

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

**Technology for development of the fundamentals
of engineering thinking among primary school children
in the course of robotics classes**

Автор статьи

Суслонова Инна Владимировна,
аспирант ФГБОУ ВО «Вятский государственный уни-
верситет»; педагог дополнительного образования
МОАУ ДО ЦРТДЮ «Лабиринт», г. Киров, Российская
Федерация
stud207987@vyatsu.ru
ORCID: 0009-0006-6271-684X

Author of the article

Inna V. Suslonova,
Postgraduate Student, Vyatka State University; Teacher
of Additional Education, Labyrinth Children's and Youth
Development Center, Kirov, Russian Federation
stud207987@vyatsu.ru

Конфликт интересов

Конфликт интересов не указан

Conflict of interest statement

Conflict of interest is not declared

Для цитирования

Суслонова И. В. Технология формирования основ ин-
женерного мышления у младших школьников в про-
цессе занятий по робототехнике // Научно-методиче-
ский электронный журнал «Концепт». – 2026. –
№ 04. – С. 304–318. – URL: <https://e-koncept.ru/2026/261097.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11097

For citation

I. V. Suslonova, Technology for development of the fun-
damentals of engineering thinking among primary school
children in the course of robotics classes // Scientific-
methodological electronic journal "Koncept". – 2026. –
No. 04. – P. 304–318. – URL: <https://e-koncept.ru/2026/261097.htm> – DOI: 10.24412/2304-120X-2026-11097

Поступила в редакцию <i>Received</i>	09.01.26	Получена положительная рецензия <i>Received a positive review</i>	24.03.26
Принята к публикации <i>Accepted for publication</i>	24.03.26	Опубликована <i>Published</i>	30.04.26



Аннотация

Актуальность исследования продиктована стратегическим запросом общества на раннюю подготовку инженерных кадров и выявленным противоречием между декларируемой целью формирования основ инженерного мышления и доминирующей репродуктивной практикой на занятиях по робототехнике в начальной школе. Цель статьи – представить научно обоснованную и экспериментально апробированную технологию формирования основ инженерного мышления у детей 7–11 лет в процессе занятий по робототехнике. Методологическую основу составили три взаимодополняющих подхода: синергетический (обеспечивающий нелинейность и самоорганизацию деятельности), конвергентный (задающий межпредметную интеграцию знаний) и средовой (определяющий организацию насыщенной технической среды). Их интеграция позволяет рассматривать процесс формирования основ инженерного мышления как открытую, саморазвивающуюся систему, в которой ребенок выступает активным субъектом деятельности. Основные результаты: разработана авторская технология, структурообразующие элементы которой – таксономия инженерных задач (четыре уровня сложности: от программного до интеллектуального) и универсальный восьмиэтапный деятельностный цикл («Исследую» → «Делюсь»), дифференцированный для учащихся 1–2-х и 3–4-х классов. Таксономия задает траекторию усложнения содержания, а цикл – алгоритм деятельности на каждом занятии, включающий исследование, генерацию идей, создание прототипа, его улучшение, коллективное обсуждение и рефлексию. В ходе пилотного эксперимента ($n = 64$) доказана статистически значимая эффективность технологии: в экспериментальной группе, в отличие от контрольной, зафиксирован устойчивый рост показателей целеполагания, вариативности решений и рефлексии ($p < 0,01$). Качественный анализ подтвердил переход учащихся от исполнительской позиции к авторской. Теоретическая значимость заключается в операционализации понятия «основы инженерного мышления» применительно к младшему школьному возрасту и педагогической интерпретации методологических подходов, что вносит вклад в теорию развивающего обучения. Практическая значимость состоит в создании готового к внедрению методического конструктора для педагогов, включающего процессуальный алгоритм, систему принципов, инструмент проектирования содержания обучения и диагностические материалы, что обеспечивает воспроизводимость результатов в массовой практике.

Ключевые слова

технология, основы инженерного мышления, занятия по робототехнике, младшие школьники

Благодарности

Автор выражает благодарность МОАУ ДО ЦРТДЮ «Лабиринт» г. Кирова за оказанную помощь в пилотном исследовании.

Abstract

The relevance of this study stems from society's strategic demand for the early training of engineering personnel and the identified contradiction between the stated goal of developing the foundations of engineering thinking and the dominant reproductive practices in robotics classes in primary schools. The aim of this article is to present a scientifically substantiated and experimentally tested technology for developing the foundations of engineering thinking in children aged 7–11 in robotics classes. The methodological framework consists of three complementary approaches: synergetic (ensuring nonlinearity and self-organization of activity), convergent (determining interdisciplinary integration of knowledge), and environmental (determining the organization of a rich technical environment). Their integration allows us to consider the process of developing the foundations of engineering thinking as an open, self-developing system in which the child is an active participant. Key results: An original technology was developed, the structural elements of which are a taxonomy of engineering problems (four levels of complexity: from software to intellectual) and a universal eight-stage activity cycle ("Explore" → "Share"), differentiated for students in grades 1–2 and 3–4. The taxonomy determines a trajectory of increasing content complexity, and the cycle determines an algorithm for activities in each lesson, including research, idea generation, prototype creation, its improvement, group discussion, and reflection. A pilot experiment ($n=64$) demonstrated the statistically significant effectiveness of the technology: in the experimental group, in contrast to the control group, a steady increase in goal-setting, solution variability, and reflection was recorded ($p < 0.01$). Qualitative analysis confirmed the students' transition from a performing position to a creative one. The theoretical significance lies in the operationalization of the "foundations of engineering thinking" concept for primary school students and the pedagogical interpretation of methodological approaches, which contributes to the theory of developmental learning. The practical significance lies in the creation of a ready-to-implement methodological design tool for teachers, including a process algorithm, a system of principles, a tool for designing learning content, and diagnostic materials, ensuring the reproducibility of results in widespread practice.

Key words

technology, engineering fundamentals, robotics classes, primary school children

Acknowledgements

The author expresses gratitude to the Labyrinth Children's and Youth Development Center in Kirov for their assistance in the pilot study.

