



Актуальные аспекты подготовки будущих учителей физики к формированию у школьников инженерной субъектности

Г. А. ИГНАТЬЕВА, С. Е. РЕВУНОВ, О. В. ТУЛУПОВА

АННОТАЦИЯ

Введение. Современный этап социально-экономического развития характеризуется возрастанием роли технологий и инженерных решений. Государственные стратегии и национальные проекты в сфере науки и технологий фиксируют потребность в кадрах, способных работать с комплексными, междисциплинарными задачами. При этом система образования демонстрирует ряд противоречий, связанных с подготовкой будущих инженеров. *Цель статьи* – дать характеристику альтернативного подхода к формированию инженерной субъектности у обучающихся в системе общего образования и системных условий подготовки будущих учителей физики для решения данной задачи.

Материалы и методы. Теоретико-методологической базой является сравнительный и дискурсивный анализ, философская рефлексия идей ведущих педагогов высшей школы, академического педагогического сообщества, российских и зарубежных специалистов в области образования.

Результаты исследования. Результатами проведенного исследования стали разработанные прикладные форматы реализации школьного курса физики для развития инженерных навыков: кружки технического творчества с созданием действующих моделей, олимпиады по решению инженерных задач с практическим этапом, хакатоны по разработке прототипов технических устройств, лабораторные практикумы с использованием современного оборудования. Предложены варианты траекторий инженерной подготовки школьников через профильные классы, сетевые программы с вузами и предприятиями, интеграции с технологическими кружками и технопарками. Описана компетентностная модель учителя физики с инженерным мышлением, включающая знание и понимание принципов современных инженерных технологий, умение ставить инженерные задачи и сопровождать процесс их решения школьниками, навыки организации проектной деятельности с применением цифрового оборудования, компьютерного моделирования и лабораторных комплексов.

Заключение. Проведенный анализ подтверждает наличие системного разрыва между массовой школой и инженерными требованиями. Формирование инженерной субъектности не может быть отложено до уровня высшего образования. Ранняя профессиональная проба выступает ключевым фактором устойчивой образовательной траектории. Технологические кружки компенсируют дефицит деятельностных форм в школе. Командные форматы обучения способствуют развитию универсальных компетенций. Подготовка будущих учителей, обладающих готовностью к решению задачи инженерной пропедевтики, необходимо начинать уже на этапе вхождения в педагогическую профессию.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА

инженерное образование, инженерная субъектность, учитель физики, новая дидактика, кружковое движение, национальные технологические инициативы

Для цитирования: Игнатьева Г. А., Ревунов С. Е., Тулупова О. В. Актуальные аспекты подготовки будущих учителей физики к формированию у школьников инженерной субъектности // Перспективы науки и образования. 2026. № 3. С. 64–76. <https://doi.org/10.32744/pse.2026.3.4>

Поступила: 17.12.2025 | Одобрена: 11.03.2026 | Опубликовано: 30.06.2026



Лицензия «С указанием авторства — С сохранением условий». Позволяет перерабатывать, исправлять и развивать произведения при условии указания авторства и лицензирования производных работ на аналогичных условиях.



Relevant Aspects of Preparing Future Physics Teachers to Develop Engineering Identity in School Students

G. A. IGNATYEVA, S. E. REVUNOV, O. V. TULUPOVA

ABSTRACT

Introduction. The current stage of socioeconomic development is characterized by the increasing role of technology and engineering solutions. State strategies and national projects in science and technology highlight the need for personnel capable of working with complex, interdisciplinary tasks. At the same time, the education system exhibits a number of contradictions related to the training of future engineers. The purpose of the article is to characterize an alternative approach to the formation of engineering subjectivity among students in the general education system and the systemic conditions for training future physics teachers to solve this problem. *The purpose of the article* is to identify the essential limitations of the traditional educational model based on the analysis of expert discussion materials, describe the conceptual foundations and practical tools of an alternative approach to the formation of engineering subjectivity among students in the general education system, and identify the system conditions for training future physics teachers to solve this problem.

Materials and Methods. The theoretical and methodological basis is a comparative and discourse analysis, as well as a philosophical reflection on the ideas of leading higher education educators, the academic teaching community, and Russian and international education specialists.

Research Results. The results of the research were the developed applied formats for the implementation of a school physics course for the development of engineering skills: technical creativity circles with the creation of working models, Olympiads for solving engineering problems with a practical stage, hackathons for the development of prototypes of technical devices, laboratory workshops using modern equipment. Variants of trajectories of engineering training of schoolchildren through specialized classes, network programs with universities and enterprises, integration with technological circles and technoparks are proposed. The competence model of a physics teacher with engineering thinking is described, including knowledge and understanding of the principles of modern engineering technologies, the ability to set engineering tasks and accompany the process of solving them by schoolchildren, skills in organizing project activities using digital equipment, computer modeling and laboratory complexes.

Conclusion. The analysis confirms the existence of a systemic gap between mainstream schooling and engineering requirements. The development of engineering subjectivity cannot be postponed until higher education. Early professional experience is a key factor in a sustainable educational trajectory. Technology clubs compensate for the lack of activity-based forms in schools. Team-based learning formats facilitate the development of universal competencies. The training of future teachers who are ready to solve the problem of engineering propaedeutics should begin already at the stage of entering the teaching profession.

KEYWORDS

engineering education, engineering subjectivity, physics teacher, new didactics, circle movement, national technological initiatives

For Citation: Ignatyeva, G. A., Revunov, S. E., & Tulupova, O. V. (2026). Relevant Aspects of Preparing Future Physics Teachers to Develop Engineering Identity in School Students. *Perspektivy nauki i obrazovaniya = Perspectives of Science and Education*, (3), 64–76. <https://doi.org/10.32744/pse.2026.3.4>

Received: 17 December 2025 | Approved: 11 March 2026 | Published: 30 June 2026



This is an open access article distributed under a Creative Commons Attribution-ShareAlike International License (CC-BY-SA 4.0) that allows others to share the work with an acknowledgement of the work's authorship and initial publication in this journal

ВВЕДЕНИЕ

Международные инициативы в области развития образования в настоящее время ориентированы на приоритетное формирование STEM/STEAM компетенций, обеспечивающих подготовку нового поколения профессионалов, способных управлять технологическими изменениями, среди них:

- программы Международного общества по технологиям в образовании (ISTE), которые формируют стандарты инновационного обучения в технологически насыщенной среде для учащихся, педагогов и руководителей;
- специализированные программы технологического лидерства и предпринимательства в университетах (например, программы Technology leadership and entrepreneurship, курсы MIT Technology Leadership Program), развивающие навыки управления высокотехнологичными проектами, стартапами и инновациями);
- проект UNESCO «Revitalizing STEM education to equip next generations with STEM competency» в партнёрстве с технологическими компаниями, направленный на интеграцию инженерного и STEM-образования с повесткой устойчивого развития (SDG 4 и SDG 9);
- проект OECD «Future of Education and Skills 2030/2040», декларирующий, какие знания, умения и установки нужны учащимся для успешной жизни в высокотехнологичном, быстро меняющемся мире;
- международные сертификационные программы по технологическому лидерству (например, International School Technology Leadership Certification), нацеленные на подготовку руководителей образовательных организаций, способных стратегически внедрять технологии и управлять цифровой трансформацией обучения.

