УДК 372.862

ИССЛЕДОВАНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ ДЕТСКИХ ИНЖЕНЕРНЫХ ПРОЕКТОВ: РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ АНАЛИЗ

Кочурина Т.С.

кандидат педагогических наук, доцент департамента педагогики

институт педагогики и психологии образования

ГАОУ ВО «Московский городской педагогический университет»

г. Москва

KochurinaTS@mgpu.ru

Аннотация. *В статье осуществлено теоретическое переосмысление и конкретно-научное методологическое упорядочивание представлений об устойчивости детских инженерных проектов. Опираясь на ретроспективный анализ от авиамодельных конструкций 1920–1950-х гг. до программируемых устройств LOGO, робототехнических платформ и гибридных цифрово-материальных решений автор выявляет, как трансформировались формы проявления устойчивости, следуя за усложняющейся природой детского инженерного опыта. Введено авторское определение устойчивости детского инженерного проекта как интегративного свойства проектного результата инженерной направленности, операционализированного через систему пяти критериев, задающих основание для научно обоснованной диагностики структурной, функциональной, смысловой, репродуктивно-процессуальной и адаптивной устойчивости детских инженерных решений. Обосновано, что применение данных критериев позволяет выявить скрытую архитектонику детских инженерных проектов различных исторических периодов, реконструировать их устойчивость как динамическую характеристику и тем*

самым преодолеть методологическую разрозненность существующих исследований. Обосновано, что предложенный понятийный аппарат задаёт основу для разработки диагностических инструментов, совершенствования программ ранней инженерной подготовки и проектирования педагогического сопровождения в условиях современной материально-цифровой образовательной среды. Работа вносит значимый вклад в теоретическое обоснование и конкретно-научное методологическое обеспечение педагогики детской инженерно-проектной деятельности.

Ключевые слова: *детская инженерная деятельность, детский инженерный проект, устойчивость детского инженерного проекта, STEM-образование, проектная деятельность дошкольников и младших школьников, инженерное мышление детей.*

RESEARCH ON THE STABILITY OF CHILDREN'S ENGINEERING PROJECTS: A RETROSPECTIVE ANALYSIS

Kochurina T.S.

Candidate of Pedagogical Sciences Associate Professor of the Department of Pedagogy

Institute of Pedagogy and Psychology of Education

Moscow City University,

Moscow

KochurinaTS@mgpu.ru

Abstract. *The article provides a theoretical reinterpretation and a field-specific methodological systematization of the concept of stability in children's engineering projects. Drawing on a retrospective analysis that spans from aircraft model designs of the 1920s–1950s to LOGO programmable devices, robotic platforms and hybrid digital-material solutions, the author reveals how forms of stability have transformed in line with the increasing complexity of children's engineering experience. The paper introduces an original definition of the stability of a children's engineering project as an integrative property of an engineering-oriented project outcome, operationalised*

through a system of five criteria that provide a basis for scientifically grounded diagnostics of the structure, functionality, semantic integrity, reproducibility and adaptive potential of children's engineering solutions. It is argued that applying these criteria makes it possible to identify the hidden architectonics of children's engineering projects from different historical periods, reconstruct their stability as a dynamic characteristic and thereby overcome the methodological fragmentation of existing research. It is further argued that the proposed conceptual framework forms a foundation for the development of diagnostic tools, the improvement of early engineering education programmes and the design of pedagogical support within contemporary material-digital educational environments. The study makes a significant contribution to the formation of the theoretical and methodological basis of the pedagogy of children's engineering and design activities.

Keywords: *children's engineering activity; children's engineering project; stability of children's engineering project; STEM education; project activity of preschool and primary school children; children's engineering thinking.*

Введение. Ранняя инженерная подготовка детей выступает сегодня стратегическим приоритетом образовательных систем разных стран мира, о чём свидетельствуют британская программа Design & Technology, ориентированная на формирование у младших школьников инженерного замысла и технологической грамотности; финская образовательная модель Phenomenon-Based Learning, предусматривающая обязательное включение инженерно-проектных практик в междисциплинарные модули обучения детей младшего школьного возраста; сингапурская программа STEM Applied Learning Programme, направленная на раннее формирование инженерно-аналитических компетенций младших школьников; южнокорейская инициатива STEAM Korea, системно поддерживающая инженерное творчество в условиях школьных технологических лабораторий, доступных, в том числе, детям младшего возраста; немецкая национальная образовательная инициатива Little Scientists Foundation (Stiftung Kinder forschen, ранее Stiftung «Haus der kleinen Forscher»),

нацеленная на развитие STEM-компетенций детей с дошкольного возраста и формирование устойчивого отношения к инженерно-технологическому познанию.