Введение / Introduction

Происходящие в России социально-экономические преобразования, переход на инновационный технологический уклад с ориентацией большинства сфер общества на высокотехнологичные производства определяют необходимость модернизации системы образования. Подготовка высококвалифицированных специалистов, отвечающих запросу общества, приобретает стратегическое значение не только в нашей

стране, но и за рубежом. Международный опыт ведущих технологических держав свидетельствует о том, что конкурентоспособность экономики в XXI веке напрямую зависит от раннего вовлечения детей в инженерно-техническое творчество и формирование основ инженерного мышления. Занятия, построенные на применении аппаратно-программных платформ образовательной робототехники (LEGO® Education, VEX Robotics, Arduino), представляют собой элемент модернизации технологического образования. Международные сравнительные исследования (PISA) подтверждают позитивную корреляцию между ранним вовлечением в такую деятельность и последующими академическими достижениями в STEM-дисциплинах [1].

Однако анализ сложившейся практики показывает, что в образовании доминирует инструментально-репродуктивная модель занятий по робототехнике, ориентированная в первую очередь на формирование операциональных навыков работы с конструктором. В то же время теоретико-методологические разработки в области основ инженерного мышления преимущественно сосредоточены на общих дидактических принципах. Это создает методологический разрыв: существующие теоретические конструкции не получают адекватной операционализации в виде конкретных педагогических технологий для младшего школьного возраста.

Цель статьи – представить научно обоснованную и экспериментально апробированную технологию формирования основ инженерного мышления у детей 7–11 лет в процессе занятий по робототехнике.

Обзор литературы / Literature review

Формирование основ инженерного мышления в младшем школьном возрасте требует переосмысления данного конструкта в категориях педагогики, поскольку изначально он принадлежит профессиональной сфере. В профильных источниках инженерное мышление квалифицируется как компетенция, определяющая успешность профессиональной деятельности. Российские профессиональные стандарты фиксируют в качестве обязательного требования способность идентифицировать и решать инженерные задачи инструментарием анализа и синтеза [2]. Соответственно, инженерное мышление является неотъемлемым атрибутом инженерной деятельности, представляющей собой завершённый цикл по созданию и совершенствованию технических систем.

Обзор актуальных научных работ показывает, что проблематика основ инженерного мышления рассматривается преимущественно применительно к подросткам и студентам. Фундаментальные идеи для понимания психического развития ребенка заложены в трудах классиков отечественной психологии. Так, Л. С. Выготский обосновал важность игровой деятельности как ведущей для психического развития [3], а А. Н. Леонтьев детализировал структуру деятельности (потребность – мотив – цель – условия – действие), что позволяет рассматривать инженерное занятие как развернутую последовательность осознанных действий, направленных на создание продукта [4]. Д. Б. Эльконин раскрыл механизмы формирования произвольности и внутреннего плана действий [5], а В. В. Давыдов показал возможность формирования теоретического мышления уже в младшем школьном возрасте через решение учебных задач [6]. П. Я. Гальперин создал теоретическую базу для проектирования процесса обучения – от внешних, материальных действий к внутренним, идеальным [7]. Важность наглядного моделирования, лежащего в основе инженерного проектирования, раскрыта в работах Л. А. Венгера [8], а Э. В. Ильенков исследовал диалектическую связь

мышления и творчества [9]. В. Д. Шадриков описал структуру и генезис способностей [10], а Н. С. Лейтес показал, что младший школьный возраст сензитивен для развития общих умственных способностей, что определяет предпосылки для формирования основ инженерного мышления [11]. Таким образом, труды классиков отечественной психологии создают фундаментальную базу для понимания возрастных возможностей младших школьников и механизмов формирования мышления в деятельности. Однако эти теоретические положения требуют конкретизации применительно к условиям технического творчества, что является необходимой предпосылкой для проектирования занятий по робототехнике.

Конкретные инструменты, применимые для формирования основ инженерного мышления, предложены в ряде теорий. Г. С. Альтшуллер разработал теорию решения изобретательских задач (ТРИЗ), которая учит системно анализировать проблемы и находить нестандартные решения [12]. В русле ТРИЗ-педагогики М. М. Зиновкина адаптировала эти методы для системы непрерывного образования [13], а для начальной школы особое значение имеют работы С. И. Гина, представившего систему доступных детям задач и упражнений [14]. А. В. Хуторской в рамках эвристического обучения предложил методы, позволяющие ученикам самостоятельно открывать знания [15], а А. Г. Асмолов обосновывает значимость STEM-подхода для формирования целостной картины мира [16]. Разработки в области ТРИЗ-педагогики и эвристического обучения предоставляют конкретный инструментарий для развития творческого и системного мышления, однако требуют специальной адаптации к условиям инженерно-технической деятельности в начальной школе.

Структурную характеристику интересующего нас процесса представляют модели отечественных исследователей. Л. М. Андрюхина выделяет технологический, регулятивно-целевой и ценностно-смысловой компоненты основ инженерного мышления [17]. З. С. Сазонова акцентирует внимание на проектно-конструкторской функции и способности к системному анализу [18]. Исследования В. И. Моросановой углубляют понимание оценочно-рефлексивного аспекта деятельности [19], А. К. Осницкий изучал становление осознанной саморегуляции у школьников [20], а В. К. Зарецкий показал роль рефлексии в преодолении учебных затруднений, что напрямую связано с инженерной практикой поиска ошибок и оптимизации решений [21]. Анализ структурных моделей позволяет выделить ключевые компоненты основ инженерного мышления: ценностно-смысловой, регулятивно-целевой, технологический и оценочно-рефлексивный. Их формирование у младших школьников требует разработки специальных педагогических средств и методов организации деятельности, интегрированных в процесс занятий по робототехнике.

Исходя из данной структуры, встает вопрос о педагогических средствах. Одним из наиболее эффективных средств в этом контексте выступают занятия по робототехнике. В настоящее время они рассматриваются не как узкотехнический кружок, а как комплексная полифункциональная деятельность. В основе использования робототехники в обучении лежат идеи конструктивизма, развитые С. Пейпертом: согласно его позиции, ребенок не просто усваивает готовые знания, а выстраивает их в ходе создания работающей модели или программы [22]. Ряд зарубежных исследователей подчеркивает роль робототехники в формировании предметных результатов. М. У. Берс и соавт. рассматривают робототехнику как средство развития мыслительных операций и программирования у детей [23], К. Роджерс исследовал, как дети осваивают

принципы механики и программирования [24], а Л. Катехи с коллегами обосновывают необходимость включения инженерных практик в школьное образование [25].