Эти и многие другие международные проекты объединяет связь образовательной сферы с реальными технологиями и индустриальными партнёрами для формирования ядра подготовки будущих технологических лидеров.

В России в последнее десятилетие сформировался четкий государственный заказ на технологическое развитие, выраженный в национальных проектах и стратегических инициативах в сферах беспилотного транспорта, космоса, энергетики, биотехнологий. Этот заказ, обусловленный как логикой глобальной конкуренции, так и необходимостью обеспечения технологического суверенитета, предъявляет качественно новые требования к человеческому капиталу. От современного инженера ожидается не просто выполнение стандартизированных операций в рамках заданного техпроцесса, а способность решать комплексные, междисциплинарные задачи на переднем крае науки и технологий [1; 2]. Однако образовательная система, призванная стать основным источником таких кадров, демонстрирует признаки системного кризиса в этой области. Парадокс заключается в значительном отсеве студентов технических специальностей уже на первых курсах вузов, что свидетельствует о глубоком разрыве между школьной подготовкой и требованиями высшей инженерной школы, а впоследствии – и технологической индустрии. Ключевой тезис, выдвинутый в ходе экспертной дискуссии специалистов высшей школы, гласит: «невозможно стать инженером с нуля в 18 лет». Формирование инженера – это длительный процесс выращивания особого типа личности, обладающей инженерной субъектностью. Второй парадокс состоит в том, что вырастить такую личность может только тот, кто сам в совершенстве владеет формируемыми качествами, то есть особым образом подготовленный педагог. Здесь мы сталкиваемся со схожей проблемой: низкая мотивация к поступлению выпускников школ на педагогические направления в целом и физико-математическое в частности, а также недостаточный уровень подготовки абитуриентов к освоению инженерно-технологических знаний.

Актуальность данного исследования определяется необходимостью анализа противоречия между масштабным государственным запросом на инновационных инженеров и неспособностью массовой школы в ее текущем виде этот запрос удовлетворить. Цель статьи – на основе анализа материалов экспертной дискуссии выявить сущностные ограничения традиционной образовательной модели, описать концептуальные основания и практические инструменты альтернативного подхода [3] к формированию инженерной субъектности, а также обозначить системные условия подготовки будущих учителей физики к решению данной задачи в системе общего образования.

Современные технологические вызовы, формулируемые в рамках национальных проектов, носят принципиально иной характер по сравнению с задачами индустриальной эпохи. Они являются: 1) Комплексными и междисциплинарными. Пример создания автономного поискового комплекса для леса требует интеграции компетенций в области аппаратной части (дроны, энергетика), программного обеспечения (компьютерное зрение, нейросети), системной инженерии и даже антропологии (поиск оптимальных способов привлечения внимания потерявшегося человека) [4]. 2) Нестандартными и не имеющими готовых решений. Задачи вроде разработки компактных камер для микроспутников или создания энергосистем для изолированных поселений в условиях финансовых ограничений не решаются по шаблону. Они требуют выхода за рамки типовых решений, «реверс-инжиниринга» в широком смысле – как способа не копирования, а глубокого понимания и творческого переосмысления [5]. 3) Командными. Решение подобных проблем невозможно в одиночку. Необходима слаженная работа команды специалистов разного профиля, что подразумевает развитые навыки коммуникации, распределения ролей и коллективной ответственности за результат [6].

Таким образом, от будущего инженера требуются не только глубокие предметные знания, но и целый набор надпредметных (soft) компетенций: системное мышление, способность к самообучению, работа в команде, проектный менеджмент, готовность к неопределенности [7]. Все эти качества начинают закладываться еще в школьном обучении при условии применения соответствующих образовательных моделей, например образовательных кластеров, которые наиболее востребованы в ситуации падения качества образовательных услуг на фоне сокращения доли населения с высшим и средне специальным образованием, особенно сельского, диспропорций в структуре спроса на услуги образования [8]. Современные школьники и студенты буквально становятся со-авторами собственной образовательной среды, что сильно стимулирует познание и мотивацию обучения [9].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Теоретико-методологической базой является сравнительный и дискурсивный анализ, философская рефлексия идей ведущих педагогов высшей школы, академического педагогического сообщества, российских и зарубежных специалистов в области образования.

С помощью сравнительного анализа осуществлялось сопоставление традиционной модели школьного естественнонаучного и технологического образования и инновационной образовательной модели, ориентированной на развитие инженерной субъектности. Сравнительный анализ интегрирует в себе комплекс Базовых методов: сопоставление анализируемых объектов по заранее выделенным критериям, фиксация сходств и различий, ранжирование вариантов; упорядочивание объектов по одному ключевому показателю; комплексная оценка каждого из сравниваемых объектов; последовательное сравнение объектов по парам, оценивая, какой из них предпочтительнее по заданным критериям. В качестве критериев сравнительного анализа образовательных моделей применены: цели и результаты обучения, роли обучающихся и обучающихся, организация содержания и форматы образовательного процесса, методы, формы и средства обучения, оценивание и формы обратной связи; организация образовательного пространства. Метод дискурсивного анализа дополняет сравнительный анализ, тем, что в дискурсе конструируется образ новой социальной реальности. Философская рефлексия ведущих педагогических идей позволяет выявить какие философские предпосылки стоят за теми или иными моделями образования, и сформировать обобщенное, ценностно нагруженное понимание направления развития образования, критически отобрать идеи, пригодные для дальнейшего теоретического обоснования и проектирования образовательных технологий.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Проведенный анализ системных ограничений традиционной массовой школы указывает на то, что в ее доминирующей форме данная институция плохо приспособлена для формирования требуемых качеств. Ее ключевые характеристики вступают в противоречие с запросом на инженерную субъектность. Здесь можно выделить доминирование предметоцентричной и репродуктивной модели. Образовательный процесс организован вокруг изолированных учебных дисциплин,

знания в которых преподносятся как готовые, закрытые системы. Основная деятельность ученика сводится к запоминанию и воспроизведению информации, решению типовых задач [10]. Это противоречит природе инженерной деятельности как синтезу знаний для решения уникальной проблемы. Школа работает в логике текста: тексты запоминания и восстановления текста, в лучшем случае – решение типовых задач.

