

**Модель процесса формирования основ инженерного мышления у младших
школьников в процессе занятий по робототехнике**

Обоснование исследования связано с актуальной потребностью в ранней подготовке инженерных кадров в условиях технологического прогресса и цифровой трансформации. Несмотря на признание младшего школьного возраста сензитивным для формирования основ инженерного мышления, в практике отсутствует целостная педагогическая модель, интегрирующая методологическое обоснование, содержательное наполнение и диагностический инструментарий для данного процесса. Цель статьи – представить разработанную процессуальную модель формирования основ инженерного мышления у младших школьников в ходе занятий робототехникой. Основное содержание работы составляет описание структуры модели, включающей 10 взаимосвязанных блоков (от социального заказа и целевого блока до рефлексии и коррекции). Методологической основой модели выступил интегративный синтез синергетического, конвергентного и средового подходов. Ключевым результатом является детализация организационно-процессуального блока, представленного в виде циклического технологического алгоритма проведения занятий, который обеспечивает последовательное освоение компонентов инженерного мышления через практическую деятельность. Определены и описаны четыре уровня сформированности основ инженерного мышления. Научная новизна модели заключается в теоретико-методологической интеграции указанных подходов, типологией рефлексии. Теоретическая значимость состоит в преодолении фрагментарности существующих исследований за счет создания целостного инструмента проектирования образовательного процесса. Практическая значимость заключается в предоставлении педагогам конкретного, диагностически обеспеченного инструментария для управления процессом формирования основ инженерного мышления в системе общего и дополнительного образования (включая инфраструктуру «Кванториумов» и «Точек роста»). Отмечаются ограничения модели, связанные с ресурсной оснащенностью, кадровыми требованиями и контекстом апробации.

Ключевые слова: основы инженерного мышления, младшие школьники, занятия по робототехнике, педагогическая модель, технологическое образование, уровни сформированности.

Inna Vladimirovna Suslonova
Kirov

**A model of the process of forming the foundations of engineering thinking
among younger schoolchildren in the course of robotics classes**

The rationale for the study is related to the urgent need for early training of engineering personnel in the context of technological progress and digital transformation. Despite the recognition of primary school age as sensitive for the formation of the foundations of engineering thinking, there is no holistic pedagogical model in practice that integrates methodological justification, meaningful content and diagnostic tools for this process. The purpose of the article is to present a developed procedural model for the formation of the fundamentals of engineering thinking in younger schoolchildren during robotics classes. The main content of the work is a description of the structure of the model which includes 10 interrelated blocks (from social order and target block to reflection and correction). The methodological basis of the model was an integrative synthesis of synergetic, convergent and environmental approaches. The key result is the detailing of the organizational and procedural block, presented in the form of a cyclic technological algorithm for conducting classes, which ensures the consistent development of the components of engineering thinking through practical activities. Four levels of formation of the fundamentals of engineering thinking are defined and described. The scientific novelty of the model lies in the theoretical and methodological integration of these approaches, the typology of reflection. The theoretical significance lies in overcoming the fragmentation of existing research by creating a holistic tool for designing the educational process. The practical significance lies in providing teachers with specific, diagnostically provided tools for managing the process of forming the foundations of engineering thinking in the system of general and additional education (including the infrastructure of "Quantoriums" and "Growth Points"). The limitations of the model related to resource availability, personnel requirements and the context of testing are noted.

Keywords: fundamentals of engineering thinking, elementary school students, robotics classes, pedagogical model, technological education, levels of education.

Введение. Подготовка кадров, способных отвечать вызовам времени, приобретает стратегическое значение. Международный опыт показывает, что конкурентоспособность экономики напрямую зависит от раннего приобщения детей к инженерно-техническому творчеству и целенаправленного формирования основ инженерного мышления. Одной из ключевых проблем является преодоление разрыва между пониманием инженерного мышления как компетенции взрослого специалиста и

возможностями его развития у младших школьников.

Для этого необходимо операционализировать это понятие, переведя его в плоскость педагогических задач. В профессиональной среде инженерное мышление определяется как способность идентифицировать, формулировать и решать инженерные задачи, используя принципы анализа и синтеза [17]. Философский взгляд характеризует его как проектно-конструктивный тип мышления, нацеленный на преобразование

реальности через создание технического мира, с ориентацией на практический результат, научные знания и учет критерии реализуемости [16].

Анализ педагогических и психологических исследований выявляет существенный пробел в изучении основ инженерного мышления именно в младшем школьном возрасте, тогда как этот период является сензитивным для развития. Фундамент для понимания его сути заложен в работах отечественных ученых: теория развивающего обучения В.В. Давыдова [5] и Д.Б. Эльконина [26], идеи Э.В. Ильинкова о связи мышления с преобразовательной деятельностью и созданием «идеального» образа [7], а также исследования В.Д. Шадрикова о структуре профессиональных качеств [24].

Исследователи, непосредственно занимающиеся инженерным мышлением, внесли свой вклад: А.М. Новиков уделял особое внимание проектной деятельности [14], Э.Ф. Зеер рассматривал проблему через призму компетентностного подхода [6], а М.А. Чошанов разрабатывал дидактику на основе проблемно-модульного обучения [23]. Среди конкретных инструментов формирования мышления – теория решения изобретательских задач (ТРИЗ) Г.С. Альтшулер [1], методики эвристического обучения А.В. Хугорского [22] и интегративный STEM/STEAM-подход, развивающий в России А.Г. Асмоловым [3].

Эффективность формирования основ инженерного мышления зависит от понимания его структуры. Наиболее полная характеристика, предложенная Л.М. Андрюхиной [2], включает технологический, регулятивно-целевой и ценностно-смысовой компоненты. Исследования В.И. Моросановой в области саморегуляции углубляют регулятивно-целевой блок, акцентируя важность осознанного управления деятельностью и анализа ее результатов [12].

Таким образом, можно сделать вывод, что основы инженерного мышления младших школьников – это складывающийся тип познавательной деятельности, направленный на решение элементарных инженерных задач через проектирование, создание и оптимизацию моделей с использованием анализа, синтеза и моделирования. Конечным результатом этого процесса является адекватное техническое решение.

В качестве эффективного средства формирования основ инженерного мышления у младших школьников в исследовании рассматривается образовательная робототехника. Ее потенциал заключается в интеграции дисциплин, практико-ориентированном характере, вовлечении учащихся в цикл решения инженерных задач и развитии метапредметных компетенций. Подробное рассмотрение сущности и подходов к организации занятий робототехникой представлено в

исследовательской части статьи. Таким образом, целью данной работы является разработка и научное обоснование педагогической модели процесса формирования основ инженерного мышления у младших школьников в процессе занятий по робототехнике.