Работы других авторов рассматривают робототехнику как универсальную платформу для конвергенции знаний. В частности, Р. У. Байби видит в ней средство для интеграции естественных наук, технологий, инженерии и математики (STEM), что позволяет формировать у учащихся способность применять междисциплинарные знания [26]. Исследования, посвященные психолого-педагогическим особенностям младшего школьного возраста, подчеркивают важность исследовательских и игровых форм обучения. Современные исследователи, например М. У. Берс с коллегами, рассматривают робототехнические конструкторы как средство пробуждения познавательного интереса и мотивации к техническому творчеству через игру и экспериментирование [27]. Зарубежные исследования подтверждают высокий потенциал робототехники как средства развития инженерного мышления, однако констатируют дефицит целостных, научно обоснованных педагогических технологий, адаптированных для начальной школы.

Для нашего исследования наиболее релевантной является позиция, разработанная в русле проблемно-ориентированного обучения. Именно этот подход, определяющий формат занятий как воспроизводящий полный инженерный цикл для решения задач, позволяет наиболее адекватно смоделировать инженерную деятельность [28].

Анализ современных исследований позволяет выделить инвариантную структуру эффективного занятия. Работы М. У. Берс подтверждают, что такая структура должна воспроизводить этапы инженерной деятельности. Л. Катехи и ее коллеги также указывают на необходимость следования ключевым фазам инженерного цикла, включающим постановку задачи, проектирование, тестирование и рефлекссию. Именно такой формат обладает максимальным потенциалом для формирования основ инженерного мышления у младших школьников. Однако для устойчивой реализации этого потенциала необходима конкретная, методически проработанная педагогическая технология. Как отмечает Ю. К. Бабанский, эффективность образовательного процесса достигается не просто набором средств, а их системной организацией, учитывающей цели, содержание и возрастные особенности учащихся [29].

Таким образом, проведенный анализ показывает, что, несмотря на наличие теоретических разработок в области инженерного мышления и признание потенциала робототехники как средства обучения, существует потребность в создании целостной авторской педагогической технологии, адаптированной именно для младших школьников и позволяющей системно формировать все компоненты инженерного мышления в процессе занятий по робототехнике.

Методологическая база исследования / Methodological base of the research

Характеристика методических аспектов формирования основ инженерного мышления у младших школьников в процессе занятий по робототехнике представляется нам существенной, так как именно технология обеспечивает перевод теоретических положений и возрастных возможностей в практику эффективной педагогической деятельности. Методологическую основу составляют иерархически организованные и взаимодополняющие подходы:

– в качестве общей научной основы, объясняющей нелинейность и самоорганизацию процесса, выступает синергетический подход (С. П. Капица [30], А. В. Коротаев [31]);

- конвергентный подход рассматривается как теоретико-методологическая стратегия интеграции знаний (Т. С. Фещенко [32], Л. А. Шестакова [33]);
- средовой подход (Е. А. Ходырева) является практико-ориентированной тактикой организации образовательной среды [34].

Новизна нашей позиции заключается не в применении каждого из них по отдельности, а в проектировании педагогической технологии, где эти подходы становятся взаимодополняющими уровнями: от философии (синергетика) к стратегии (конвергенция) и тактике (среда).

Результаты исследования / Research results

Разработанная технология является практической реализацией педагогической модели [35]. Она операционализирует ее структурные блоки, прежде всего организационно-процессуальный и содержательный, через систему последовательных и циклических этапов деятельности субъектов образовательного процесса.

Прежде чем перейти к описанию, уточним само понятие «педагогическая технология». В педагогической науке утвердилось понимание технологии как «системы функционирования всех компонентов педагогического процесса, построенной на научной основе, запрограммированной во времени и в пространстве и приводящей к намеченным результатам» (Г. К. Селевко) [36].

Для перевода методологических оснований в плоскость конкретного содержания была разработана таксономия инженерных задач (см. табл. 1) на основе взаимосвязей через категории развивающего образования. Ее ключевая функция – структурирование «что решать» через градацию сложности, реализованную в виде четырех последовательных уровней – от формирования фактологической базы («Программный уровень») до решения задач, требующих поиска новых методов («Интеллектуальный уровень»). Критерием градации служат когнитивное развитие и самостоятельность учащихся. Для младших школьников задачи проектируются преимущественно на адаптационном и предикционном уровнях, что соответствует зоне их ближайшего развития и обеспечивает принцип возрастной адекватности. Таким образом, таксономия задает не только «что решать», но и логику усложнения содержания деятельности.

Представленная таксономия выстроена как лестница усложнения: от простых действий по образцу к решению открытых инженерных задач. Такая логика позволяет последовательно проводить ребенка через разные типы задач – от технических (узнавание) и конструкторских (сборка по условию) к собственно инженерным (оптимизация, поиск лучшего решения). Это обеспечивает естественное формирование всех компонентов инженерного мышления: от первичного интереса и простых навыков до способности планировать, искать варианты и оценивать результат.

Предлагаемая технология, в свою очередь, определяет «как решать» – универсальный процессуальный алгоритм, инвариантный для задач любого уровня сложности. Этот алгоритм реализуется через последовательность восьми взаимосвязанных этапов (см. табл. 2).

Таблица 1

Таксономия инженерных задач

№ п/п	Название уровня	Уровень сложности инженерной задачи	Характеристика уровня решения инженерной задачи	Пример задачи для уровня
4 ↓	Интеллектуальный	Оптимальный	Самостоятельное формулирование гипотез, планирование эксперимента, анализ результатов, выводы. Творческое проектирование «с нуля»	Спроектировать и собрать модель «умной теплицы», которая автоматически регулирует освещение и полив в зависимости от данных датчиков
3 ↑↓	Предикционный (уровень вариативной деятельности)	Высокий	Решение задач с неочевидными условиями, требующими выбора или комбинирования методов, прогнозирования результата, анализа альтернатив	Разработать механизм сортировки шариков по цвету с использованием двух датчиков и конвейера
2 ↑↓	Адаптационный	Средний	Применение известных решений в новых условиях. Анализ задачи, выбор подходящего метода из освоенных, модификация готовых решений под конкретные условия	Создать робота, который движется по прямой, но останавливается перед препятствием (используется датчик расстояния)
1. ↑	Программный	Низкий	Формирование фактологической базы. Действия по образцу, сборке по инструкции, освоение базовых элементов (детали, датчики, простые алгоритмы)	Собрать модель по готовой инструкции, запрограммировать движение вперед на 5 с

Примечание. Уровни таксономии охватывают весь спектр задач: программный и адаптационный уровни соответствуют преимущественно техническим и конструкторским задачам, создавая базу для перехода к инженерным задачам на предикционном и интеллектуальном уровнях.