Наблюдается приоритет контроля над развитием. Система оценивания, завязанная на ЕГЭ и внутренние рубежные контроля [11], фокусирует внимание учителя и ученика на достижении формальных показателей, а не на глубине понимания и способности к творчеству. Эта система, по меткому замечанию, учит «не правилам, а обходу правил», порождая поколение, ориентированное на поиск кратчайшего пути к формальному результату, а не на созидание. Эксперты высшей школы видят отсутствие пространства для реальной, осмысленной деятельности. Подростки в современной городской среде фактически исключены из пространства продуктивного труда [12]. Школа, выполняя в том числе охранительную функцию, ограждает ребенка от любой деятельности, связанной с риском, материальной ответственностью или непредсказуемым результатом. В результате не формируется опыт преодоления реальных трудностей, доведения дела до конца, получения «обратной связи» от мира, а не от учителя [13].

Вместе с тем наблюдается дефицит сложных интеллектуальных вызовов. Учебный процесс часто насыщен трудоемкой, но рутинной работой, при этом в нем катастрофически не хватает по-настоящему сложных задач, требующих нестандартного мышления, проб и ошибок. Во многом это объясняется диспропорцией между тремя компонентами педагогического знания: знание предмета, знание о преподавании и изучении конкретного предмета и общая педагогическая осведомленность (не связанная с содержанием предмета) [14]. «Дети совершенно не сталкиваются ни с чем для себя сложным. Очень много трудоемкого для них, но очень мало сложного», – констатируют представители индустрии [15]. В данном случае затруднительно говорить о педагогической эффективности как соотношения между намеченными целями (прогнозируемым результатом) и реально достигнутыми изменениями в знаниях, умениях, мотивации и личностном развитии учащихся, при оптимальных затратах труда и средств [16]. Итогом становится системный разрыв: на входе в вуз или на предприятие приходит молодой человек, который может иметь хорошие предметные знания (хотя и этот тезис оспаривается), но не обладает субъектной позицией – внутренней готовностью и умением самостоятельно ставить и решать комплексные технологические задачи [17].

Ключом к кардинальному изменению данной ситуации является преобразование педагогического образования. Мы предлагаем многотрековую модель педагогической подготовки будущих учителей физики на основе персонализированного подхода, в рамках партнерских связей между педагогическим университетом, образовательными организациями региона и индустриальными партнерами. Такой подход опирается на индивидуальные особенности обучающихся и способствует развитию не только предметных знаний, но также интереса к науке, технологиям и работе с детьми, коммуникативных умений, креативности, организованности, стремления к саморазвитию. Многотрековая модель позволяет студентам выбирать и менять треки в зависимости от своих интересов и карьерных устремлений. Одним из таких треков является трек «Учитель с инженерным мышлением», в рамках которого целенаправленно формируются у будущих учителей физики ключевые качества инженерной субъектности.

В ответ на обозначенный разрыв участники педагогической дискуссии предлагают не просто набор новых методик, а целостную концепцию формирования инженерной субъектности на этапе получения общего образования. Субъектность в данном контексте понимается как способность человека быть автором своей деятельности, самостоятельно ставить цели, искать ресурсы и нести ответственность за результат в рамках определенной социокультурной практики (в данном случае – инженерной) [18]. Здесь можно выделить три вектора формирования субъектности. Ключевым условием возникновения такой субъектности является удержание трех взаимосвязанных векторов в образовательной работе с обучающимся:

1. «Вектор Вызова». Деятельность должна быть сопряжена с решением реальных, а не учебных задач, находящихся на переднем крае технологий или значимых для общества. «Если ты решаешь задачу на переднем крае, то ты в мире, ты присутствуешь здесь и сейчас». Решение давно решенных задач формирует позицию «вторичного» исполнителя.

2. «Вектор Таланта». Необходимо создавать условия для обнаружения и реализации индивидуальных способностей обучающегося, поиска им своего уникального места в системе деятельности. Это ответ на вопрос «Кто я, какой дар я реализую?».

3. «Вектор Родины» (или смысловой принадлежности). Важно помочь молодому человеку связать реализацию своего таланта в ответ на серьезный вызов с широким социальным и культурным контекстом, в частности, с целями развития своей страны. Этот вектор отвечает на экзистенциальный вопрос выбора: остаться и созидать здесь или искать применение своим силам в другой юрисдикции.

Утрата любого из этих векторов (например, талантливый специалист, решающий рутинные задачи, или человек, ощущающий вызов, но не видящий возможности для его реализации на родине) ведет к «схлопыванию» мотивации и, в конечном счете, к потере кадров [19].

Психолого-педагогическим механизмом выращивания субъектности является последовательное прохождение этапов деятельности разного уровня сложности и ответственности – «лестница субъектности». В основе лежит культурно-историческая теория, адаптированная к современным условиям [20]. Игровая субъектность – это начальный этап, где правила и цели заданы извне, но есть пространство для экспериментов. Учебная субъектность – это этап освоения культурных норм и способов действия, где образец задан учителем [21]. Проектно-организационная субъектность – способность самостоятельно инициировать, планировать и осуществлять деятельность по решению проблемы, организовывая для этого ресурсы и других людей [22]. Культурно-историческая субъектность: высшая ступень, связанная с осознанием себя наследником и продолжателем определенной научной или инженерной школы, способным не только применять, но и развивать традицию, «сказать свое слово».

Критически важным условием восхождения по этой лестнице является погружение в детско-взрослую общность. Как подчеркивается в дискуссии со ссылкой на работы В.И. Слободчикова, именно в такой общности, где взрослый является носителем ценностей, вызовов и профессиональных образцов, подросток может «заразиться» смыслами и освоить сложные формы деятельности [23]. Без включенности в подобные сообщества (кружки, проектные школы, лаборатории) «детям просто неоткуда это взять» [24]. Исследователи подчеркивают важность для успешного развития инженерной субъектности школьников создания среды, способствующей уверенности в себе при обучении и внутренней мотивации [24].

Концептуальные основания находят свое воплощение в комплексе педагогических практик, совокупность которых в дискуссии была условно названа «новой дидактикой». Ее суть – в отказе от предметоцентризма в пользу синтеза трех компонентов в каждом образовательном модуле. Подробности приведены в таблице 1.