В отечественной системе образования институционализация ранней инженерной подготовки проявляется в масштабируемой системе детских технопарков «Кванториум», полифункциональных центров «IT-куб» и расширяющемся континууме программ дополнительного образования научно-технической направленности, которые, выступая элементами единой технообразовательной инфраструктуры, обеспечивают дошкольникам и младшим школьникам доступ к инженерно-цифровой аккультурации.

Обозначенные решения не являются следствием спонтанной, стихийной практики. Данный стратегический вектор закреплен в нормативно-правовом поле, представленном Федеральным проектом «Успех каждого ребёнка» (национальный проект «Образование»), Федеральным проектом «Цифровая образовательная среда», Стратегией научно-технологического развития Российской Федерации, положениями Государственной программы «Развитие образования». Эти документы прямо эксплицируют необходимость формирования у детей ранних предпосылок инженерного, технологического и проектного мышления, а также устанавливают императив создания современной высокотехнологичной образовательной среды, обеспечивающей доступ к моделированию, прототипированию, традиционному и цифровому конструированию и инженерно-проектным практикам.

Однако, несмотря на четкий, нормативно заданный вектор инженерно-ориентированной подготовки детей, научная рефлексия данного направления демонстрирует заметную неоднородность: интенсивность внедрения инженерно-ориентированных образовательных практик существенно опережает степень их теоретико-методологической проработанности. Это обостряет необходимость анализа разработанности исследуемой проблемы в трудах отечественных и зарубежных ученых, вскрывающих методологические лакуны, концептуальные ограничения, реальные проблемы практической деятельности

педагогов, включенных в процесс ранней инженерной подготовки дошкольников и младших школьников.

Ряд современных исследований позволяет заключить, что устойчивость детских инженерных проектов тесно связана с качеством формирования конструкторских умений детей. Ранее на основе анализа научной литературы мы отмечали, что «конструкторские умения дошкольников – это освоенные способы выполнения конструктивных, технико-технологических, творческих, художественных и эстетических действий, направленных на создание детьми дошкольного возраста моделей реальных или воображаемых объектов» (Кочурина, 2023, с. 25) и именно эти умения обеспечивают «внутреннюю прочность и относительную устойчивость» проектного результата ребёнка.

Из этого следует, что устойчивость инженерного решения в детском возрасте не сводится лишь к технической корректности модели реального или воображаемого объекта. Она опирается на способность ребёнка удерживать конструкторский замысел, соблюдать логику и последовательность реализации технических действий.

Схожей точкой зрения обладают и другие современные исследователи. Т.В. Волосовец, В.А. Маркова и С.А. Аверин подчёркивают, что содержательная устойчивость детского инженерного проекта формируется тогда, когда ребёнок последовательно переходит от первоначального замысла к структурно выстроенной и функционально оправданной модели, опираясь на действия анализа, моделирования и преобразования конструктивных решений (Волосовец, Маркова, Аверин, 2019). Иной аспект затрагивают Г.В. Глушкова и О.А. Поваляев подчеркивая, что устойчивость инженерных конструкций и цифровых прототипов определяется не только уровнем сформированности конструкторских умений детей, но и характеристиками используемой цифровой среды и возможностями её инструментов (Поваляев и др., 2020).

Изучение проблемы устойчивости детских инженерных проектов отражается и в результатах исследований ученых, рассматривающих инженерную деятельность детей в контексте проектирования, моделирования и

работы с технологическими средами. Так, З. Б. Рязанова подчёркивает, что устойчивость результата детской технической деятельности проявляется тогда, когда ребёнок способен удерживать предметный, технический и алгоритмический уровни работы с моделью, обеспечивая её завершённость, воспроизводимость и возможность трансформации (Рязанова и др., 2020). Фактически автор говорит о внутренней согласованности проектных действий ребёнка, приводящих к отсутствию разрывов между замыслом, исполнением и итоговым техническим решением.

В зарубежных исследованиях также подчёркивается мысль о том, что устойчивость в детской инженерной проектной деятельности не фиксированное свойство, а её динамическая характеристика. В этом русле показательно исследование Z.S. Gold, J. Elicker и B.A. Beaulieu, рассматривающих инженерную деятельность дошкольников в формате конструирования из блоков как повторяющийся цикл проб, оценки и перестройки решения. Авторы подчёркивают, что ребёнок, выявляя неустойчивость собственной конструкции, способен целенаправленно её изменять: «дети могут построить замок, решить, что замок разбалансирован и может упасть, а затем сложить блоки вокруг основания замка, чтобы повысить устойчивость» (Gold, Elicker, & Beaulieu, 2020, p. 26). Тем самым устойчивость детской инженерной конструкции фактически трактуется как динамический результат последовательных циклов усложнения и корректировки проектного решения в ответ на меняющиеся условия.