Таблица 2

**Этапы технологии формирования основ инженерного мышления
у младших школьников в процессе занятий по робототехнике**

№ п/п	Ступень цикла (этапа)	Цель ступени	Деятельность ступени	Формируемые компоненты основ инженерного мышления	наличие рефлексии на каждой ступени цикла
1	Исследую	Сформировать понимание проблемы/задачи, вызвать интерес и собрать базовую информацию	Наблюдение, изучение деталей, запуск демонстрационных программ, обсуждение увиденного, постановка простых вопросов	– Ценностно-смысловой (интерес); – регулятивно-целевой (ориентировка); – технологический (накопление знаний)	
2	Предлагаю идеи	Сгенерировать и критически оценить несколько возможных решений	Коллективное обсуждение, обсуждение плюсов и минусов идей, выбор наиболее реализуемой в данных условиях идеи	– Ценностно-смысловой (выбор значимой идеи); – регулятивно-целевой (планирование); – технологический (оценка реализуемости); – оценочно-рефлексивный (критика идей)	

3	Создаю прототип	Практически воплотить ключевую часть выбранной идеи	Подбор деталей, сборка модели по инструкции/схеме или собственному замыслу, создание простейшей программы для проверки базовой функции	– Технологический (практические навыки); – регулятивно-целевой (организация действий)
4	Реализую	Создать полнофункциональную версию решения	Сборка модели, написание кода (блочное программирование), соединение компонентов, первичный запуск	– Технологический (интеграция); – регулятивно-целевой (исполнение плана)
5	Улучшаю	Выявить недостатки работающего решения через тестирование и внести необходимые коррективы	Тестирование модели в разных условиях, выявление ошибок и недочетов, внесение изменений в конструкцию или программу, повторное тестирование	– Оценочно-рефлексивный (анализ, критика); – технологический (модификация); – регулятивно-целевой (коррекция)
6	Обсуждаю	Получить и дать обратную связь, проанализировать процесс и результат совместно, найти лучшие практики и осмыслить опыт	Групповые обсуждения, презентация своих моделей и решений, ответы на вопросы, совместный поиск лучших решений, рефлексия процесса	– Оценочно-рефлексивный (коллективная рефлексия); – ценностно-смысловой (понимание ценности решения); – технологический (обмен опытом)
7	Применяю	Продемонстрировать и оценить практическую ценность и эффективность готового решения	Демонстрация работы модели в «реальных» условиях, выполнение ею практической функции, оценка ее эффективности и полезности	– Ценностно-смысловой (оценка полезности); – оценочно-рефлексивный (оценка эффективности)
8	Делюсь (вариативно)	Эффективно представить итоги проекта, объяснить свои решения, передать опыт и вдохновить других	Презентация проекта, демонстрация работы, ответы на вопросы, обмен идеями	– Ценностно-смысловой (демонстрация ценности); – оценочно-рефлексивный (финальная рефлексия); – технологический (трансляция опыта)

Технология базируется на следующих ключевых принципах.

1. Цикличность и нелинейность

Логика этапов технологии носит нелинейный, итеративный характер, моделируя реальный процесс инженерной деятельности. Возврат к предыдущим этапам (например, от «Улучшаю» к «Исследую» или «Создаю прототип») при возникновении проблем, неудачном тестировании или получении новой информации является неотъемлемой частью процесса. Такой рекурсивный механизм формирует у обучающихся понимание того, что ошибка является источником развития, а не неудачей.

2. Возрастная адекватность и постепенное усложнение

Реализация технологии дифференцируется в зависимости от возрастных особенностей учащихся:

– для обучающихся 1–2-х классов акцент делается на этапах «Исследую», «Создаю прототип» (преимущественно по инструкции), «Реализую», «Обсуждаю», «Делюсь». Этапы «Предлагаю идеи», «Улучшаю» и «Применяю» реализуются минимально, при активной поддержке педагога с использованием направляющих вопросов. Задачи носят конкретный, игровой характер, конструкции и программы элементарны. Рефлексия осуществляется на уровне простых вопросов;

– для обучающихся 3–4-х классов все этапы реализуются более глубоко и самостоятельно. На этапе «Предлагаю идеи» осуществляется генерация и элементарное обоснование нескольких решений, простое планирование. На этапе «Создаю прототип» преобладает работа по собственному замыслу или модификация моделей. Этап «Улучшаю» включает систематическое выявление недостатков (функциональных, конструктивных, программных), формулировку гипотез, их проверку и сравнение результатов. На этапе «Применяю» происходит осознанный перенос решения в новые условия, оценка его эффективности и полезности. Постановка задач усложняется, включая элементы исследования и межпредметные связи. Рефлексия углубляется;

– этап «Делюсь (вариативно)» направлен на презентацию итогов проекта, объяснение решений, обмен опытом и трансляцию ценности созданного продукта. Он способствует формированию ценностно-смыслового и оценочно-рефлексивного компонентов основ инженерного мышления.

3. Направленность на формирование компонентов основ инженерного мышления

Каждый этап цикла целенаправленно способствует развитию конкретных компонентов основ инженерного мышления: ценностно-смыслового, регулятивно-целевого, технологического и оценочно-рефлексивного.

4. Опора на конвергенцию знаний

Технология предусматривает интеграцию содержания из различных предметных областей (естествознание, технология, математика, информатика) в процессе решения инженерных задач. Это создает условия для формирования у обучающихся целостной научно-технической картины мира и способствует развитию междисциплинарных связей в мышлении.

5. Инструментальная оснащенность

Реализация технологии невозможна без адекватного образовательного инструментария:

– робототехнические конструкторы (LEGO Education WeDo 2.0, SPIKE Essential, Makeblock и др.), отвечающие критериям безопасности, прочности, доступности и функциональности;

– среды визуального программирования (Scratch-based, LEGO Education Software и др.), адаптированные для младших школьников;

– дидактические материалы (карточки-схемы, рабочие тетради, контекстные полигоны), обеспечивающие поддержку деятельности на всех этапах.