Таблица 1 Структура компонентов образовательного процесса

Компонент	Практико-технологический компонент	Знаниевый компонент	Метапредметный компонент
Содержание	Ориентирован на непосредственную деятельность обучающихся: реализацию проектов, работу с оборудованием, инструментами и программным обеспечением	Освоение фундаментальных научных знаний (математика, физика, информатика и др.), рассматриваемых через призму их практического применения	Формирование универсальных способов мышления и деятельности: исследовательских, проектных, управленческих и рефлексивных
Пояснение	Данный компонент обеспечивает перенос теоретических знаний в реальную практику, формирует профессиональные навыки и опыт решения прикладных задач	Фундаментальные дисциплины изучаются не изолированно, а в контексте задач, которые необходимо решить в проектной или профессиональной деятельности	Направлен на развитие навыков, выходящих за рамки конкретного предмета и применимых в различных профессиональных и жизненных ситуациях

Примеры	• Выполнение учебных и реальных проектов • Работа с лабораторным оборудованием • Использование профессионального ПО (CAD, Python, MATLAB, Unity, Git и др.) • Прототипирование и тестирование решений	• Применение математических моделей при анализе данных • Использование физических законов при разработке технических устройств • Алгоритмы и структуры данных в прикладном программировании	• Исследовательская деятельность и постановка гипотез • Моделирование процессов и систем • Проектирование и планирование деятельности • Управление командой и ресурсами
Актуальность	Особенно актуален в условиях цифровизации и запроса работодателей на готовность выпускников к практической деятельности, снижает разрыв между образованием и рынком труда	Актуален в связи с необходимостью глубокого понимания процессов, лежащих в основе технологий, что позволяет адаптироваться к быстрому обновлению инструментов и решений	Крайне актуален в условиях неопределённости и междисциплинарности, формирует гибкость мышления, самостоятельность и способность к обучению на протяжении всей жизни

Конкретными инструментами этой дидактики являются как правило технологические кружки, олимпиады и соревнования. Это исторически первая и наиболее отработанная форма. Современные аналоги советским планерным кружкам или клубам юных техников – это робототехнические соревнования, хакатоны, Национальная технологическая олимпиада (НТО). Их ценность в создании соревновательно-игровой среды, где задача четко сформулирована, но путь ее решения открыт, результат наглядный и быстро достигаемый (робот прошел трассу, программа распознала объект), работа ведется в команде, что развивает коммуникацию и распределение ролей [26]. Есть момент «встречи с Другим» – возможность сравнить свои решения с решениями других команд. НТО, в частности, задумывалась как инструмент, «позволяющий спасти детей от ЕГЭ», дающий мотивированным школьникам альтернативный, содержательный путь к поступлению в ВУЗ через реализацию серьезных проектов (например, в области генного редактирования или умной энергетики).

Проектные школы и инженерные классы представляют собой следующий уровень сложности – создание специальных образовательных «островков» внутри или рядом с системой общего образования [27]. Данные образовательные структуры функционируют на основе технологии саморегулируемого обучения, которая позволяет наиболее эффективно формировать основу саморегулируемого поведения – способность адаптироваться к изменениям в окружающей среде и достигать поставленных целей [28]. Их характеристики перечислим далее. Интеграция общего и дополнительного образования: сетка уроков частично или полностью перестраивается под логику проектной деятельности. Партнерство с вузами и компаниями: наставниками выступают не только школьные учителя, но и университетские преподаватели, инженеры-практики, что обеспечивает связь с реальным сектором. Работа с полным циклом проекта: в отличие от соревнований, здесь акцент делается не только на создание прототипа, но и на понимание потребности, проектирование, расчеты, экономическое обоснование, презентацию результата – вплоть до попыток внедрения [29]. Событийность: важную роль здесь играют интенсивные образовательные выезды («проектные школы»), которые становятся точками бифуркации, кардинально меняющими мотивацию и самоощущение участников.

Для преодоления первоначального барьера и перевода сложных технологических тем (космос, Арктика, киберфизические системы) на язык поколения Z используются геймификация и современные медиа для вовлечения: образовательные видеоигры и симуляторы (например, симулятор беспилотника), тематические комиксы, журналы (например, «Юный киберфизик»), инфографика, специальные медиапроекты, упаковывающие большие национальные вызовы в понятные для школьника и учителя форматы. Эти инструменты позволяют сделать первый шаг от пассивного потребления информации к игровому, а затем и к проектно-исследовательскому взаимодействию с содержанием [30].

Успешность реализации описанной модели в системе общего образования непосредственно зависит от того, как «проживет» ее сам учитель на этапе своего ученичества в процессе профессиональной подготовки [31]. Поэтому описанная структура образовательного процесса была «зашита» нами в модульную персонализированную программу «Введение в педагоги-

ческую профессию будущего учителя физики». Данная программа в виде модуля «Введение в педагогическую профессию» прошла экспериментальную апробацию, в которой приняли участие 95 студентов, обучающихся по направлению 44.03.05 «Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки)», профиля «Математика и физика». Сравнительный анализ результатов опроса студентов, принявших участие в апробации, до и после прохождения обучения по модулю показал у 82% участников апробации наличие положительного восприятия учительской профессии с точки зрения своей личной карьерной траектории, и у 94% – полное понимание ключевых смысловых ориентиров физического образования в контексте стратегии национального технологического лидерства.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Самый острый вопрос: как масштабировать успешные, но точечные практики на всю систему? Критики справедливо указывают, что кружки, олимпиады и проектные школы часто работают как «вырезанные зоны» для уже мотивированных детей и педагогов-энтузиастов, обладающих доступом к ресурсам (финансовым, кадровым, информационным). Существует риск создания новой образовательной элиты при сохранении инерционной массы. Ответом на этот вызов не может быть лобовая «замена» старой системы. Необходима стратегия «островков устойчивого развития» – целенаправленное создание и поддержка точек роста (тех же инженерных классов) с последующей диффузией их практик в окружающую образовательную среду [32].

Реализация «новой дидактики» предъявляет завышенные требования к учителю. Ему необходимо быть не транслятором знаний, а наставником, модератором, архитектором образовательной среды. Он должен уметь работать с проектными командами, интегрировать знания из разных предметов, сотрудничать с внешними экспертами. При этом текущая нагрузка педагога, завязанная на бумажную отчетность и «натаскивание» на ЕГЭ, не оставляет на это ни времени, ни сил. Таким образом, ключевым становится не только переобучение, но и создание институциональных условий (нормативных, финансовых, моральных) для того, чтобы учитель мог сосредоточиться на этой сложной работе.

