизация мыслительной деятельности будущих учителей математики в области геометрии средствами компьютерного моделирования: автореферат дисс. … к. пед. н. Елец, 2007.
8. Жук Л. В. Реализация дидактического принципа наглядности в обучении геометрии средствами информационных компьютерных технологий // Европейский журнал социальных наук. 2014. № 4-1 (43).
9. Зимняя И. А. Исследовательская деятельность студентов в вузе как объект проектирования в компетентностно-ориентированной ООП ВПО. М.: Исследовательский центр проблем качества подготовки специалистов, 2010.

10. Константинов О. П. Интерактивность 4.0 как дидактический принцип цифрового обучения: концептуальное развитие цифровой дидактики // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2026. № 2.
11. Матюшкин А. М. Психология мышления. Мышление как разрешение проблемных ситуаций: учебное пособие. М.: КДУ, 2009.
12. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: учеб. пособие / под ред. Е. С. Полат. М.: Академия, 2009.
13. Подымова Л. С., Минязова Е. Р. Цифровая дидактика: трансформация и преемственность принципов обучения // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2026. Т. 11. Вып. 3. https://doi.org/10.30853/ped20260066
14. Поляруш А. А. Рефлексия теории и практики проблемного обучения М. И. Махмутова с позиций диалектической логики // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. 2025. № 9-1 (108).
15. Реморенко И. М., Патаракин Е. Д., Гриншкун В. В., Ярмахов Б. Б., Максименкова О. В. Современная «цифровая» дидактика. М.: ООО «Грин Принт», 2022.
16. Широколобова А. Г., Гавриков А. Л., Монахова Л. Ю. «Цифровизация образования» и «цифровая трансформация образования» как базовые понятия цифровой дидактики // Человек и образование. 2024. № 4 (81).

Информация об авторах | Author information

RU

Жук Лариса Викторовна[1], к. пед. н., доц.
Игонина Елена Викторовна[2], к. физ.-мат. н., доц.
Черноусова Наталия Вячеславовна[3], к. пед. н., доц.
[1, 2, 3] Елецкий государственный университет им. И. А. Бунина

EN

Larisa Viktorovna Zhuk[1], PhD
Elena Viktorovna Igonina[2], PhD
Natalia Vyacheslavovna Chernousova[3], PhD
[1, 2, 3] Bunin Yelets State University

[1] *krasnikovalarisa@yandex.ru,* [2] *elenaigonina7@mail.ru,* [3] *chernousovi@mail.ru*

Информация о статье | About this article

Дата поступления рукописи (received): 21.07.2026; опубликовано online (published online): 26.08.2026.

Ключевые слова (keywords): проектно-исследовательская деятельность школьников; цифровая дидактика; методика обучения математике; design and research activities of schoolchildren; digital didactics; methods of teaching mathematics.