Учет указанных принципов обеспечивает эффективность технологии, однако ее реализация требует внимания к следующим аспектам: дифференциация заданий в зависимости от индивидуальных возможностей обучающихся, гибкое управление временем, предотвращение «ухода в конструирование» без решения инженерной задачи, а также баланс между самостоятельностью учащихся и педагогической поддержкой.

Таким образом, методологическая база исследования, интегрирующая синергетический, конвергентный и средовой подходы, реализуется через систему принци-

пов, обеспечивающих целостность и практическую реализуемость технологии. Синергетический подход задает нелинейную, итеративную логику процесса; конвергентная основа способствует междисциплинарной интеграции знаний; средовой подход обеспечивает организацию образовательного пространства, адекватного возрастным и деятельностным потребностям обучающихся. Предложенная таксономия задач и цикличность этапов создают содержательно-процессуальный каркас, позволяющий последовательно формировать компоненты основ инженерного мышления у младших школьников в условиях занятий робототехникой.

Далее представлены результаты пилотного исследования, целью которого стала оценка реализуемости технологии и ее влияния на формирование основ инженерного мышления у младших школьников в процессе занятий по робототехнике. 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, $n = 32$). Группы были сформированы методом случайной выборки с учетом исходного уровня заинтересованности в техническом творчестве.

В течение двух месяцев с участниками ЭГ была реализована серия из восьми занятий, построенных строго по предложенной технологической карте (см. табл. 2). Содержательное наполнение каждого занятия определялось логикой технологического цикла и таксономией задач (см. табл. 1). На первых двух занятиях учащиеся осваивали программный уровень сложности, работая преимущественно на этапах «Исследую» и «Реализую»: они знакомились с базовыми конструкциями и алгоритмами, собирая модели по готовым инструкциям. Третье и четвертое занятия были посвящены адаптационному уровню: здесь акцент сместился на этапы «Предлагаю идеи» и «Улучшаю», где дети модифицировали известные решения под новые условия (например, изменяли программу для движения по сложной траектории). На пятом-шестом занятиях, соответствующих предикционному уровню, учащиеся проходили полный цикл из восьми этапов, включая самостоятельное тестирование и коллективное обсуждение результатов при решении задач с вариативными методами (например, сортировка объектов с выбором оптимального алгоритма). Заключительные два занятия были интегрирующими: на интеллектуальном уровне школьники, работая над открытыми проектами («умная теплица»), самостоятельно проходили все этапы цикла, демонстрируя способность к целеполаганию, вариативному поиску и рефлексии.

В КГ занятия проводились по традиционной репродуктивной модели (ознакомление с деталями, сборка моделей по инструкции, освоение базовых алгоритмов).

Для оценки эффективности использовался комплекс методов:

- метод экспертной оценки: два независимых специалиста (педагог дополнительного образования и педагог-психолог) проводили оценку до и после цикла занятий по трем ключевым показателям, соотнесенным с компонентами основ инженерного мышления, по 5-балльной шкале: способность к целеполаганию и планированию (регулятивно-целевой компонент); вариативность технических решений (технологический компонент); способность к аргументации и рефлексии (оценочно-рефлексивный компонент);

- включенное педагогическое наблюдение с фиксацией поведенческих индикаторов (таксономия инженерных задач, характер взаимодействия с конструктором, реакции на ошибки);

– анализ продуктов деятельности (сложность и оригинальность созданных моделей, логика программных решений).

Сравнение средних баллов в ЭГ до и после проведения занятий выявило выраженную положительную динамику по всем оцениваемым параметрам. Для проверки статистической значимости различий использовался Т-критерий Вилкоксона для связанных выборок [37]. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

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

№ n/n	Оцениваемый параметр	Средний балл (до)	Средний балл (после)	Уровень значимости (p)
1	Целеполагание и планирование (регулятивно-целевой)	2,6	4,1	p < 0,01
2	Вариативность технических решений (технологический)	2,7	4,3	p < 0,01
3	Аргументация и рефлексия (оценочно-рефлексивный)	2,4	4,0	p < 0,01

Как видно из табл. 3, по всем трем оцениваемым параметрам зафиксирован статистически значимый прогресс (p < 0,01). Наибольший прирост среднего балла отмечен в развитии вариативности технических решений (с 2,7 до 4,3), что свидетельствует о существенном влиянии технологии на способность генерировать и анализировать альтернативы. Также выраженный рост наблюдается в целеполагании и планировании (с 2,6 до 4,1) и аргументации с рефлексией (с 2,4 до 4,0). Это подтверждает, что технология оказывает системное воздействие на все структурные компоненты основ инженерного мышления.

Полученные количественные данные находят прямое отражение в материалах педагогического наблюдения. Так, качественный скачок в рефлексии проявился в изменении характера детских высказываний при столкновении с проблемой: если на констатирующем этапе преобладали реакции типа «не работает» или «сломалось», то после формирующего эксперимента у 85% учащихся экспериментальной группы фиксировались попытки анализа причин: «робот не поворачивает, потому что программный код написан неверно»; «датчик расстояния срабатывает слишком поздно, поэтому модель сбивает объект, а не доезжает до него». Это свидетельствует о переходе от фиксации неудачи к поиску функциональных взаимосвязей.

Анализ данных наблюдения и продуктов деятельности позволил зафиксировать качественные изменения в деятельности учащихся ЭГ:

– характер познавательной активности: смещение фокуса с вопроса «Как собрать?» к вопросам «Что должна делать моя модель?» и «Почему она работает не так?». Участники ЭГ чаще проявляли инициативу в тестировании, внесении изменений и поиске нестандартных решений;

– освоение инженерного цикла: учащиеся стали отмечать необходимость этапов «Улучшаю» и «Обсуждаю», переставая рассматривать первую рабочую версию как конечный продукт. Возросла осознанность в аргументации своих решений на этапе презентации;

– работа с ошибкой: ошибка в конструкции или программе стала чаще восприниматься не как неудача, а как источник для анализа и новой итерации («вернёмся к этапу “Предлагаю идеи”»).