Ключевое методологическое значение для осмысления феномена устойчивости приобретает позиция О.В. Катуржевской, рассматривающей устойчивое развитие сложной педагогической системы как процесс, обеспечивающий её целостность и функциональную определённость в условиях внутренних и внешних изменений (Катуржевская, 2022). В нашем исследовании позиция ученого используется не для прямого переноса дефиниции устойчивого развития, а как методологический ориентир, позволяющий интерпретировать устойчивость детского инженерного проекта как динамическое, а не статическое свойство.

Цель исследования состоит в теоретическом обосновании и введении в научный оборот понятия «устойчивость детского инженерного проекта», разработке критериев оценки устойчивости проектного результата и ретроспективном анализе детских инженерных проектов дошкольников и младших школьников XX–XXI вв. с позиций выделенных критериев.

Комплексный анализ научной литературы позволяет заключить, что в современной педагогической науке устойчивость детских инженерных проектов рассматривается как свойство отдельных моделей реальных или воображаемых объектов и как динамическая характеристика инженерно-проектной деятельности ребёнка.

Несмотря на расширяющееся количество исследований в области организации, реализации, сущности детской инженерно-проектной деятельности, в анализируемых отечественных и зарубежных исследованиях не обнаружено общепринятого употребления понятия «устойчивость детского инженерного проекта». В имеющихся работах встречаются разрозненные методологические ракурсы осмысления устойчивости в контексте детской инженерно-проектной деятельности. Рассмотрим их.

Конструктивно-функциональная устойчивость детского инженерного решения. Данный ракурс убедительно опирается на образовательную программу *«Engineering is Elementary»* авторов C.M. Cunningham, C.P. Lachapelle (Cunningham & Lachapelle, 2014), предусматривающей систематический анализ работоспособности детских инженерных моделей реальных или воображаемых объектов в условиях полевых испытаний, направленных на решение регулярно изменяющихся конструктивно-технических, технико-технологических и конструкторских задач. Конструктивно-функциональная устойчивость инженерных решений также представлена в работах T. Reuter и M. Leuchter (Reuter & Leuchter, 2022), где представлены результаты развития представлений детей дошкольного возраста о механической устойчивости и работоспособности моделей в серии проб и оптимизаций.

Циклическая устойчивость детского инженерного проекта. Циклическая устойчивость детского инженерного проекта определяется тем, что ребёнок способен многократно возвращаться к ранее созданной модели реального или воображаемого объекта, уточнять её параметры, корректировать конструкторские решения, тем самым приводя проект к конструктивно и логически завершённому виду. Ученый J.L. Kolodner трактует инженерно-проектную деятельность как повторяющуюся последовательность фаз: от первичного замысла к анализу результатов испытаний и дальнейшему проектному перераспределению решений (Kolodner, 2002).

В отечественной педагогике данный методологический ракурс находит отражение в трудах Т.В. Волосовец, В.А. Марковой и С.А. Аверина, которые рассматривают «доконструирование» и «переконструирование» как обязательные конструкторские задачи, обеспечивающие движение от первоначальной идеи инженерного проекта к её функционально выстроенному исполнению (Волосовец, Маркова, Аверин, 2019). Схожую мысль выдвигают О.А. Поваляев и Г.В. Глушкова, подчеркивающие важность повторных конструкторских проб и операционального возвращения к предыдущим этапам при работе с технологическими средами, где проект развивается через серию уточняющих действий (Поваляев и др., 2020).

Устойчивость инженерно-проектного действия ребёнка при возникновении ошибки. Рассматривается как способность ребёнка к проектному уточнению, направленному на устранение ошибки на всех этапах осуществления инженерного проекта. Данный ракурс концептуально обоснован трудами Н.Е. Вераксы, подчёркивающего, что ребёнок действует методом проб и ошибок, исследуя ситуацию и находя способ устранить возникшее несоответствие между первоначальным замыслом и полученным результатом (Веракса, 2008). В этом русле А.Г. Асмолов отмечает продуктивный характер ситуации затруднения, которая способствует разработке более совершенного способа действия и поиску нового решения (Асмолов, 2015). Важно, что устранение технических нарушений требует от ребёнка умения диагностировать источник сбоя,

соотносить его с общей логикой проекта и выполнять действия по восстановлению. Дополняют данный методологический ракурс работы А.А. Есалиева и коллег, считающих, что способность ребёнка возвращаться к техническому решению, выявлять в нём ошибки и вносить корректировки в модель в соответствии с планируемым результатом является важным индикатором сформированности технического мышления и развивающегося инженерного способа действия (Yessaliyev et al., 2025).