Исследовательская часть. В качестве основного средства и контекста формирования основ инженерного мышления в разработанной педагогической модели выступает образовательная робототехника. Ее выбор обусловлен значительным дидактическим и развивающим потенциалом, который раскрывается в рамках нескольких взаимодополняющих подходов. Понятие «занятия по робототехнике» в образовательном контексте не является монолитным и трактуется по-разному в зависимости от целевых установок, методологической основы и возрастной группы обучающихся.

Наиболее распространенное определение рассматривает занятия по робототехнике как специально организованную деятельность, направленную на освоение учащимися принципов и практических навыков проектирования, конструирования, программирования и тестиования автоматизированных устройств (роботов) для решения конкретных инженерных задач [20].

С другой точки зрения, занятия по робототехнике – это прежде всего среда для « обучения через созидание», где знания формируются в процессе активного создания учащимися функционирующих роботизированных моделей [27]. Ключевой принцип этого подхода заключается в том, что знания конструируются учеником в процессе деятельности, а не передаются в готовом виде.

Подход, ориентированный на решение проблем, определяет занятия по робототехнике как процесс, в котором учащиеся вовлекаются в цикл решения реальных или смоделированных проблемных ситуаций через разработку, создание и оптимизацию роботизированных решений [28]. Акцент смещается на процесс анализа задачи, генерации идей, прототипирования, тестирования, выявления ошибок и итеративного улучшения решения, что в полной мере отражает суть основ инженерного мышления.

Все чаще занятия по робототехнике рассматриваются как эффективный инструмент для комплексного развития метапредметных компетенций и универсальных учебных действий в контексте подхода, ориентированного на формирование навыков XXI века [27, 28]. Для детей младшего школьного возраста данный вид деятельности часто определяется через призму игровой и исследовательской активности, где робототехнические конструкторы служат средством для формирования интереса к технике, науке и инженерии.

Данные отечественных и зарубежных научных психолого-педагогических исследований в области изучения особенностей формирования основ инженерного мышления младших школьников, имеющиеся научно-методические разработки и опыт практической деятельности предрасполагают к созданию педагогической процессуальной модели.

Педагогическая модель формирования основ инженерного мышления в процессе занятий по робототехнике представляет собой логически последовательную систему элементов, включающую в себя 10 блоков: социальный блок,

факторы внешней среды, организационно-педагогические условия, целевой, методологический, содержательный, организационно-процессуальный, критериально-диагностический, результативный, блок рефлексии и коррекции, а также является схематическим отображением взаимосвязи всех структурных и содержательных компонентов предстоящей деятельности (см. рисунок 1). Все компоненты образуют целостность образовательного процесса [15].

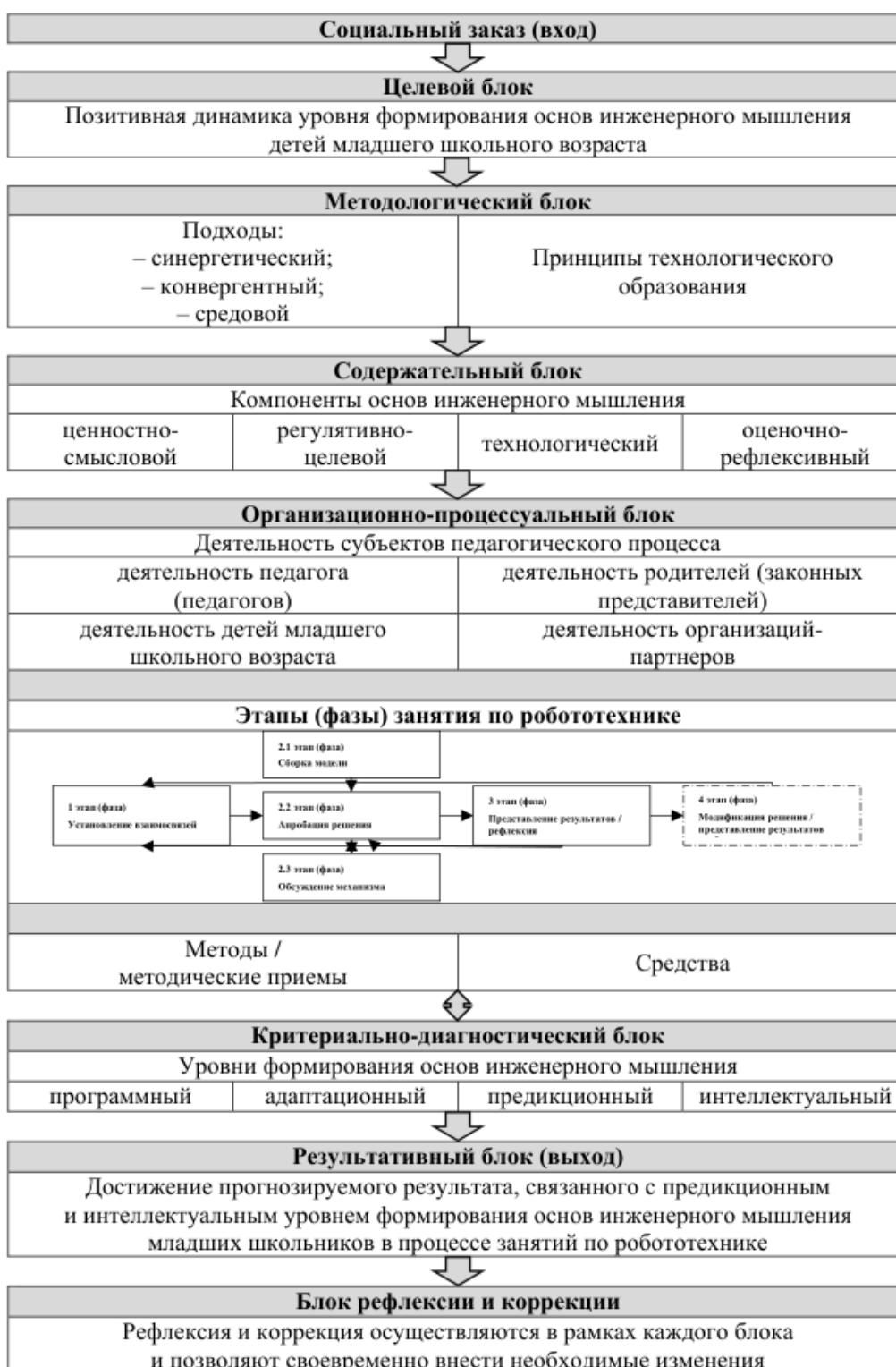


Рис. 1. Модель процесса формирования основ инженерного мышления у младших школьников в процессе занятий по робототехнике

Педагогическая модель соответствует следующим требованиям [10]:

– инертности – модель встраивается в существующую образовательную среду начальной школы, учитывает возрастные особенности младших школьников, опирается на доступные ресурсы и может быть естественно воспринята и реализована в рамках дополнительного

образования, урочной и внеурочной деятельности, дополняя и обогащая образовательный процесс;

– простоты, что позволяет модели быть обозримой и понятной каждому участнику ее реализации – модель обладает четкой структурой и логикой. Это делает модель доступной для понимания и применения участниками процесса;

– адекватности, что означает возможность достичь поставленной цели с ее помощью – системный охват всех этапов и аспектов процесса формирования (от целеполагания и условий до диагностики и коррекции), подбор адекватных возрасту содержания, методов и форм работы, а также наличие четких критериев оценки гарантируют, что реализация данной модели является действенным инструментом для достижения цели – формирования у младших школьников прочных основ инженерного мышления.