Представители высшей школы указывают на опасность противопоставления практических навыков фундаментальным знаниям. В настоящее время качество физического образования в школе очень низкое. Акцент на проектах и кружках не должен приводить к размыванию базовой подготовки по физике и математике, без которой дальнейшее инженерное образование невозможно. Идеальная модель – это не «или/или», а синергия: проектная деятельность создает запрос на глубокие предметные знания, а фундаментальная подготовка дает инструменты для решения сложных практических задач [33]. «Новая дидактика» должна обеспечивать эту взаимосвязь.

Само понятие «новая дидактика» часто вызывает терминологическое сопротивление. Критики отмечают, что многие ее элементы (связь теории с практикой, проектный метод, развитие мышления) имеют глубокие корни в трудах Л.С. Выготского, В.В. Давыдова, в опыте советских физмат школ. Поэтому вызов заключается не в изобретении абсолютно нового, а в адаптации, систематизации и институционализации этих проверенных временем подходов в совершенно новых технологических, социальных и экономических условиях XXI века [34].

Формирование инженерного кадрового резерва для обеспечения технологического суверенитета – это стратегическая задача, выходящая за рамки ведомственных интересов Министерства просвещения или отдельных вузов. Ее решение требует скоординированных действий на разных уровнях системы.

1. На уровне образовательной политики и управления: Легитимация разнообразия. Необходимо закрепить на нормативном уровне возможность создания в общеобразовательных организациях вариативных образовательных моделей (инженерных, проектных, исследовательских классов) с иными принципами формирования содержания, расписания и системы оценивания. Пересмотр системы оценки эффективности школ и учителей. Снижение давления показателей, связанных исключительно с результатами ЕГЭ, и введение метрик, учитывающих развитие проектной деятельности, участие в олимпиадах высокого уровня, сотрудничество с вузами и предприятиями. Стимулирование сетевого взаимодействия. Создание механизмов финансовой и организационной поддержки партнерств «школа – вуз – предприятие – учреждение дополнительного образования».

2. На уровне содержания и методик: Инициирование программы глубокого обновления содержания естественно-научного и технологического образования в школе с акцентом на междисциплинарность, цифровые методы (моделирование, анализ данных), связь с глобальными и национальными технологическими вызовами. Разработка и тиражирование учебно-методических комплексов «новой дидактики», обеспечивающих синтез теории, практики и развития метапредметных навыков. Ключевая аудитория – не только ученики, но и учителя, которым нужны «инструменты в руки». Поддержка и масштабирование успешных практик (НТО, «Кванториумы», проектные школы) с акцентом на обеспечение их доступности для регионов и сельских школ.
3. На уровне подготовки и поддержки педагогов: Кардинальная перестройка программ педагогического образования и повышения квалификации в сторону подготовки учителей-наставников проектной и исследовательской деятельности. Создание системы карьерных и финансовых лифтов для учителей, успешно работающих в инженерных и проектных классах. Развитие программ привлечения в школу специалистов-практиков из индустрии и науки (инженеров, ученых, IT-разработчиков) на условиях частичной занятости или менторства.
4. На уровне инфраструктуры: Обеспечение школ, реализующих инженерные программы, современным оборудованием (цифровые лаборатории, 3D-принтеры, станки с ЧПУ, наборы для робототехники) и доступом к облачным вычислительным ресурсам. Развитие цифровых платформ, поддерживающих проектно-исследовательскую деятельность, командную работу и построение индивидуальных образовательных траекторий.

Только такой комплексный, системный подход, признающий необходимость не эволюционной, а структурно-содержательной трансформации части образовательной системы, позволит преодолеть разрыв между школой и жизнью, между учеником и будущим инженером. Цель – создать в России не просто сеть кружков для увлеченных, а массовую практику выращивания субъектов технологического развития, способных обеспечить стране реальный суверенитет в эпоху интеллектуальной конкуренции.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ подтверждает наличие системного разрыва между массовой школой и инженерными требованиями экономики. Формирование инженерной субъектности не может быть отложено до уровня высшего образования. Ранняя профессиональная проба выступает ключевым фактором устойчивой образовательной траектории. Проектная и исследовательская деятельность обладают высоким развивающим потенциалом. Технологические кружки компенсируют дефицит деятельностных форм в школе. Командные форматы обучения способствуют развитию универсальных компетенций. Инженерное мышление формируется исключительно в реальной деятельности. Цифровые и игровые форматы расширяют возможности вовлечения обучающихся. Особую значимость приобретает подготовка педагогических кадров. Учитель и наставник становятся ключевыми фигурами образовательных изменений, их подготовка требует изменений, направленных на формирование инженерной субъектности. Новая дидактика предполагает интеграцию знаний, технологий и мышления. Метапредметный подход усиливает осмысленность обучения. Образовательная среда должна поддерживать инициативу обучающихся. Формирование субъектной позиции требует событийного характера обучения. Локальные практики нуждаются в системной поддержке. Институционализация успешных моделей является актуальной задачей. Связь школы, дополнительного и высшего образования должна усиливаться. Инженерное образование становится фактором национальной безопасности. Результаты исследования могут быть использованы в образовательной политике. Актуальность работы определяется задачами технологического суверенитета.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Публикация подготовлена в рамках государственного задания Министерства просвещения Российской Федерации № 073-00056-25-00 на выполнение в 2025 г. научно-исследовательской работы по теме «Введение в педагогическую профессию учителя физики».