Осмысление устойчивости в контексте детской инженерно-проектной деятельности в представленных методологических ракурсах позволяет не только пересмотреть феномен детского инженерного проектирования с позиции целостности и динамичности, но и выявить критически важную методологическую коллизию: инженерно-проектная деятельность детей дошкольного и младшего школьного возраста обладает специфическими особенностями, которые не укладываются в существующие определения устойчивости ни в инженерной, ни в психолого-педагогической парадигмах. Понятие устойчивости соотносится либо с физическими характеристиками модели реального или воображаемого объекта, либо с особенностями технических решений, либо с долговечностью образовательного проекта, либо с устойчивостью образовательной среды.

Таким образом, становятся очевидными два ключевых факта. Во-первых, детская инженерно-проектная деятельность обладает собственной внутренней логикой и структурой, что отличает ее от инженерной деятельности взрослых и обусловлено спецификой формирования конструкторских умений детей, когнитивной незрелостью, иной типологией ошибок, вариативностью проектного замысла. Во-вторых, устойчивость детского инженерного проекта выступает не производным, а специфическим интегративным свойством проектного результата, представленного совокупностью инженерно-технических, когнитивных, операциональных, средовых и педагогических параметров.

Эта комбинация признаков не описана в существующих определениях устойчивости, что создает теоретический дефицит и методологическую неопределенность применительно к детским инженерным проектам. Именно поэтому введение специального научного понятия «устойчивость детского инженерного проекта» является теоретически обоснованным и методологически оправданным шагом: оно уточняет предмет анализа, задает границы его изучения, открывает возможность разработки методологического инструментария – критериев и способов анализа, релевантных детскому уровню инженерно-проектной деятельности.

Результаты исследования. С учётом выявленной методологической необходимости сформулируем авторское определение рассматриваемого понятия.

Устойчивость детского инженерного проекта – это интегративное свойство проектного результата инженерной направленности, выражающееся в сохранении его структурной, функциональной и смысловой целостности в условиях вносимых ребёнком уточнений, устранения ошибок, изменения технологий и материалов, а также при повторном воспроизведении проектных действий. Устойчивость характеризует степень внутренней согласованности, воспроизводимости и конструктивной непротиворечивости созданной модели с учетом индивидуальных, возрастных, интеллектуальных особенностей детей, а также ресурсов образовательной среды.

Для ретроспективного анализа детских инженерных проектов определим критерии, в соответствии с которыми станет возможным выявление и измерение их устойчивости. Выделение таких критериев обеспечит методологическую конкретизацию понятия и позволит провести четкую, прозрачную оценку устойчивости в эмпирических образцах.

Определение критериев устойчивости обусловлено внутренней структурой введённого понятия. Поскольку устойчивость рассматривается как интегративное свойство проектного результата инженерной направленности, включающее сохранение его структурной, функциональной и смысловой

целостности, воспроизводимости и конструктивной непротиворечивости при изменениях, именно эти компоненты понятия задают основу для критеризации. Каждый критерий отражает отдельный аспект указанного свойства, обеспечивая его методологически корректное применение в анализе детских инженерных проектов.

Первый критерий – структурная устойчивость проектного результата.

Критерий структурной устойчивости детского инженерного проекта соотносится с достижением запланированного проектного результата (конструкции, алгоритма, инженерного решения) при вносимых ребёнком изменениях. О структурной устойчивости можно говорить тогда, когда при уточнениях, добавлении или замене структурных компонентов проекта не разрушается его опорный каркас, отсутствуют внутренние противоречия между его частями, а возможные нарушения носят незначительный локальный характер, не требующий разработки новой структуры проекта. При оценке детских инженерных проектов структурная устойчивость всегда соотносится с возрастными возможностями дошкольников и младших школьников, а не со «взрослыми» инженерными стандартами.

Второй критерий – функциональная устойчивость проектного результата. Критерий функциональной устойчивости ориентирован на оценку сохранности проектного результата: выполняются ли заложенные функции (движение, удержание нагрузки, подача сигнала, реализация алгоритма, выполнение технологического действия и т. п.) после возможных корректировок ребенком. Если проектный результат остаётся работоспособным, функциональным, правомерно говорить о присущей проекту функциональной устойчивости.

Третий критерий – смысловая устойчивость проектного результата.

Критерий смысловой устойчивости позволяет оценить, сохраняет ли детский инженерный проект исходный проектный замысел и назначение при изменении его формы, структуры или условий реализации.