Социальный заказ (вход) – потребность в формировании основ инженерного мышления детей младшего школьного возраста и недостаточная разработанность этого вопроса в контексте практического использования.

Факторы внешней среды:

– экономические – региональная специфика экономического развития и ее влияние на приоритеты в образовании, финансирование программ дополнительного образования технической направленности, доступность и разнообразие образовательных робототехнических конструкторов и оборудования;

– социально-культурные – уровень технологической культуры общества и семьи, ценностное отношение к инженерным профессиям, популяризация науки и техники, традиции технического творчества в регионе / образовательном учреждении, запросы и ожидания родителей относительно образовательных результатов ребенка;

– организационно-правовые – требования к метапредметным результатам (УУД), которые напрямую коррелируют с компонентами основ инженерного мышления, нормативно-правовая база, регулирующая дополнительное образование детей, возможности и ограничения учебного плана (урочная / внеурочная деятельность), требования безопасности к организации занятий с техническим оборудованием, наличие и статус локальных актов образовательной организации, регламентирующих инновационную деятельность.

Модель нацелена на позитивную динамику формирования основ мышления детей младшего школьного возраста.

Методологической основой модели выступили совокупность идей синергетического подхода (С.П. Капица [8], А.В. Коротаев [9]), конвергентного подхода (Т.С. Фещенко [19], Л.А. Шестакова [25]), средового подхода (Е.А. Ходырева [21]). Они позволяют спроектировать содержание формирования основ инженерного мышления.

Синергетический подход – рассматривает образовательный процесс как сложную открытую нелинейную самоорганизующуюся систему. Формирование основ инженерного мышления у ребенка происходит нелинейно, через точки бифуркации (критические моменты выбора

решения), в результате взаимодействия множества факторов (педагог, среда, сверстники, задача, предыдущий опыт). Применение в модели:

– акцент на создании условий для самоорганизации познавательной и практической деятельности обучающихся;

– использование нелинейных педагогических траекторий, допускающих вариативность путей достижения цели;

– понимание роли педагога как фасилитатора, создающего «аттракторы» (точки развития) и управляющего «параметрами порядка» (ключевыми правилами, этапами работы) для направления процесса самоорганизации;

– принятие неизбежности возникновения «флуктуаций» (ошибок, неожиданных решений) как источника развития, анализа и коррекции.

Конкретное воплощение в модели (педагогическое действие): создание открытых заданий с несколькими решениями. Роль педагога как фасилитатора, создающего «аттракторы». Поощрение учебных «флуктуаций» (ошибок) как источника развития.

Конвергентный подход рассматривает методологию стирания междисциплинарных границ между научным и технологическим знанием. Применение в модели:

– содержание и задачи намеренно интегрируют знания из разных областей;

– формируется целостная картина мира, где технические решения неразрывно связаны с научными принципами и социальным контекстом.

Конкретное воплощение в модели (педагогическое действие): интеграция знаний из информатики, физики, математики, технологии в рамках одного проекта.

Средовой подход – учет и целенаправленное использование возможностей среды в педагогическом процессе, т. е. обращение среды в средство педагогического воздействия. Применение в модели:

– целенаправленное проектирование мотивирующей образовательной среды;

– создание социально-психологической среды, поощряющей исследовательскую активность, сотрудничество, конструктивную критику, принятие риска и ошибки как части обучения, ценности инженерного труда;

– использование информационно-образовательной среды;

– учет влияния широкой социокультурной среды как ресурса развития.

Конкретное воплощение в модели (педагогическое действие): проектирование мотивирующей предметно-пространственной среды (конструкторы, ПО) и социально-психологической среды (атмосфера сотрудничества, принятия риска).

Методологическая интеграция в рамках данной модели носит не механический, а органический характер. Синергетический подход, трактующий процесс формирования мышления как нелинейный и проходящий через точки бифуркации (кризисы выбора), обуславливает необходимость конвергентного подхода. Именно междисциплинарное содержание, предоставляемое конвергенцией, создает то самое проблемное поле, в котором возникают проблемы, требующие нестандартных решений и ведущие к скачкообразному развитию. В свою очередь, и синергетический, и конвергентный подходы не могут быть реализованы вне специально организованной образовательной среды, что актуализирует средовой подход.

Системообразующей связью, интегрирующей все три подхода, выступает практическая инженерная деятельность по созданию и оптимизации робототехнических моделей. Эта деятельность по своей природе нелинейна (синергетика) – ребенок сталкивается с незапланированными проблемами, делает ошибки, находит неочевидные решения. Она по своему содержанию конвергентна – требует одновременного применения знаний из информатики, физики, математики. Она возможна только в специально смоделированной среде (средовой подход) – обеспеченной ресурсами и насыщенной атмосферой исследования и сотрудничества.

В контексте исследования применяются принципы технологического образования, разработанные П.Р. Атутовым [4], Д.А. Махотиным [11], В.Д. Симоненко [18], выполняют роль основополагающих идей, правил и требований, которые определяют содержание процесса формирования основ инженерного мышления. Включают в себя: политехнизм, связь теории с практикой, наглядность, доступность, систематичность и последовательность, сознательность и активность, прочность усвоения, научность, направленность на развитие творческих способностей, связь с жизнью, воспитание в труде. Они конкретизируют как реализовывать теоретические подходы в реальной образовательной деятельности.

Содержательный блок представлен четырьмя взаимосвязанными и взаимообусловленными компонентами, формирующими целостное отношение ребенка к деятельности и ее результатам:

1. Ценностно-смысловой – формирует мотивационно-личностную основу инженерного мышления.

2. Регулятивно-целевой – формирует основы управления деятельностью.

3. Технологический – включает предметные знания, практические умения и навыки.