Таким образом, результаты демонстрируют, что эффект от внедрения технологии заключается не в простой прибавке технологических навыков, а в качественной трансформации познавательной позиции ребенка: от исполнителя инструкции к автору-исследователю, способному ставить цели, генерировать вариативные решения и рефлексировать процесс их достижения.

Заключение / Conclusion

Проведенное исследование позволило разрешить методическое противоречие между декларируемой целью формирования основ инженерного мышления и доминирующей репродуктивной практикой на занятиях робототехникой с младшими школьниками. В результате была разработана и эмпирически проверена целостная педагогическая технология, включающая в себя:

- содержательный уровень (что формировать): таксономию инженерных задач, ранжированных по когнитивной сложности и задающих траекторию восхождения от действий по образцу к решению открытых проблем;
- процессуальный уровень (как формировать): цикл из восьми взаимосвязанных и итеративных этапов, воспроизводящий логику реальной инженерной деятельности и обеспечивающий включение ребенка в позицию автора-исследователя.

Эффективность технологии обеспечивается ее методологической обоснованностью (синтез синергетического, конвергентного и средового подходов) и архитектурой, основанной на цикличности, возрастной адекватности и инструментальной оснащенности. Это позволяет моделировать в учебных условиях нелинейный, проблемно насыщенный процесс, где ошибка становится источником развития, а не неудачей.

Эмпирическая проверка в ходе пилотного эксперимента доказала действенность предложенного инструмента. Статистически значимый прогресс в экспериментальной группе по ключевым показателям при отсутствии динамики в контрольной группе свидетельствует не только о реализуемости технологии, но и о ее целенаправленном влиянии на структурные компоненты основ инженерного мышления. Качественные данные (сдвиг познавательной активности, изменение отношения к ошибке, освоение логики инженерного цикла) дополняют и обогащают количественные результаты.

Теоретическая значимость исследования заключается в конкретизации и операционализации понятия «основы инженерного мышления» применительно к младшему школьному возрасту, а также в педагогической интерпретации методологических подходов в виде доступной для практического применения модели.

Практический выход работы представляет собой методический конструктор для педагогов дополнительного и общего образования, включающий:

- четкий процессуальный алгоритм (8-этапный цикл);
- систему принципов организации деятельности;
- инструмент для проектирования содержания (таксономию задач);
- рекомендации по дифференциации и управлению рисками.

Это позволяет целенаправленно трансформировать образовательный процесс, выводя его за рамки операционального навыка в сферу развития мышления и метапредметных умений и навыков.

Ограничения и перспективы исследования связаны с пилотным характером выборки и краткосрочностью формирующего эксперимента. В дальнейшем предполагается:

- проведение апробации технологии в разных образовательных организациях;

- адаптация структурных элементов технологии (таксономии задач, этапов цикла) для других возрастных групп и образовательных контекстов;
- разработка на основе технологии учебно-методического комплекса (рабочих программ, дидактических материалов, диагностического инструментария) для широкого внедрения в систему дополнительного и общего образования.

В результате предложенный подход обеспечивает конкретный педагогический инструментарий для реализации стратегических задач в области подготовки инженерно-технических кадров, начиная с младшего школьного возраста, что соответствует приоритетам научно-технологического развития.

Ссылки на источники / References

1. PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education. – Paris: OECD, 2023. – 488 p. DOI: 10.1787/53f23881-en.
2. Приказ Минтруда России от 10.05.2017 № 418н «Об утверждении профессионального стандарта “Инженер-технолог по производству изделий авиационной техники из полимерных композиционных материалов”» (зарегистрировано в Минюсте России 31.05.2017 № 46896) // Официальный интернет-портал правовой информации. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_217709/
3. Выготский Л. С. Мышление и речь. – М.: Лабиринт, 1999. – 352 с.
4. Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность. – 2-е изд., стер. – М.: Смысл; Академия, 2005. – 352 с.
5. Эльконин Д. Б. Избранные психологические труды. – М.: Просвещение, 2006. – 479 с.
6. Давыдов В. В. Теория развивающего обучения. – М.: Изд. дом «Академия», 2008. – 366 с.
7. Гальперин П. Я. Лекции по психологии: учеб. пособие для студ. вузов. – 4-е изд. – М.: КДУ, 2011. – 400 с. DOI: 10.17312/978-5-98227-985-9.
8. Венгер Л. А. Восприятие и обучение: дошкольный возраст. – М.: Просвещение, 1969. – 365 с.
9. Ильенков Э. В. Диалектическая логика: очерки истории и теории. – 2-е изд., доп. – М.: Политиздат, 1984. – 320 с.
10. Шадриков В. Д. Психология деятельности и способностей человека: учеб. пособие. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Логос, 2013. – 320 с.
11. Лейтес Н. С. Возрастная одаренность и индивидуальные различия: избранные труды. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: МПСИ; Воронеж: МОДЭК, 2008. – 448 с.
12. Альтшуллер Г. С. Найти идею. Введение в теорию решения изобретательских задач. – Новосибирск: Наука, 1991. – 225 с.
13. Зиновкина М. М. Инженерное мышление: теория и инновационные педагогические технологии: монография. – М.: МГИУ, 2009. – 464 с.
14. Гин С. И. Мир человека: программа и методические рекомендации по внеурочной деятельности в начальной школе: пособие для учителя. – 5-е изд. – М.: ВИТА-ПРЕСС, 2021. – 144 с.
15. Хуторской А. В. Методика продуктивного обучения: эвристический подход // Школьные технологии. – 2018. – № 1. – С. 3–12.
16. Асмолов А. Г. Оптика просвещения: социокультурные перспективы. – М.: Просвещение, 2012. – 447 с.
17. Андрюхина Л. М. Структура и содержание инженерного мышления в контексте современного образования // Образование и наука. – 2018. – Т. 20, № 2. – С. 32–55. DOI: 10.17853/1994-5639-2018-2-32-55.
18. Сазонова З. С. Инженерное мышление: откуда и куда? // Высшее образование в России. – 2017. – № 3 (210). – С. 58–64. – URL: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1057>
19. Моросанова В. И. Саморегуляция и индивидуальность человека. – М.: Институт психологии РАН, 2012. – 518 с.
20. Осницкий А. К. Психология самостоятельности: методы исследования и диагностики. – М.: Нальчик: Эль-Фа, 2004. – 240 с.
21. Зарецкий В. К. Становление и сущность рефлексивно-деятельностного подхода в психологии и педагогике // Консультативная психология и психотерапия. – 2012. – Т. 20, № 2. – С. 8–31. – URL: https://psyjournals.ru/journals/cpp/archive/2012_n2/53222
22. Papert S. Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas. – New York: Basic Books, 1980. – 230 p.
23. Bers M. U., Flannery L., Kazakoff E. R., Sullivan A. Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum // Computers & Education. – 2023. – Vol. 194. – Article 104699. DOI: 10.1016/j.compedu.2022.104699.