Четвёртый критерий – репродуктивно-процессуальная устойчивость инженерного проекта. Данный критерий устойчивости соотносится с возможностью повторного выполнения детского инженерного проекта как самим автором, так и другими детьми на основе образца, схемы, чертежа, макета, модели, алгоритма, кода или устного описания. Репродуктивно-процессуальную устойчивость можно констатировать тогда, когда после временной паузы и/или частичного разрушения конструкции или изменения некоторых внешних условий проектный результат может быть воссоздан без принципиальных искажений, а последовательность инженерно-проектных действий останется в целом неизменной, при этом количество критических ошибок сведено к минимуму. Для ретроспективного анализа детских инженерных проектов данный критерий важен, так как позволяет выявлять такие проекты, которые могут быть воспроизводимыми, а не разовыми продуктами.

Пятый критерий – адаптивная устойчивость проектного результата. Критерий адаптивной устойчивости задаёт рамку оценки того, как именно детский инженерный проект выдерживает целенаправленное усложнение требований: изменение масштаба, ужесточение ограничений, модификацию условий эксплуатации сконструированных моделей, ввод дополнительных функций, переход к более сложному алгоритму работы. Именно этот критерий позволяет фиксировать наличие у инженерных проектов дошкольников и младших школьников «запаса развития»: возможности не только быть выполненным один раз, но и служить основой для дальнейшего усложнения, расширения и масштабирования детского инженерного опыта.

Обратимся к ретроспективному анализу детских инженерных проектов. Представленные кейсы не претендуют на полноту охвата, они отобраны как репрезентативные примеры разных эпох и типов детских инженерных проектов, что позволяет выявить эволюцию устойчивости в рамках предложенных критериев.

Существенно, что ретроспективный анализ следует осуществлять, начиная с изучения материалов 1920-1930-х годов прошлого столетия. Именно этот

исторический этап связан с техническим и авиамодельным движением, в рамках которого дети включались в реальные инженерные задачи. Архивно-документальные и историографические исследования «маленькой авиации» показывают, что дети 8-12 лет конструировали и испытывали летающие модели планёров и самолётов по чертежам из сборников для станций юных техников; эти проекты включали полный цикл: от расчёта и сборки до испытаний и модернизации конструкции (Ульянова, Фишева, 2023). Именно в это время зародилась логика инженерного проекта как последовательности конструкторских, технологических и испытательных действий, ориентированных на достижение реального технического результата – устойчивого полёта модели.

В 1950-1960-е годы в СССР линия детского инженерного проектирования смещается в сторону доступных массовых технических моделей. Исследования советской индустрии игрушек и технической игрушки фиксируют появление специализированных наборов и конструкторов для сборки моделей техники (самолётов, кораблей, механизмов), а также изданий серии для юных конструкторов, выпускавшихся под эгидой ДОСААФ и снабжённых чертежами и технологическими рекомендациями, рассчитанными на детскую аудиторию (Коровникова, 2023; Озерова, 2024; Государственная публичная электронная библиотека России, n.d.). Одновременно детская пресса («Пионерская правда», «Юный техник», «Мурзилка») публикует детализированные инструкции по изготовлению действующих моделей самолётов, кораблей, мостов, простейших машин, предполагающих выполнение ребёнком полноценного инженерного проекта, а не просто декоративного изделия (Иванова, 2011). Таким образом, в послевоенный период формируется течение детских инженерных проектов, опирающихся на стандартизированные комплекты деталей и типовые задачи (мост, подъёмный кран, самолёт, автомобиль), направленных на достижение технической работоспособности.

Параллельно за рубежом на стыке 1960-1970-х годов появляется принципиально иной тип детского инженерного проекта, направленного на

конструирование программируемых моделей. Исследования С. Паперта и его коллег демонстрируют, что программирование движения черепахи LOGO и управление её траекторией рассматривались как инженерный проект ребёнка, включающий проектирование алгоритма, отладку, диагностику ошибок и модификацию решения (Solomon & Papert, 1976; Papert, 1980). Здесь инженерный результат направлен не только на достижение физической траектории движения модели на основе запрограммированного алгоритма управления, но и на устойчивость проекта начинает соотноситься с воспроизводимостью алгоритмических действий и возможностью неоднократной перенастройки решения без разрушения его логики.

С конца 1980-х – начала 1990-х годов в международной практике детского инженерного образования выделяется линия робототехнических проектов на основе конструкторов LEGO Technic и позднее LEGO Mindstorms. Педагогические исследования подчёркивают, что дети младшего возраста создавали автономные конструкции мобильных роботов, сортировочные устройства, автоматизированные модели подъёмных механизмов, и проходили полный цикл инженерного проектирования: от постановки задачи и выбора конструкции до программирования и тестирования (Resnick & Silverman, 2005). В этих проектах инженерный результат уже двуедин (материальная модель и управляющая программа), что принципиально усложняет понимание устойчивости, акцент смещается к структурно-функциональной согласованности аппаратной и программной частей модели.