ЛИТЕРАТУРА

1. Школьное образование в контексте национальных целей и приоритетных проектов: аналитический доклад / Т. А. Мерцалова, С. Г. Косарецкий, К. М. Анчиков и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: НИУ ВШЭ, 2022. 96 с.
2. Кластеризация в современном образовании: методология и практика / Н. М. Большаков, В. В. Жиделева, Л. А. Гурьева, Е. А. Рауш; науч. рук. д-р экон. наук, проф., акад. РАЕН Н. М. Большаков. СПб: СПбГЛТУ, 2016. 200 с.
3. Khimmataliev D. O., Elmurzayeva N. Kh., Sharakhmatova A. K., Sotbarov A. A., Khalmatova D. A., Jamoldinova S. N. Development Of The Pedagogical (Educational) Cluster In The Regional Educational Space // Journal of Pharmaceutical Negative Results. 2022. Vol. 13. Special Issue 7. P. 5629-5633.
4. Осипов А. Л. Терещенко С. Н. Технологии компьютерного зрения для обнаружения людей в лесостепной местности // Международный научно-исследовательский журнал. 2025. №8 (158). DOI: 10.60797/IJ.2025.158.97.
5. Баранова И. В., Батова М. М., Майоров С. В. Информационные инструменты реверсинжиниринга в стратегии деятельности инновационно-ориентированных структур // Теоретическая экономика. 2020. №3 (63). С. 28 – 35.
6. Быкасова Л. В., Подберезный В. В., Петрушенко С. А., Современная образовательная парадигма в формировании регионального образовательного кластера // Вестник Череповецкого государственного университета. 2017. № 2 (77). С.130-135. DOI: 10.23859/1994-0637-2017-2-77-19.
7. Jeffres L. W., Bracken C. C., Jian G., & Casey M. F. The impact of third places on community quality of life. Applied Research in Quality of Life. 2009. No. 4. P. 333-345. DOI: 10.1007/s11482-009-9084-8
8. Ковалева Т.Ю. Сравнительный анализ трактовок и моделей формирования образовательных кластеров // Вестник УрФУ. Серия экономика и управление. 2014. № 4. С. 155-163.
9. Игнатьева Е.Ю., Горычева С.Н., Звяглова М.В. Образовательная урбанистика в контексте дидактики // Перспективы науки и образования. 2022. № 4 (58). С. 42-57. DOI: 10.32744/pse.2022.4.3.
10. Salajan, F. & Schönwetter, D. & Cleghorn, B. (2010). Student and faculty inter-generational digital divide: Fact or fiction? Computers & Education. Vol. 55. P. 1393-1403. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.017>
11. Rasi-Heikkinen P., Olsson T. and Viscovi D. (2024). Editorial: Insights in older people's digital literacies. Frontiers Education. 9:1426955. <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1426955>.
12. Рубцова О. В., Посакалова Т. А., Ширяева Е. И. Особенности поведения в виртуальной среде подростков с разным уровнем сформированности «образа Я» // Психологическая наука и образование. 2021. Том 26. № 4. С. 20-33. DOI: <https://doi.org/10.17759/pse.2021260402>.
13. Zhao M., Wang R., Zhao Z., Li L., Luo H. and Wu L. (2024). The relationship between boredom proneness, the behavioral inhibition system, and anxiety in college students: variable-centered and person-centered analytic approaches. Frontiers Psychology. 15:1414736. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1414736>.
14. Malva L., Leijen Ä., Baucal A. Towards measuring teachers' general pedagogical knowledge – A mixed method investigation of a pilot test // Studies in Educational Evaluation. 2020. Vol. 64. P. 100815. DOI: 10.1016/j.stueduc.2019.100815.
15. Lauer mann F., König J., Teachers' professional competence and wellbeing: Understanding the links between general pedagogical knowledge, self-efficacy and burnout // Learning and Instruction. 2016. Vol. 45. P. 9-19. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2016.06.006.
16. Богатырева Ю.И., Ситникова Л.Д. Методические особенности организации и проведения демонстрационного экзамена у будущих учителей информатики в вузе // Вестник Шадринского государственного педагогического университета. 2023. №1 (57). С. 110-119. DOI: 10.52772/25420291_2023_1_110.
17. Ахтамьянова И. И. Когнитивная готовность к обучению в вузе как условие формирования субъектной позиции студента // Педагогический журнал Башкортостана. 2010. №1. С 56 – 74.
18. Исаев Е. И., Слободчиков В. И. Психология образования человека: становление субъектности в образовательных процессах : учебное пособие, Православный Свято-Тихоновский гуманитарный ун-т. Москва : Изд-во ПСТГУ, 2013. 431 с.
19. Кербер Л.С., Тихонов А.И. Применение показателя ROI при оценке эффективности корпоративных HR-программ // Московский экономический журнал. 2022. № 12. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_12_702.
20. Gough B, Madill A. Subjectivity in psychological science: from problem to prospect. Psychol Methods. 2012 Sep;17(3):374-84. doi: 10.1037/a0029313.
21. Гарашкина Н.В., Дружинина А.А. Когнитивная вовлечённость как основа проектирования учебного процесса в подготовке студентов педагогических направлений // Высшее образование в России. 2023. Т. 32. № 1. С. 93–109. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-1-93-109.
22. Федотова В.С. Формирование у учителя ценностных ориентаций на саморазвитие и самоорганизацию в условиях цифровизации образования // Вестник Томского государственного педагогического университета. 2023. №2 (226). С. 111-119. DOI: 10.23951/1609-624X-2023-2-111-119
23. Андриенко О.А. К проблеме профессиональной самооценки современного педагога // Азимут научных

- исследований: педагогика и психология. 2020. № 9-3(32). С. 309-311. DOI: 10.26140/anip-2020-0903-0071.
24. Deng L., Zhou Y., Broadbent J. Distraction, multitasking and self-regulation inside university classroom // *Education and Information Technologies*. 2024. <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12786-w>.
 25. Shao Y., Liu Q., Dong Y., Liu J. Perceived formative assessment practices in homework and creativity competence: The mediating effects of self-confidence in learning and intrinsic motivation // *Studies in Educational Evaluation*. 2024. Vol. 83. P. 101376. DOI:10.1080/00098650903267784.
 26. Papanthymou A., Darra M. The contribution of learner self-assessment for improvement of learning and teaching process: A review // *Journal of Education and Learning*. 2019. Vol. 8. № 1. P. 48-64. DOI: 10.5539/jel.v8n1p48.
 27. Михайлова О.Р., Гавриленко П.А., Струкова А.С., Поливанова К.Н. Разработка и оценка качества опросника учебно-организационной самостоятельности школьников на выборке родителей в России // *Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены*. 2024. № 1. С. 229-256. DOI: 10.14515/monitoring.2024.1.2441.
 28. Zimmerman B.J. Attaining Self-Regulation: A Social Cognitive Perspective // M. Boekaerst, P. R. Pintrich, M. Zeidner (eds) *Handbook of Self-Regulation*. San Diego, CA: Academic Press. 2000. P. 13-39.
 29. Чернова И.Н. Артефакты как индикаторы инновационного развития общеобразовательной школы // *Научный диалог*. 2012. №1. С. 293-298.
 30. Роботова А.С. Почему нужно изучать педагогическую повседневность? // *Высшее образование в России*. 2016. №4 (200). С. 99-109.
 31. Воропаев М.В. Проблема предметной определенности повседневности как педагогического феномена // *Сибирский педагогический журнал*. 2015. № 4. С. 178-185.
 32. Поляков С.Д., Белозерова Л.А., Вершинина В.В. Школьная повседневность старшеклассников в университетском лицее и гимназии: опыт сравнительного исследования // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Акмеология образования. Психология развития*. 2023. Т. 12. № 1 (45). С. 4-16. DOI: <https://doi.org/10.18500/2304-9790-2023-12-1-4-16>.
 33. Поляков С.Д. Теоретическая модель // Школьная повседневность (Опыт междисциплинарного исследования). Сборник научных работ. Ульяновск: УлГПУ. 2010. С. 23-27.
 34. Григорян Э. Г. Школьная повседневность как объект социопсихологического анализа // *Современные технологии и автоматизация в технике, управлении и образовании: Сборник трудов II Международной научно-практической конференции (18 декабря 2019 года, Балаково, БИТИ НИЯУ МИФИ)*. М.: НИЯУ МИФИ; Балаково: БИТИ НИЯУ МИФИ, 2020. Том 2. 469 с. С. 295-301.