4. Оценочно-рефлексивный – формирует способность к анализу, оценке и саморазвитию.

Представленные составляющие структуры формирования основ инженерного мышления детей младшего школьного возраста в единстве образуют составляющие данного процесса, которые в совокупности характеризуют отношение ребенка к достижению результата. Ценности и смыслы (1) мотивируют к постановке целей (2), для достижения которых необходимы знания и навыки (3), а анализ и рефлексия (4) позволяют оценить успешность, закрепить опыт и скорректировать дальнейшие действия. Это отношение к деятельности как к осознанному, оснащенному необходимыми инструментами, целенаправленному и анализируемому процессу достижения значимого результата.

Организационно-процессуальный блок технологии (ведущий блок) отражает деятельность субъектов педагогического процесса, этапы (фазы) занятия по робототехнике, методы и средства.

Субъектами педагогического процесса являются: педагог (педагоги), дети младшего школьного возраста, родители (законные представители), организации-партнеры (вузы, технопарки (Кванториумы), инженерные компании, музеи науки).

Далее описаны этапы занятия по робототехнике.

Структура занятия по робототехнике – стройна и логична, так как ее стадии соответствуют закономерным fazам когнитивной деятельности личности.

1. Установление взаимосвязей.

2. Создание модели: 2.1. Сборка модели (конструирование – программирование); 2.2. Апробация решения; 2.3. Обсуждение механизма.

3. Представление результатов / рефлексия.

4. Модификация решения / проведение дополнительного исследования / представление результатов обществу [20].

Анализ литературы по проблеме организации занятий по робототехнике позволил нам выделить ситуации, отражающие потенциал в развитии основ инженерного мышления детей младшего школьного возраста. Перед нами четкий технологический алгоритм занятия (серии занятий) с набором приемов, стратегий его ведения, рекомендации по их использованию на определенных этапах (фазах) (см. таблицу 1).

Таблица 1

**Ситуации формирования основ инженерного мышления младших школьников
(на примере этапа по созданию модели)**

№ п/п	Этап (фаза) занятия по робототех- нике	Функции / итог этапа (фазы) занятия по робототехнике	Деятельность ребенка / детей	Таксономия инженерных задач
2.	Создание модели			
2.1	Сборка модели (конструирование – программирование)	Функции: – информационная; – систематизационная; – мотивационная. Итог этапа (фазы): контакт с информацией	– подбирают детали, механизмы, собирают физическую модель робота; – пишут алгоритм, программируют поведение робота, управление моторами и датчиками	– анализ требований и ограничений (вес, размер, доступные детали); – проектирование и расчет (выбор схемы конструкций); – применение знаний о материалах и конструкциях (прочность, жесткость, виды соединений)
2.2			– запускают робота, наблюдают за его работой, сравнивают результат с ожидаемым, выявляют ошибки	– эксперимент и сбор данных (измерение времени, пройденного пути, угла поворота). – верификация на соответствие модели заданным условиям; – диагностика ошибок (идентификация точки и причины сбоя в системе)
2.3			– обсуждают, почему робот ведет себя так или иначе, как взаимодействуют части, корректно ли работает программа	– поиск причинно-следственных связей (анализ работы системы с позиций разных дисциплин); – системный анализ (изменение параметров на влияние всей системы); – оценка и генерация гипотез (по улучшению надежности, эффективности, точности)

Технологические этапы (фазы) занятия по робототехнике могут рассматриваться как механизм, формирующий определенные умения в системе «ребенок – педагог», «ребенок – педагог – родитель», «ребенок – педагог – родитель – организация-партнер». Все субъекты образовательного процесса выступают в качестве партнеров по рефлексивному осмысливанию информации.

Каждый этап предполагает равные, партнерские отношения как в плане общения, так и в плане конструирования знания. При этом педагог перестает быть главным источником информации. Используя приемы, он создает обучение в продвижение от незнания к знанию, в совместный поиск.

Весь процесс (этапы 1–4) носит итеративный характер. Результаты тестирования (2.3) и рефлексии (3) приводят к модификациям (4) и повторению предыдущих шагов. Это напрямую

отражает циклическую природу инженерного проектирования.

Восхождение по уровням мышления: практические этапы робототехнического проекта создают условия для последовательного прохождения и интеграции всех уровней инженерного мышления:

Этап 1 и начало этапа 2 опираются на фактологию и опыт. Программирование (2.2), поиск ошибок (2.3) и обсуждение (2.4) стимулируют выработку новых методов. Успешная модификация (4), экспериментирование и неожиданные открытия в процессе тестирования или исследования ведут к открытию нового. Практика как основа: каждый уровень инженерного мышления не просто декларируется, а проявляется и формируется через конкретные, осозаемые действия ребенка: сборка, программирование, тестирование, обсуждение, исправление, демонстрация. Рефлексия и коммуникация: этапы 3 и 4 критически важны.

Они помогают детям осмыслить пройденные этапы, сформулировать мысли, поделиться опытом, что углубляет понимание инженерных принципов и закрепляет мышление.

От простого к сложному: начальные проекты сильнее завязаны на уровнях 1 и 2 (знакомство и применение). По мере накопления опыта проекты усложняются, и дети чаще действуют на уровнях 3 и 4 (творчество, исследование).

Занятия робототехникой, выстроенные по предложенной практической схеме (1–4), предоставляют младшим школьникам среду для последовательного освоения и применения всех ключевых уровней основ инженерного мышления (1–4) через конкретную, мотивирующую деятельность.

Важным элементом организационно-процессуального блока являются методы и средства педагогической деятельности, применяемые комплексно с учетом возрастных и индивидуальных особенностей младших школьников.

В данном блоке описываются методы / методические приемы, направленные на формирование основ инженерного мышления. На всех этапах (фазах) занятия используются – метод ротации станций, метод кейсов, метод проектов.

Средства обучения – материально-технические, методические и информационные. Материально-технические – робототехнические конструкторы (LEGO Education WeDo 2.0, Spike Essential, Makeblock), компьютеры / планшеты, ПО для программирования, демонстрационные модели, плакаты / схемы. Методические – рабочие тетради/дневники проекта, карточки с заданиями/алгоритмами, инструкции по сборке, критерии оценки, видеоматериалы, интерактивные задания. Информационные – образовательные онлайн-платформы, симуляторы, цифровые библиотеки моделей и программ.

Основополагающим элементом педагогической модели являются организационно-педагогические условия, обеспечивающие эффективность формирования обозначенного процесса.