24. Rogers C., Portsmore M. Bringing engineering to elementary school // Journal of STEM Education. – 2004. – Vol. 5, No. 3–4. – P. 17–28.
 25. Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects / eds. L. Katehi, G. Pearson, M. Feder. – Washington, DC: National Academies Press, 2009. – 235 p. DOI: 10.17226/12635.
 26. Bybee R. W. The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities. – Arlington, VA: NSTA Press, 2013. – 130 p. DOI: 10.2505/9781936959259.
 27. Bers M. U. Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom. – 2nd ed. – New York: Routledge, 2021. – 184 p. DOI: 10.4324/9781003022602.
 28. Новиков А. М. Основания педагогики. – М.: Эгвес, 2024. – 208 с. DOI: 10.53673/9785950040463.
 29. Бабанский Ю. К. Избранные педагогические труды / сост. М. Ю. Бабанский. – М.: Педагогика, 1989. – 560 с.
 30. Капица С. П. Синергетика и прогнозы будущего. – М.: Наука, 1997. – 285 с.
 31. Коротаев А. В. Законы истории: математическое моделирование развития мир-системы. Демография, экономика, культура. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: УРСС, 2007. – 344 с. DOI: 10.7868/S0044748X17030088.
 32. Фещенко Т. С. Конвергенция знаний как фактор развития современного образования // Высшее образование в России. – 2016. – № 12 (204). – С. 73–81.
 33. Шестакова Л. А. Конвергентная образовательная среда как условие формирования метапредметных результатов обучающихся // Инновации в образовании. – 2017. – № 10. – С. 85–97.
 34. Ходырева Е. А. Становление индивидуальности школьника в поликультурной образовательной среде: дис. ... д-ра пед. наук. – Киров, 2006. – 456 с.
 35. Суслонova И. В. Модель процесса формирования основ инженерного мышления у младших школьников в процессе занятий по робототехнике // Научный журнал «Вестник Шадринского государственного педагогического университета». – 2025. – № 4 (68). – URL: <https://vestnikshspu.ru/journal/article/view/1322>
 36. Селевко Г. К. Энциклопедия образовательных технологий: в 2 т. Т. 1. – М.: НИИ школьных технологий, 2006. – 816 с.
 37. Сидоренко Е. В. Методы математической обработки в психологии. – СПб.: Речь, 2003. – 350 с.
-
1. (2023). *PISA 2022 Results (Volume I): The State of Learning and Equity in Education*, OECD, Paris, 488 p. DOI: 10.1787/53f23881-en (in Russian).
 2. "Prikaz Mintruda Rossii ot 10.05.2017 № 418n "Ob utverzhdenii professional'nogo standarta "Inzhener-tekhnolog po proizvodstvu izdelij aviacionnoj tekhniki iz polimernyh kompozicionnykh materialov" (zaregistrirovano v Minyuste Rossii 31.05.2017 № 46896)" [Order of the Ministry of Labor of Russia dated May 10, 2017 No. 418n "On approval of the professional standard "Engineer-technologist for the production of aviation products from polymer composite materials"" (registered with the Ministry of Justice of Russia on May 31, 2017 No. 46896)], *Oficial'nyj internet-portal pravovoj informacii*. Available at: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_217709/ (in Russian).
 3. Vygotskij, L. S. (1999). *Myshlenie i rech'* [Thinking and speech], Labirint, Moscow, 352 p. (in Russian).
 4. Leont'ev, A. N. (2005). *Deyatel'nost'. Soznanie. Lichnost'* [Activity. Consciousness. Personality], 2-e izd., ster, Smysl, Akademiya, Moscow, 352 p. (in Russian)
 5. El'konin, D. B. (2006). *Izbrannye psichologicheskie trudy* [Selected psychological works], Prosveshchenie, Moscow, 479 p. (in Russian).
 6. Davydov, V. V. (2008). *Teoriya razvivayushchego obucheniya* [Developmental learning theory], Izd. dom "Akademiya", Moscow, 366 p. (in Russian).
 7. Gal'perin, P. Ya. (2011). *Lekcii po psichologii* [Lectures on Psychology]: ucheb. posobie dlya stud. vuzov, 4-e izd, KDU, Moscow, 400 p. DOI: 10.17312/978-5-98227-985-9 (in Russian).
 8. Venger, L. A. (1969). *Vospriyatie i obuchenie: doshkol'nyj vozrast* [Perception and learning: preschool age], Prosveshchenie, Moscow, 365 p. (in Russian).
 9. Il'enkov, E. V. (1984). *Dialekticheskaya logika: ocherki istorii i teorii* [Dialectical Logic: Essays on History and Theory], 2-e izd., dop, Politizdat, Moscow, 320 p. (in Russian).
 10. Shadrikov, V. D. (2013). *Psichologiya deyatel'nosti i sposobnostej cheloveka* [Psychology of human activity and abilities]: ucheb. posobie, 4-e izd., pererab. i dop, Logos, Moscow, 320 p. (in Russian).
 11. Lejtes, N. S. (2008). *Vozrastnaya odarennost' i individual'nye razlichiya: izbrannye trudy* [Age-related giftedness and individual differences: selected works], 3-e izd., ispr. i dop, MPSI, Moscow; MODEK, Voronezh, 448 p. (in Russian).
 12. Al'tshuller, G. S. (1991). *Najti ideyu. Vvedenie v teoriyu resheniya izobretatel'skih zadach* [Finding an Idea: An Introduction to Inventive Problem Solving Theory], Nauka, Novosibirsk, 225 p. (in Russian).
 13. Zinovkina, M. M. (2009). *Inzhenernoe myshlenie: teoriya i innovacionnye pedagogicheskie tekhnologii* [Engineering Thinking: Theory and Innovative Pedagogical Technologies]: monografiya, MGIIU, Moscow, 464 p. (in Russian).