REFERENCES

1. School Education in the Context of National Goals and Priority Projects: Analytical Report / T. A. Mertsalova, S. G. Kosaretsky, K. M. Anchikov et al.; National Research University "Higher School of Economics". Moscow, NRU HSE, 2022. 96 p.
2. Clustering in Modern Education: Methodology and Practice / N.M. Bolshakov, V. V. Zhideleva, L. A. Guryeva, E. A. Raush; scientific supervisor Dr. Sci. (Economics), Prof., Academician of the Russian Academy of Natural Sciences N.M. Bolshakov. Saint Petersburg, SPbGLTU Publ., 2016. 200 p.
3. Khimmataliev D. O., Elmurzayeva N. Kh., Sharakhmatova A. K., Sotbarov A. A., Khalmatova D. A., Jamoldinova S. N. Development of the Pedagogical (Educational) Cluster in the Regional Educational Space. *Journal of Pharmaceutical Negative Results*, 2022, vol. 13, special issue 7, pp. 5629-5633.
4. Osipov A. L. Tereshchenko S. N. Computer vision technologies for detecting people in the forest-steppe area. *International Scientific Research Journal*, 2025, no. 8 (158), DOI: 10.60797/IRJ.2025.158.97
5. Baranova I. V., Batova M. M., Mayorov S. V. Information tools of reverse engineering in the strategy of innovation-oriented structures. *Theoretical economics*, 2020, no. 3 (63), pp. 28-35.
6. Bykasova L. V., Podberezny V. V., Petrushenko S. A. Modern Educational Paradigm in the Formation of a Regional Educational Cluster. *Bulletin of Cherepovets State University*, 2017, no. 2 (77), pp. 130-135. DOI: 10.23859/1994-0637-2017-2-77-19
7. Jeffres L. W., Bracken C. C., Jian G., & Casey M. F. The Impact of Third Places on Community Quality of Life. *Applied Research in Quality of Life*, 2009, no. 4, pp. 333-345, DOI: 10.1007/s11482-009-9084-8
8. Kovaleva T. Yu. Comparative Analysis of Interpretations and Models of Educational Cluster Formation. *Bulletin of Ural Federal University. Series Economics and Management*, 2014, no. 4, pp. 155-163.
9. Ignatieva E. Yu., Gorycheva S. N., Zvyaglova M. V. Educational Urban Studies in the Context of Didactics. *Perspectives of Science and Education*, 2022, no. 4 (58), pp. 42-57, DOI: 10.32744/pse.2022.4.3
10. Salajan F., Schönwetter D., Cleghorn B. Student and Faculty Inter-generational Digital Divide: Fact or Fiction? *Computers & Education*, 2010, vol. 55, pp. 1393-1403. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.017> (accessed 22 December 2025).
11. Rasi-Heikkinen P., Olsson T., Viscovi D. Editorial: Insights in Older People's Digital Literacies. *Frontiers in Education*, 2024, vol. 9. Available at: <https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1426955> (accessed 22 December 2025).