Опираясь на труды исследователей и методистов, мы выделили следующие положения:

- опора на таксономию инженерных задач на основе содержательных и логических взаимосвязей и их описание посредством категорий развивающего образования;
- разработка системы учебных ситуаций, адекватных содержанию и логике развития основ инженерного мышления младших школьников;
- реализация педагогом позиции посредника, носителя личностного знания в образовательном процессе;
- сочетание современных методов работы с учащимися: использование метода ротации станций, метода кейсов, метода проектов;

– применение нелинейной системы изучения механизмов и передач;

– организация перехода от одного средства обучения к другому.

Критериально-диагностический и результативный блоки отражают достижение цели образовательного процесса и представлены в виде целевых ориентиров, которые педагог может использовать при анализе и дальнейшем планировании образовательного процесса.

Практика показывает, что процесс формирования основ инженерного мышления осуществляется по-разному, поэтому необходимо определить критерии и показатели, позволяющие оценить степень развитости рассматриваемого процесса. В качестве основных критериев при определении уровня сформированности основ инженерного мышления детей младшего школьного возраста выступают компоненты, описанные ранее.

С опорой на выделенные критерии и показатели определены уровни формирования основ инженерного мышления: программный, адаптационный, предикционный, интеллектуальный.

Программный уровень – ребенок действует преимущественно по прямому указанию педагога или по жестко заданному образцу. Проявление признаков основ инженерного мышления случайно, эпизодично и инициируется исключительно внешней подсказкой или требованием. Внутренняя мотивация к анализу, проектированию или оптимизации отсутствует или крайне слаба. Результат достигается методом проб и ошибок без глубокого осмысливания.

Адаптационный уровень – наблюдается неравномерное формирование компонентов основ инженерного мышления. Ребенок может успешно проявлять отдельные навыки, но испытывает трудности в других. Потребность в деятельности может быть выражена, но устойчивость и системность проявления показателей отсутствует. Ребенок способен к коррекции, но часто требует внешней поддержки для анализа ошибок.

На предикционном уровне все ключевые компоненты основ инженерного мышления проявляются комплексно и взаимосвязано. Ребенок способен самостоятельно анализировать задачу, прогнозировать возможные решения и их последствия, планировать последовательность действий (проектировать), реализовывать замысел, тестировать результат и проводить рефлексивный анализ успехов и неудач. Действия становятся осознанными и целенаправленными. Внутренняя мотивация к решению технических задач устойчива. Ребенок способен работать автономно в знакомых условиях и адаптировать известные решения к новым контекстам.

Интеллектуальный уровень – наблюдается выход за пределы стандартных требований.

Ребенок демонстрирует высокую степень креативности, предлагая оригинальные, неочевидные решения сложных инженерных задач. Проявляет глубокое системное понимание принципов работы и взаимосвязей в системах. Способен к самостоятельной постановке инженерных задач на основе наблюдений или анализа потребностей, к комплексному проектированию и реализации уникальных проектов. Рефлексия носит прогностический характер, направленный на дальнейшее совершенствование и поиск новых областей применения.

Теоретическая разработанность модели и ее диагностического аппарата позволила перейти к этапу ее первичной апробации. Для первичной проверки эффективности предложенной педагогической модели и описанного технологического алгоритма было проведено пилотное исследование.

Исследование проводилось на базе МОАУ ДО ЦРТДЮ «Лабиринт» г. Кирова. В нем приняли участие 64 учащихся 3-х классов (возраст 9-10 лет), которые были разделены на две группы: экспериментальную (ЭГ, n=32) и контрольную (КГ, n=32). В течение двух месяцев с участниками ЭГ была реализована серия из 8 занятий по робототехнике, построенных в строгом соответствии с предложенной моделью и циклическим алгоритмом. Занятия включали проекты по созданию и программированию моделей, решающих практические задачи (например, преодоление препятствий, сортировка объектов), что реализовывало принципы интеграции знаний (конвергентный подход) и

работы в специально организованной мотивирующей среде (средовой подход). В КГ занятия проводились в традиционном формате, ориентированном на ознакомление с техникой и сборку моделей по готовой инструкции.

Для оценки эффективности вмешательства использовался метод экспертной оценки. Два независимых специалиста (педагог дополнительного образования и психолог) проводили оценку до и после цикла занятий по трем ключевым показателям, связанным с компонентами инженерного мышления, по 5-балльной шкале:

– способность к целеполаганию и планированию (регулятивно-целевой компонент)
– умение сформулировать цель деятельности и наметить основные шаги для ее достижения;

– вариативность технических решений (технологический компонент) – количество и разнообразие идей и способов решения поставленной инженерной задачи;

– способность к аргументации и рефлексии (оценочно-рефлексивный компонент) – умение обосновать выбор решения и проанализировать его сильные и слабые стороны [13].

Результаты пилотного исследования продемонстрировали положительную динамику по всем оцениваемым параметрам именно в экспериментальной группе. Для проверки статистической значимости различий использовался Т-критерий Вилкоксона для связанных выборок. Полученные данные представлены в таблице 2.

Таблица 2

**Результаты пилотного исследования динамики компонентов инженерного мышления
(экспериментальная группа, n=32)**

№ п / п	Оцениваемый параметр	Средний балл (до)	Средний балл (после)	Уровень значимости (p)
1	Способность к целеполаганию и планированию	2,5	3,8	p < 0,01
2	Вариативность технических решений	2,8	4,2	p < 0,01
3	Способность к аргументации и рефлексии	2,3	3,9	p < 0,01

Как видно из таблицы, в экспериментальной группе зафиксирован статистически значимый рост по всем трем показателям. Наиболее заметный прогресс наблюдался в развитии вариативности технических решений и способности к аргументации, что напрямую связано с применением принципов сознательности, активности и политехнизма, которые поощряли поиск нестандартных подходов и осмысление их эффективности. В контрольной группе

значимых изменений выявлено не было. Качественный анализ наблюдений также показал рост вовлеченности и мотивации участников ЭГ, что косвенно свидетельствует о положительном воздействии комплекса на ценностно-смысловой компонент.

Таким образом, данные пилотного исследования подтверждают, что реализация предложенной педагогической модели достоверно способствует формированию основ инженерного мышления у младших

школьников, обеспечивая положительную динамику в развитии его ключевых компонентов.

В контексте данной педагогической модели рефлексия и коррекция трактуются не как обособленный этап, а как сквозной метапроцесс, пронизывающий всю образовательную деятельность и обеспечивающий ее качественное преобразование. Этот процесс реализуется через систему взаимосвязанных видов рефлексии, каждый из которых активизируется на определенных этапах работы над проектом и направлен на развитие конкретных компонентов инженерного мышления.

На начальном этапе «Установление взаимосвязей» формируется прогностическая рефлексия, когда младшие школьники под руководством педагога анализируют имеющийся опыт и знания, формулируют гипотезы и определяют возможные пути решения задачи. Этот вид рефлексии закладывает основу для ценностно-смыслового и регулятивно-целевого компонентов мышления, помогая детям осознать значимость предстоящей деятельности и наметить первоначальный план действий.