14. Gin, S. I. (2021). *Mir cheloveka: programma i metodicheskie rekomendacii po vneurochnoj deyatel'nosti v nachal'noj shkole* [The Human World: A Program and Guidelines for Extracurricular Activities in Primary School]: posobie dlya uchitelya, 5-e izd, VITA-PRESS, Moscow, 144 p. (in Russian).
15. Hutorskoj, A. V. (2018). "Metodika produktivnogo obucheniya: evristicheskij podhod" [Productive learning methodology: a heuristic approach], *Shkol'nye tekhnologii*, № 1, pp. 3–12 (in Russian).
16. Asmolov, A. G. (2012). *Optika prosveshcheniya: sociokul'turnye perspektivy* [Optics of Enlightenment: Sociocultural Perspectives], Prosveshchenie, Moscow, 447 p. (in Russian)
17. Andryuhina, L. M. (2018). "Struktura i sodержanie inzhenernogo myshleniya v kontekste sovremennogo obrazovaniya" [The structure and content of engineering thinking in the context of modern education], *Obrazovanie i nauka*, t. 20, № 2, pp. 32–55. DOI: 10.17853/1994-5639-2018-2-32-55 (in Russian).
18. Sazonova, Z. S. (2017). "Inzhenernoe myshlenie: otкуда i kuda?" [Engineering thinking: where from and where to?], *Vysshee obrazovanie v Rossii*, № 3 (210), pp. 58–64. Available at: <https://vovr.elpub.ru/jour/article/view/1057> (in Russian).
19. Morosanova, V. I. (2012). *Samoregulyaciya i individual'nost' cheloveka* [Self-regulation and human individuality], Institut psihologii RAN, Moscow, 518 p. (in Russian).
20. Osnickij, A. K. (2004). *Psihologiya samostoyatel'nosti: metody issledovaniya i diagnostiki* [Psychology of independence: research and diagnostic methods], El'-Fa, Nal'chik, Moscow, 240 p. (in Russian).
21. Zareckij, V. K. (2012). "Stanovlenie i sushchnost' refleksivno-deyatelnostnogo podhoda v psihologii i pedagogike" [The formation and essence of the reflexive-activity approach in psychology and pedagogy], *Konsul'tativnaya psihologiya i psihoterapiya*, t. 20, № 2, pp. 8–31. Available at: https://psyjournals.ru/journals/cpp/archive/2012_n2/53222 (in Russian).
22. Papert, S. (1980). *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*, Basic Books, New York, 230 p. (in English).
23. Bers, M. U., Flannery, L., Kazakoff, E. R., & Sullivan, A. (2023). "Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum", *Computers & Education*, vol. 194, Article 104699. DOI: 10.1016/j.compedu.2022.104699 (in English).
24. Rogers, C., & Portsmore, M. (2004). "Bringing engineering to elementary school", *Journal of STEM Education*, vol. 5, no. 3–4, pp. 17–28 (in English).
25. Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (eds.) (2009). *Engineering in K-12 Education: Understanding the Status and Improving the Prospects*, National Academies Press, Washington, DC, 235 p. DOI: 10.17226/12635 (in English).
26. Bybee, R. W. (2013). *The Case for STEM Education: Challenges and Opportunities*, NSTA Press, Arlington, VA, 130 p. DOI: 10.2505/9781936959259 (in English).
27. Bers, M. U. (2021). *Coding as a Playground: Programming and Computational Thinking in the Early Childhood Classroom*, 2nd ed, Routledge, New York, 184 p. DOI: 10.4324/9781003022602 (in English).
28. Novikov, A. M. (2024). *Osnovaniya pedagogiki* [Foundations of Pedagogy], Egves, Moscow, 208 p. DOI: 10.53673/9785950040463 (in Russian).
29. Babanskij, Yu. K. (1989). *Izbrannye pedagogicheskie trudy* [Selected pedagogical works], Pedagogika, Moscow, 560 p. (in Russian).
30. Kapica, S. P. (1997). *Sinergetika i prognozy budushchego* [Synergetics and future forecasts], Nauka, Moscow, 285 p. (in Russian).
31. Korotaev, A. V. (2007). *Zakony istorii: matematicheskoe modelirovanie razvitiya mir-sistemy. Demografiya, ekonomika, kul'tura* [Laws of History: Mathematical Modeling of World-System Development. Demography, Economics, Culture], 2-e izd., pererab. i dop, URSS, Moscow, 344 p. DOI: 10.7868/S0044748X17030088 (in Russian).
32. Feshchenko, T. S. (2016). "Konvergenciya znanij kak faktor razvitiya sovremennogo obrazovaniya" [Convergence of knowledge as a factor in the development of modern education], *Vysshee obrazovanie v Rossii*, № 12 (204), pp. 73–81 (in Russian).
33. Shestakova, L. A. (2017). "Konvergentnaya obrazovatel'naya sreda kak uslovie formirovaniya metapredmetnyh rezul'tatov obuchayushchihsiya" [Convergent educational environment as a condition for the formation of meta-subject results of students], *Innovacii v obrazovanii*, № 10, pp. 85–97 (in Russian).
34. Hodyreva, E. A. (2006). *Stanovlenie individual'nosti shkol'nika v polikul'turnoj obrazovatel'noj srede* [Development of student individuality in a multicultural educational environment]: dis. ... d-ra ped. nauk, Kirov, 456 p. (in Russian).
35. Suslonova, I. V. (2025). "Model' processa formirovaniya osnov inzhenernogo myshleniya u mladshih shkol'nikov v processe zanyatij po robototekhnike" [A model for the process of developing the fundamentals of engineering thinking in primary school students in robotics classes], *Nauchnyj zhurnal "Vestnik Shadrinskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta"*, № 4 (68). Available at: <https://vestnikshpu.ru/journal/article/view/1322> (in Russian).
36. Selevko, G. K. (2006). *Enciklopediya obrazovatel'nyh tekhnologij* [Encyclopedia of Educational Technologies]: v 2 t. T. 1, NII shkol'nyh tekhnologij, Moscow, 816 p. (in Russian).
37. Sidorenko, E. V. (2003). *Metody matematicheskoy obrabotki v psihologii* [Methods of mathematical processing in psychology], Rech', St. Petersburg, 350 p. (in Russian).