12. Rubtsova O. V., Poskakalova T. A., Shiryayeva E. I. Behavioral Characteristics in Virtual Environments of Adolescents with Different Levels of Self-Image Formation. *Psychological Science and Education*, 2021, vol. 26, no. 4, pp. 20–33 Available at: <https://doi.org/10.17759/pse.2021260402> (accessed 22 December 2025).
13. Zhao M., Wang R., Zhao Z., Li L., Luo H., Wu L. The Relationship Between Boredom Proneness, the Behavioral Inhibition System, and Anxiety in College Students: Variable-Centered and Person-Centered Analytic Approaches. *Frontiers in Psychology*, 2024, vol. 15: 1414736. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1414736> (accessed 22 December 2025).
14. Malva L., Leijen Å., Baucal A. Towards Measuring Teachers' General Pedagogical Knowledge – A Mixed Method Investigation of a Pilot Test. *Studies in Educational Evaluation*, 2020, vol. 64, art. 100815. DOI: 10.1016/j.stueduc.2019.100815.
15. Lauermaann F., König J. Teachers' Professional Competence and Wellbeing: Understanding the Links Between General Pedagogical Knowledge, Self-Efficacy and Burnout. *Learning and Instruction*, 2016, vol. 45, pp. 9–19. DOI: 10.1016/j.learninstruc.2016.06.006
16. Bogatyreva Yu.I., Sitnikova L.D. Methodological Features of Organizing and Conducting a Demonstration Exam for Future Computer Science Teachers at University. *Bulletin of Shadrinsk State Pedagogical University*, 2023, no. 1 (57), pp. 110–119. DOI: 10.52772/25420291_2023_1_110
17. Akhtamyanova I. I. Cognitive readiness to study at a university as a condition for the formation of a student's subjective position. *Pedagogical Journal of Bashkortostan*, 2010, no. 1, pp. 56–74.
18. Isaev E. I., Slobodchikov V. I. Psychology of human education: the formation of subjectivity in educational processes: a textbook, St. Tikhon's Orthodox University of the Humanities. Moscow, Publishing House of St. Petersburg State University, 2013, 431 p.
19. Kerber L. S., Tikhonov A. I. Application of the ROI Indicator in Evaluating the Effectiveness of Corporate HR Programs. *Moscow Economic Journal*, 2022, no. 12. DOI: 10.55186/2413046X_2022_7_12_702
20. Gough B., Madill A. Subjectivity in psychological science: from problem to prospect. *Psychol Methods*, 2012, vol. 17(3), pp. 374–384. DOI: 10.1037/a0029313
21. Garashkina N. V., Druzhinina A. A. Cognitive Engagement as a Basis for Designing the Educational Process in Training Pedagogical Students. *Higher Education in Russia*, 2023, vol. 32, no. 1, pp. 93–109. DOI: 10.31992/0869-3617-2023-32-1-93-109
22. Fedotova V. S. Formation of Teachers' Value Orientations Toward Self-Development and Self-Organization in the Context of Digitalization of Education. *Bulletin of Tomsk State Pedagogical University*, 2023, no. 2 (226), pp. 111–119. DOI: 10.23951/1609-624X-2023-2-111-119
23. Andrienko O. A. On the Problem of Professional Self-Esteem of the Modern Teacher. *Azimuth of Scientific Research: Pedagogy and Psychology*, 2020, no. 9–3 (32), pp. 309–311, DOI:10.26140/anip-2020-0903-0071.
24. Deng L, Zhou Y., Broadbent J. Distraction, Multitasking and Self-Regulation Inside the University Classroom. *Education and Information Technologies*, 2024. Available at: <https://doi.org/10.1007/s10639-024-12786-w> (accessed 22 December 2025).
25. Shao Y., Liu Q., Dong Y., Liu J. Perceived Formative Assessment Practices in Homework and Creativity Competence: The Mediating Effects of Self-Confidence in Learning and Intrinsic Motivation. *Studies in Educational Evaluation*, 2024. vol. 83, pp. 101376, DOI: 10.1080/00098650903267784
26. Papanthymou A., Darra M. The Contribution of Learner Self-Assessment to the Improvement of the Learning and Teaching Process: A Review. *Journal of Education and Learning*, 2019, vol. 8, no. 1, pp. 48–64, DOI: 10.5539/jel.v8n1p48
27. Mikhailova O. R., Gavrilenko P. A., Strukova A. S., Polivanova K. N. Development and Quality Assessment of a Questionnaire on Students' Learning and Organizational Autonomy Based on a Sample of Parents in Russia. *Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes*, 2024, no. 1, pp. 229–256, DOI:10.14515/monitoring.2024.1.2441
28. Zimmerman B. J. Attaining Self-Regulation: A Social Cognitive Perspective. In: Boekaerts M., Pintrich P. R., Zeidner M. (eds.) *Handbook of Self-Regulation*. San Diego, CA, Academic Press, 2000, pp. 13–39.
29. Chernova I. N. Artifacts as Indicators of Innovative Development of a General Education School. *Scientific Dialogue*, 2012, no. 1, pp. 293–298.
30. Robotova A. S. Why Is It Necessary to Study Pedagogical Everyday Life? *Higher Education in Russia*, 2016, no. 4 (200), pp. 99–109.
31. Voropaev M. V. The Problem of Subject Definition of Everyday Life as a Pedagogical Phenomenon. *Siberian Pedagogical Journal*, 2015, no. 4, pp. 178–185.
32. Polyakov S. D., Belozerovala L. A., Vershinina V. V. School Everyday Life of Senior Students in a University Lyceum and Gymnasium: A Comparative Study. *Izvestiya of Saratov University. New Series. Series: Educational Acmeology. Developmental Psychology*, 2023, vol. 12, no. 1 (45), pp. 4–16. Available at: <https://doi.org/10.18500/2304-9790-2023-12-1-4-16> (accessed 22 December 2025).
33. Polyakov S.D. Theoretical Model. School Everyday Life (Experience of Interdisciplinary Research). Collection of Scientific Papers. Ulyanovsk, Ulyanovsk State Pedagogical University Publ., 2010, pp. 23–27.
34. Grigoryan E.G. School Everyday Life as an Object of Socio-Psychological Analysis. *Modern Technologies and Automation in Engineering, Management and Education: Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference (December 18, 2019, Balakovo)*. Moscow, National Research Nuclear University MEPhI; Balakovo, Balakovo Institute of NRNU MEPhI, 2020, vol. 2, pp. 295–301.

Авторы**Игнатьева Галина Александровна**

(Россия, Нижний Новгород)

Доктор педагогических наук, профессор кафедры
андрагогики и управления развитием
Нижегородский государственный педагогический
университет имени Козьмы Минина (Мининский
университет)

E-mail: gaididakt@rambler.ru

ORCID ID: 0000-0003-4833-9196

Ревунов Сергей Евгеньевич

(Россия, Нижний Новгород)

Кандидат физико-математических наук, доцент кафедры
физики, математики и физико-математического
образования

Нижегородский государственный педагогический
университет имени Козьмы Минина (Мининский
университет)

E-mail: revunov@inbox.ru

ORCID ID: 0000-0003-2129-7109

Тулупова Оксана Владимировна

[Автор-корреспондент]

(Россия, Нижний Новгород)

Кандидат педагогических наук, доцент кафедры
андрагогики и управления развитием
Нижегородский государственный педагогический
университет имени Козьмы Минина (Мининский
университет)

E-mail: oksana-nnov@yandex.ru

ORCID ID: 0000-0003-4833-9196

Authors**Galina A. Ignatyeva**

(Russia, Nizhny Novgorod)

Dr. Sci. (Educ.),

Professor, Department of Andragogy and Development
Management

Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University
(Minin University)

Email: gaididakt@rambler.ru

ORCID ID: 0000-0003-4833-9196

Sergey E. Revunov

(Russia, Nizhny Novgorod)

Cand. Sci. (Phys. Math.),

Associate Professor, Department of Physics, Mathematics,
and Physics and Mathematics Education

Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University
(Minin University)

Email: revunov@inbox.ru

ORCID ID: 0000-0003-2129-7109

Oksana T. Vladimirovna

[Corresponding author]

(Russia, Nizhny Novgorod)

Cand. Sci. (Educ.),

Associate Professor, Department of Andragogy and
Development Management

Kozma Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University
(Minin University)

Email: oksana-nnov@yandex.ru

ORCID ID: 0000-0003-4833-9196

Вклад авторов

Игнатьева Г. А.: концептуализация, методология,
руководство исследованием, верификация данных

Ревунов С. Е.: проведение исследования,
администрирование данных, формальный анализ

Тулупова О. В.: администрирование проекта, создание
рукописи и её редактирование

© Игнатьева Г. А., Ревунов С. Е., Тулупова О. В., 2026

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов

Author's contribution

Galina A. Ignatyeva: Conceptualization, Methodology,
Validation, Supervision

Sergey E. Revunov: Formal analysis, Investigation,
Data Curation

Oksana T. Vladimirovna: Writing - Review & Editing,
Project administration

© Galina A. Ignatyeva, Sergey E. Revunov,
Oksana T. Vladimirovna, 2026

The author's declared no conflicts of interest