В процессе практической реализации проекта, на этапах «Сборка модели» и «Апробация решения», доминирующей становится операциональная рефлексия, которая реализуется через «короткие» циклы коррекции. Она проявляется в мгновенном анализе соответствия действий запланированному результату, выявлении и устраниении технических ошибок в конструкции или программе. Непрерывное сопоставление замысла с реальностью интенсивно развивает технологический компонент мышления и формирует начальные навыки самооценки.

После создания рабочей модели наступает время стратегической рефлексии, наиболее полно раскрывающейся на этапе «Представление результатов». Здесь происходит переход от анализа отдельных операций к осмыслению всей стратегии решения задачи. Школьники учатся аргументировать свои решения, оценивать эффективность выбранного подхода в целом и выявлять глубинные причины возникших трудностей. Этот «длинный» цикл коррекции качественно укрепляет оценочно-рефлексивный и регулятивно-целевой компоненты, формируя способность к системному анализу своей деятельности.

Завершающий этап «Модификация решения» интегрирует все предыдущие виды рефлексии в проектную рефлексию. На этом уровне ребенок не просто исправляет ошибки, а осуществляет качественное преобразование своего проекта, основываясь на комплексном

осмыслинии всего пройденного пути. Синтез полученных insights позволяет перейти от простого воспроизведения к творческой оптимизации и созданию принципиально улучшенных решений, что знаменует переход на более высокий уровень инженерного мышления.

Таким образом, рефлексия и коррекция в предлагаемой модели выстраиваются в целостную динамическую систему, где каждый вид рефлексии соответствует определенной фазе инженерной деятельности и вносит целевой вклад в развитие структурных компонентов мышления. Такой подход обеспечивает не только постоянную обратную связь, но и осознанное поступательное развитие способности младшего школьника к анализу, проектированию и совершенствованию своих технических решений.

Реализация образовательного процесса, строго соответствующего предложенной педагогической модели, создает системные условия для целенаправленного и эффективного формирования основ инженерного мышления у младших школьников в контексте робототехники.

Последовательная работа через все блоки модели (от постановки целей и мотивации, через содержательную деятельность с опорой на критерии, до постоянной рефлексии и коррекции) обеспечивает поступательное движение учащихся по уровням сформированности инженерного мышления.

Прогнозируемым и достижимым итогом является достижение большинством учащихся, по меньшей мере, предикционного уровня, характеризующегося устойчивым, системным и осознанным применением основ инженерного мышления в решении типовых и новых задач по робототехнике. Значительная часть мотивированных учащихся, работающих в поддерживающей среде, способна достичь интеллектуального уровня, демонстрируя творческий потенциал и способность к самостоятельной инженерно-технической деятельности.

Данная модель не только описывает процесс, но и предоставляет педагогу конкретный, диагностически обеспеченный инструментарий для управления этим процессом, повышая качество и предсказуемость образовательных результатов в области раннего инженерного образования.

Разработанная педагогическая модель формирования основ инженерного мышления у младших школьников обладает рядом признаков научной новизны, которые определяют ее теоретическую и практическую значимость.

Научная новизна модели заключается в следующем:

1. Теоретико-методологическая интеграция – впервые применительно к задаче формирования основ инженерного мышления в младшем школьном возрасте осуществлен синтез положений синергетического, конвергентного и средового подходов. Это позволило представить образовательный процесс как нелинейную, самоорганизующуюся систему, развивающуюся в условиях междисциплинарного взаимодействия и целенаправленно проектируемой среды. Если синергетический подход объясняет внутренние механизмы развития мышления через точки бифуркации и флукутации, а конвергентный – задает содержательное наполнение, то средовой – определяет инструментально-ресурсные условия его эффективного протекания.

2. Структурно-функциональное решение – новизна проявляется в архитектонике модели, где блок рефлексии и коррекции выступает не рядовым структурным элементом, а метауровнем, интегрированным в логику каждого блока и этапа деятельности. Такой дизайн обеспечивает не эпизодическую, а непрерывную диагностику и гибкую коррекцию процесса, что приближает модель к идеалам динамического формирующего оценивания и отвечает принципам персонализации образования.

3. Конкретизация содержательного компонента – новизна состоит в разработке и адаптации для младшего школьного возраста таксономии инженерных задач, напрямую увязанной с структурными компонентами инженерного мышления (ценностно-смысловым, регулятивно-целевым, технологическим, оценочно-рефлексивным). Это переводит теоретическое понимание инженерного мышления на уровень практических педагогических действий, предоставляя педагогу инструмент для конструирования учебных ситуаций.

Таким образом, научная новизна модели носит комплексный характер, затрагивая ее методологический фундамент, структурное построение и содержательное наполнение.

Вместе с тем, внедрение и эффективная реализация предложенной модели имеют определенные ограничения, учет которых необходим для ее адекватного применения в образовательной практике.

Ограничения модели включают:

1. Ресурсные условия – максимальная эффективность модели достигается в условиях достаточной материально-технической оснащенности образовательного процесса (обеспеченность робототехническими, компьютерами/планшетами, специализированным обеспечением). Дефицит ресурсов может нивелировать деятельностную основу модели и

ограничить возможности для полноценной деятельности.

2. Кадровые требования – успешная реализация модели предъявляет повышенные требования к профессиональной компетентности педагога, который должен выступать не в роли транслятора знаний, а в качестве фасилитатора, владеющего основами инженерно-технического творчества и способного создавать ситуации для самостоятельного поиска и рефлексии учащихся.

3. Контекст апробации – представленная модель была разработана и апробирована преимущественно в рамках системы дополнительного образования, обладающей большей гибкостью по сравнению с урочной системой. Адаптация модели к условиям обязательной учебной деятельности (в рамках уроков технологии или внеурочной деятельности) требует дополнительных исследований, связанных с учетом временных рамок, требований ФГОС к предметным результатам и возможностями интеграции с другими учебными дисциплинами.

Учет данных ограничений задает рамки ее практического применения и определяет перспективные направления для дальнейших исследований, такие как разработка ресурсосберегающих вариантов модели, создание программ повышения квалификации для педагогов и методик интеграции модели в урочную систему.

Таким образом, представленная педагогическая модель, обладая отмеченными характеристиками новизны и учитывая указанные ограничения, представляет собой целостный инструмент проектирования образовательного процесса, направленного на эффективное формирование основ инженерного мышления у младших школьников в условиях занятий робототехникой. Ее внедрение создает системные предпосылки для достижения качественно новых образовательных результатов, соответствующих вызовам современного технологического развития.