В 2000-е годы в США и ряде других стран институционализируется модель инженерного проектирования для детей младшего школьного возраста в рамках систематических учебных курсов. Наиболее репрезентативна в этом отношении программа Engineering is Elementary, в которой обучающиеся начальной школы реализовывали инженерные проекты «Дизайн парашюта», «Конструирование ветровой установки», «Проектирование устойчивого моста», выполняя последовательные циклы планирования, конструирования, испытаний и улучшения (Cunningham & Lachapelle, 2014).

Для нас принципиально важно, что эти проекты адресованы именно младшим школьникам и целенаправленно строятся как инженерные, а не как общие исследовательские или творческие задания, в них задаются конкретные инженерные критерии успешности (прочность, дальность, устойчивость, энергоэффективность) и вводятся элементы инженерного анализа.

В исследованиях раннего детства 2010-х годов фиксируется появление инженерных проектов уже у дошкольников. В работах A. Malone показывается, как дети 4–5 лет проектируют и конструируют устойчивые башни, мосты, водопропускные конструкции, фильтры для очистки воды, действуя в логике упрощённого, но всё же инженерного цикла: постановка задачи, выбор материала, пробное конструирование, испытания, доработка (Malone at al., 2018). Здесь инженерный проект ребёнка дошкольника приобретает статус самостоятельной единицы нашего ретроспективного анализа, а не продукта сюжетно-ролевой игры или идейного экспериментирования.

В российской практике последних десятилетий детские инженерные проекты дошкольников и младших школьников получают развернутое описание в работах, посвящённых LEGO-конструированию и техническому моделированию. Методические и исследовательские материалы фиксируют проекты «Мост заданной ширины для пешеходов и транспорта», «Подъёмный кран», «Механизм с передачей движения», выполняемые детьми 5–10 лет с ориентацией на устойчивость конструкции и её работоспособность (Иванчик, 2020). В этих проектах результатом становится не только материальная модель, но и освоенные ребёнком способы конструирования опорных узлов, распределения нагрузки, выбора материала.

Особый интерес представляет линия дошкольных и младших школьных проектов по моделированию реальных инфраструктурных объектов. Так, в проекте «Парк Дружбы» воспитанник детского сада создал макет парка, включающего модели беседки, песочницы, авиа-трека, постов администрации и охраны парка, спортивных сооружений и представил его на Чемпионате «START

КИТ: конструируем, инструктируем, технологизируем» (Minobrokrasnodar, 2024; START KIT, n.d.)

Интересны проектные решения цифровой инженерии в сфере робототехники и умных устройств. Показателен проект «За безопасные дороги будущего», реализованный семилетними учащимися студии робототехники из Саратова. Дети создавали макет дороги с «умными» светофорами, напечатанными на 3D-принтере, и беспилотными автомобилями, способными воспринимать сигналы светофора и других машин (пострелиз VI Всероссийской конференции «Юные техники и изобретатели», 2019). В данном случае инженерный проект младших школьников объединял механическую, электронную и программную составляющие и нацелен на моделирование сложной городской транспортной системы.

К инженерным проектам младших школьников нового поколения можно отнести и индивидуальные разработки устройств, появляющиеся в рамках конкурсов детских изобретений. Например, «робот-санитайзер» – автоматизированное устройство бесконтактной обработки рук. Это результат инженерного проекта, направленного на снижение риска заражения при пандемии в логике «от конструкторского замысла, до конструирования, программирования и испытаний прототипа» (Крылова, 2021).

Наконец, в современных российских дошкольных учреждениях фиксируются STEAM-проекты типа «Строим мост», где дети младшей группы в течение нескольких дней создают устойчивые мостовые конструкции, экспериментируя с различными типами опор, пролётов, материалов и одновременно осваивая базовые инженерные представления о равновесии, устойчивости и распределении нагрузки (Далгатова, 2025). В таких проектах инженерный результат основывается на решении развивающих игровых задач, но при этом сохраняет статус целенаправленного конструкторско-инженерного решения.

Представленные детские инженерные проекты охватывают различные аспекты конструирования и позволяют оценить степень их устойчивости в

соответствии с разработанными нами критериями (структурная, функциональная, смысловая, репродуктивно-процессуальная, адаптивная устойчивость проектного результата).

Для ранних советских авиамодельных проектов структурная устойчивость проектного результата задаётся самой логикой требований к летающей модели: сохранение геометрии крыла, расположения центра тяжести, жёсткости основных узлов при многократных доработках были обязательными условиями того, чтобы модель держалась в воздухе. Описания детских полигонных испытаний и серии попыток «доводки» моделей позволяют реконструировать высокую структурную устойчивость при одновременной уязвимости к материальным дефектам и качеству самостоятельного исполнения (Ульянова, Фишева, 2023). Функциональная устойчивость измерялась четко: конструкция либо поднималась в воздух, подтверждая инженерную состоятельность решения, либо, не выдерживая расчётных параметров, обнажала слабые места проекта. При этом смысловая устойчивость (осознание ребёнком того, «что делает» его конструкция и зачем она нужна) опиралась на мощный идеологический и культурный контекст авиации как символа прогресса довоенного периода, что фиксируется в воспоминаниях и публицистике того времени. Репродуктивно-процессуальная устойчивость оказывалась уязвимой: далеко не каждый ребёнок мог повторить удачную конструкцию, сталкиваясь и с дефицитом материалов, и с вариативностью качества сборки. Адаптивная устойчивость таких проектов была умеренной: при возрастании требований к дальности или высоте полёта модель зачастую требовала практически полной реконструкции, что затрудняло ее воспроизведение и массовое распространение.

В проекте программируемой черепахи LOGO структурная устойчивость связана с особенностями алгоритма. Для того чтобы проект оставался логически непротиворечивым, последовательность команд, циклов, условий должна сохраняться при внесении уточнений и устранении ошибок (Papert, 1980). Функциональная устойчивость проявляется в способности черепахи многократно воспроизводить заданную физическую траекторию после

исправления конструкторских и программных ошибок. Смысловая устойчивость опирается на понимание ребёнком соответствия между определением физической траектории и текстом программного алгоритма передвижения черепахи. Репродуктивно-процессуальная устойчивость заключается в том, что дети могут записать, сохранить и воспроизвести программный алгоритм, обменяться им с другими конструкторами, что делает проект более устойчивым. Адаптивная устойчивость также высока: усложнение задания (от простых фигур к спиралям и повторяющимся траекториям) не ломает проект, а лишь требует от ребёнка точнее пересобрать алгоритм.

Робототехнические проекты на LEGO Mindstorms демонстрируют более сложный профиль устойчивости. Структурная устойчивость поддерживается механизмом робота за счёт модульности и стандартизации деталей; конструкция выдерживает многочисленные пересборки и доработки, сохраняя базовый каркас. Функциональная устойчивость здесь принципиально зависит от согласованности механики и программного обеспечения, что подтверждают исследования образовательной робототехники (Resnick & Silverman, 2005). При этом смысловая устойчивость невысокая: не все дети младшего школьного возраста одинаково четко понимают, как именно алгоритм связан с движением робота, хотя формально могут воспроизводить необходимые действия. Репродуктивно-процессуальная устойчивость вариативна. Она высока в групповых проектах, где дети в состоянии воссоздать робота по инструкциям, однако в индивидуальных проектах снижается из-за высокой зависимости от педагога и сложности программного кода. Адаптивная устойчивость таких проектов, как правило, высока: ввод новых датчиков, изменение задачи (например, добавление линии, препятствий) реализуется через донастройку существующей конструкции.

Проекты программы Engineering is Elementary представляют собой, по сути, «эталонные» примеры для анализа устойчивости детских инженерных проектов в начальной школе. Описание модулей программы показывает, что в нее включена сознательная оценка детьми структурной устойчивости (например,

при разработке мостов с заданной нагрузкой или ветровых установок, не разрушающихся при усилении воздушного потока) и функциональной устойчивости (повторяемость работы парашюта или ветроколеса в серии испытаний). Когда же модель перестаёт быть просто изделием и рассматривается детьми в ракурсе решения реальной проектной задачи, возрастает смысловая устойчивость. Репродуктивно-процессуальная устойчивость обеспечивается наличием чётко прописанного цикла Engineering Design Process, который дети могут воспроизводить от проекта к проекту, а адаптивная устойчивость обеспечивается переработкой проекта под актуальные требования, ее маркером становится способность ребенка пересобрать конструкцию, не потеряв инженерного ядра.

В дошкольных STEAM-проектах ситуация иная. Структурная устойчивость выражена слабо ввиду того, что этапы проекта предполагают конструирование башен и мостов, которые выстраиваются путем многократных попыток и реконструкции ввиду ограниченной точности действий детей 4–5 лет и использования преимущественно типовых блочных конструкторских средств (Malone at al., 2018). Функциональная устойчивость фиксируется с помощью наличия простых показателей: башня стоит, мост держит игрушку – этого достаточно. Репродуктивно-процессуальная устойчивость ограничена: ребёнок воспроизводит проект скорее на уровне образа («высокая башня», «мост через реку»), чем на уровне точной последовательности действий. Адаптивная устойчивость проявляется в способности ребёнка усложнять собственную задачу (построить выше, сделать шире, добавить «дорогу» и т. п.) без полного отказа от исходного замысла.