Заключение. Проведенное исследование позволило не только разработать, но и успешно апробировать целостную педагогическую модель формирования основ инженерного мышления у младших школьников, что является прямым откликом на стратегический запрос общества в ранней подготовке инженерно-технических кадров. Предложенное решение обладает значительным научным и практическим потенциалом, который раскрывается в нескольких ключевых аспектах.

Ключевые результаты и ценность модели:

– создание воспроизводимого образовательного инструмента. Главным результатом работы является не просто

теоретическая конструкция, а практически реализуемый алгоритм. Модель с ее четкой структурой из 10 блоков и циклическим технологическим алгоритмом предоставляет педагогу готовый и эффективный инструмент для проектирования занятий, что подтверждено положительными результатами pilotной апробации.

– модель успешно интегрирует высокоуровневые методологические подходы (синергетический, конвергентный, средовой) в конкретную педагогическую практику. Это позволяет перевести абстрактное понятие «инженерное мышление» на уровень понятных учебных ситуаций и действий ребенка, таких как сборка, программирование, тестирование и модификация робототехнических моделей.

– разработанный критериально-диагностический аппарат (четыре уровня сформированности: программный, адаптационный, предикционный, интеллектуальный) позволяет не констатировать результат постфактуум, а управлять процессом формирования мышления, своевременно осуществляя коррекцию и выстраивая индивидуальные траектории.

– модель доказала свою эффективность в системе дополнительного образования («Кванториумы», «Точки роста»), а ее архитектоника, где рефлексия является метауровнем, закладывает потенциал для адаптации к условиям общего образования.

Результаты первичной апробации открывают следующие перспективы для масштабирования и углубления разработки:

– логичным продолжением является внедрение модели в практику массовой школы для подтверждения ее универсальности и разработки на ее основе вариативных учебно-методических комплексов (УМК);

– эффективность модели создает запрос на системную подготовку и повышение квалификации педагогов-фасилитаторов, способных реализовать ее богатый дидактический потенциал. Это открывает новое направление для методической работы;

– модель служит основой для разработки и тиражирования конкретных образовательных продуктов: цифровых библиотек проектов, заданий, диагностических материалов, что будет способствовать ее широкому и качественному распространению.

Таким образом, представленная модель является значимым вкладом в теорию и практику современного образования. Она не только решает актуальную научную задачу, но и создает прочный фундамент для достижения качественно новых образовательных результатов, целенаправленно формируя у нового поколения основы инженерной культуры, критического мышления и готовности к инновационной деятельности.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Альтшуллер, Г.С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач / Г.С. Альтшуллер. – Новосибирск : Наука, 1991. – 225 с. – Текст : непосредственный.
2. Андюхина, Л.М. Структура и содержание инженерного мышления в контексте современного образования / Л.М. Андюхина. – Текст : непосредственный // Образование и наука. – 2018. – Т. 20, № 2. – С. 32–55.
3. Асмолов, А.Г. Оптика просвещения: социокультурные перспективы / А.Г. Асмолов. – Москва : Просвещение, 2012. – 447 с. – Текст : непосредственный.
4. Атутов, П.Р. Политехнический принцип в обучении школьников / П.Р. Атутов. – Москва : Педагогика, 1976. – 198 с. – Текст : непосредственный.
5. Давыдов, В.В. Теория развивающего обучения / В.В. Давыдов. – Москва : Академия, 2008. – 366 с. – Текст : непосредственный.
6. Зеер, Э.Ф. Психология профессионального образования: учебник для вузов / Э.Ф. Зеер. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2023. – 434 с. – Текст : непосредственный.
7. Ильинков, Э.В. Диалектическая логика: Очерки истории и теории / Э.В. Ильинков. – 2-е изд., доп. – Москва : Политиздат, 1984. – 320 с. – Текст : непосредственный.
8. Капица, С.П. Синергетика и прогнозы будущего / С.П. Капица, С.П. Курдюмов, Г.Г. Малинецкий. – Москва : Наука, 1997. – 285 с. – Текст : непосредственный.
9. Коротаев, А.В. Законы истории: Математическое моделирование развития Мир-Системы. Демография, экономика, культура / А.В. Коротаев, А.С. Малков, Д.А. Халтурина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : УРСС, 2007. – 344 с. – Текст : непосредственный.
10. Краевский, В.В. Методология педагогики: новый этап / В.В. Краевский, Е.В. Бережнова. – Москва : Академия, 2008. – 400 с. – Текст : непосредственный.
11. Махотин, Д.А. Образование для технологического прорыва: вызовы и решения / Д.А. Махотин. – Текст : непосредственный // Педагогика. – 2020. – № 8. – С. 3–12.
12. Моросанова, В.И. Развитие осознанной саморегуляции учебной деятельности студентов / В.И. Моросанова. – Текст : непосредственный // Психологическая наука и образование. – 2020. – Т. 25, № 1. – С. 65–74.

13. Наследов, А.Д. Математические методы психологического исследования. Анализ и интерпретация данных / А.Д. Наследов. – Санкт-Петербург : Речь, 2004. – 392 с. – Текст : непосредственный.
14. Новиков, А.М. Основания педагогики / А.М. Новиков. – Москва : Эгес, 2010. – 208 с. – Текст : непосредственный.
15. Подласый, И.П. Педагогика / И.П. Подласый. – Москва : Юрайт, 2011. – 574 с. – Текст : непосредственный.
16. Проектно-конструктивное мышление. – Текст : непосредственный // Новая философская энциклопедия. В 4 т. / под ред. В.С. Стёпина. – Москва : Мысль, 2010. – Т. 3. – С. 361–362.
17. Профессиональный стандарт «Инженер» : утв. приказом Министерства труда и социальной защиты РФ от 22 декабря 2022 г. № 831н. – Текст : электронный // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL : <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202301290022> (дата обращения: 03.09.2025).
18. Симоненко, В.Д. Технологическое образование школьников: теоретико-методологические аспекты / В.Д. Симоненко. – Брянск : Изд-во БГПУ, 1999. – 120 с. – Текст : непосредственный.
19. Фещенко, Т.С. Конвергенция знаний как фактор развития современного образования / Т.С. Фещенко. – Текст : непосредственный // Высшее образование в России. – 2016. – № 12 (204). – С. 73–81.
20. Филиппов, С.А. Робототехника для детей и родителей / С.А. Филиппов. – Санкт-Петербург : Наука, 2016. – 319 с. – Текст : непосредственный.
21. Ходырева, Е.А. Становление индивидуальности школьника в поликультурной образовательной среде : дис. ... докт. пед. наук / Е.А. Ходырева. – Киров, 2006. – 456 с. – Текст : непосредственный.
22. Хуторской, А.В. Методика продуктивного обучения: эвристический подход / А.В. Хуторской. – Текст : непосредственный // Школьные технологии. – 2018. – № 1. – С. 3–12.
23. Чошанов, М.А. Дидактика и инженерия : учеб. пособие / М.А. Чошанов. – Москва : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2016. – 244 с. – Текст : непосредственный.
24. Шадриков, В.Д. Психология деятельности и способности человека : учеб. пособие / В.Д. Шадриков. – 4-е изд., перераб. и доп. – Москва : Логос, 2013. – 320 с. – Текст : непосредственный.
25. Шестакова, Л.А. Конвергентная образовательная среда как условие формирования метапредметных результатов обучающихся / Л.А. Шестакова. – Текст : непосредственный // Инновации в образовании. – 2017. – № 10. – С. 85–97.
26. Эльконин, Д.Б. Избранные психологические труды / Д.Б. Эльконин. – Москва : Просвещение, 2006. – 479 с. – Текст : непосредственный.
27. Eguchi, A. (2016), 'RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition', Robotics and Autonomous Systems, vol. 75, pp. 692-699.
28. Voogt, J. and Roblin, N.P. (2012), 'A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences', Journal of Curriculum Studies, vol. 44, issue 3, pp. 299-321.

REFERENCES

1. Altshuller, G.S. (1991), *Find an idea. Introduction to the theory of inventive problem solving*, Novosibirsk: Nauka, 225 p. (in Russian)
2. Andryukhina, L.M. (2018), 'Structure and content of engineering thinking in the context of modern education', *Education and Science*, vol. 20, no. 2, pp. 32–55. (in Russian)
3. Asmolov, A.G. (2012), *Optics of education: sociocultural perspectives*, Moscow: Prosveshchenie, 447 p. (in Russian)
4. Autov, P.R. (1976), *Polytechnic principle in teaching schoolchildren*, Moscow: Pedagogika, 198 p. (in Russian)
5. Davydov, V.V. (2008), *Theory of developmental education*, Moscow: Akademiya, 366 p. (in Russian)
6. Zeer, E.F. (2023), *Psychology of vocational education: textbook for universities*, 2nd ed., Moscow: Yurait, 434 p. (in Russian)
7. Ilyenkov, E.V. (1984), *Dialectical logic: Essays on history and theory*, 2nd ed., Moscow: Politizdat, 320 p. (in Russian)
8. Kapitsa, S.P., Kurdyumov, S.P. and Malinetskiy, G.G. (1997), *Synergetics and forecasts of the future*, Moscow: Nauka, 285 p. (in Russian)
9. Korotaev, A.V., Malkov, A.S. and Khalturina, D.A. (2007), *Laws of history: Mathematical modeling of the development of the World System. Demography, economics, culture*, 2nd ed., Moscow: URSS, 344 p. (in Russian)
10. Kraevskiy, V.V. and Berezhnova, E.V. (2008), Methodology of pedagogy: a new stage, Moscow: Akademiya, 400 p. (in Russian)
11. Makhotin, D.A. (2020), 'Education for technological breakthrough: challenges and solutions', *Pedagogy*, no. 8, pp. 3–12. (in Russian)
12. Morosanova, V.I. (2020), 'Development of conscious self-regulation of students' educational activities', *Psychological Science and Education*, vol. 25, no. 1, pp. 65-74. (in Russian)
13. Nasledov, A.D. (2004), *Mathematical methods of psychological research. Analysis and interpretation of data*, Saint Petersburg: Rech, 392 p. (in Russian)
14. Novikov, A.M. (2010), *Foundations of pedagogy*, Moscow: Egves, 208 p. (in Russian)
15. Podlasyy, I.P. (2011), *Pedagogy*, Moscow: Yurait, 574 p. (in Russian)
16. 'Projective-constructive thinking' (2010), *New philosophical encyclopedia: in 4 vols.*, vol. 3, Moscow: Mysl, pp. 361–362. (in Russian)

**JOURNAL OF SHADRINSK STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY,
2025, no 4(68), pp. 172-184**

17. Professional standard "Engineer" (No. 831n of December 22, 2022), order of the Ministry of Labor and Social Protection of the Russian Federation, available at: <http://publication.pravo.gov.ru/Document/View/0001202301290022> [Accessed 03.09.2025]. (in Russian)
18. Simonenko, V.D. (1999), *Technological education of schoolchildren: theoretical and methodological aspects*, Bryansk: Izd-vo BGPU, 120 p. (in Russian)
19. Feshchenko, T.S. (2016), 'Convergence of knowledge as a factor in the development of modern education', *Higher Education in Russia*, no. 12 (204), pp. 73-81. (in Russian)
20. Filippov, S.A. (2016), *Robotics for children and parents*, Saint Petersburg: Nauka, 319 p. (in Russian)
21. Khodyreva, E.A. (2006), *Formation of the student's individuality in a multicultural educational environment*, D. Sc. Thesis, Kirov, 456 p. (in Russian)
22. Khutorskoy, A.V. (2018), 'Methods of productive learning: a heuristic approach', *School Technologies*, no. 1, pp. 3-12. (in Russian)
23. Choshanov, M.A. (2016), *Didactics and engineering: textbook*, Moscow: BINOM. Laboratoriya znaniy, 244 p. (in Russian)
24. Shadrikov, V.D. (2013), *Psychology of human activity and abilities: textbook*, 4th ed., Moscow: Logos, 320 p. (in Russian)
25. Shestakova, L.A. (2017), 'Convergent educational environment as a condition for the formation of meta-subject results of students', *Innovations in Education*, no. 10, pp. 85-97. (in Russian)
26. Elkonin, D.B. (2006), *Selected psychological works*, Moscow: Prosveshchenie, 479 p. (in Russian)
27. Eguchi, A. (2016), 'RoboCupJunior for promoting STEM education, 21st century skills, and technological advancement through robotics competition', *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 75, pp. 692-699.
28. Voogt, J. and Roblin, N.P. (2012), 'A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences', *Journal of Curriculum Studies*, vol. 44, issue 3, pp. 299-321.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

И.В. Суслонова, аспирант, ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», педагог дополнительного образования МОАУ ДО ЦРТДЮ «Лабиринт», г. Киров, Россия, e-mail: stud207987@vyatsu.ru, ORCID: 0009-0006-6271-684X.

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR:

I.V. Suslonova, Graduate Student, Vyatka State University, Teacher of Additional Education at the Labyrinth Center, Kirov, Russia, e-mail: stud207987@vyatsu.ru, ORCID: 0009-0006-6271-684X.