Российские LEGO-проекты мостов и механизмов демонстрируют более высокий уровень структурной и функциональной устойчивости по сравнению с предыдущими проектами дошкольников. В заданиях типа «мост определённой ширины для пешеходов и транспорта» конструктивный каркас и условия эксплуатации явным образом задаются педагогом, а ребёнок должен добиться такого проектного результата, который выдерживает многократные испытания и

изменения нагрузки (Матосян, 2020). Смысловая устойчивость в данных проектах связана с пониманием социальной функции объекта (мост как средство соединения берегов, обеспечения движения). Репродуктивно-процессуальная устойчивость колеблется: одни дети уверенно восстанавливают конструкцию, опираясь на структурную логику, другие приблизительно повторяют образец, теряя важные инженерные узлы. Адаптивная устойчивость достигается через введение дополнительных требований (увеличение пролёта, изменение «рельефа» и т. п.).

Проект «Парк Дружбы» демонстрирует опыт решения инженерной задачи для старших дошкольников, связанной с разработкой ландшафтных инженерных решений. Структурная устойчивость макета проверяется не только с позиции прочности соединений, но и через соотнесение с реальными условиями местности (строения парка), что усиливает функциональную и смысловую устойчивость: дети понимают: именно их инженерное решение может способствовать обогащению парка при реальном воплощении макета. Репродуктивно-процессуальная устойчивость ограничена рамками идеи проекта, однако сам подход допускает повторение и масштабирование. Адаптивная устойчивость проявляется в возможности модифицировать проект под другие условия (другие объекты парка, инфраструктура; конструкторские средства) без утраты базовой логики проектного решения.

Цифровые проекты «За безопасные дороги будущего» и «Робот-санитайзер» позволяют увидеть, как устойчивость детского инженерного проекта начинает зависеть от сочетания материальных и программных компонентов.

Проект «За безопасные дороги будущего» включал создание семилетними детьми сложного макета, где согласованность работы «умных» светофоров и беспилотных машин обеспечивала функциональную устойчивость: сбой в одном элементе мог нарушить работу всей системы, а структурная устойчивость поддерживалась за счёт использования модульных конструкторов и 3D-печати, смысловая – через явно осознаваемую детьми проблему дорожной безопасности.

Репродуктивно-процессуальная устойчивость прочно связана с наличием документации. Без схем система быстро «рассыпается», а при наличии описаний её можно восстановить. Адаптивная устойчивость особенно велика: добавление новых дорожных ситуаций, датчиков, режимов работы светофоров, что возможно без полной реконструкции модели.

В проекте «Робот-санитайзер» устойчивость детского инженерного проекта проверяется практическими пробами: устройство должно стабильно работать в условиях медицинского учреждения, обеспечивая бесконтактную обработку рук большого количества пользователей. Структурная устойчивость связана с надёжностью корпуса и крепления датчиков, функциональная – с воспроизводимостью дозированной подачи антисептика, смысловая – с очевидной для ребёнка и взрослых санитарной функцией. Репродуктивно-процессуальная устойчивость, судя по описанию, пока невысока (проект уникален, требует сложной сборки), но потенциально может быть повышена при создании схем и инструкций. Адаптивная устойчивость высока: проект допускает масштабирование (использование в разных учреждениях), изменение выбора конструкторских средств (например, типа датчиков), не утрачивая базовой инженерной логики.

Ретроспективный анализ значимых детских инженерных проектов дошкольников и младших школьников показал, что реальные проявления устойчивости присутствовали всегда, однако их характер радикально менялся. В ранних и классических инженерных проектах (авиамодели, технические наборы 1920-х-1950-х гг.) преимущественно выражены структурная и функциональная устойчивость, при относительно слабой репродуктивно-процессуальной и адаптивной составляющей. Позднее, начиная с 1960-х-1980-х гг., с расширением спектра материалов, усложнением конструкторских задач и появлением первых программируемых конструкторов, устойчивость детских инженерных проектов приобретает комплексный характер. Возрастает роль смысловой устойчивости, так как дети учатся удерживать проектное назначение при переконструировании моделей, усиливается репродуктивно-процессуальная устойчивость за счёт

распространения доступных схем, инструкций и технологических наборов, формируется адаптивная устойчивость, позволяющая проекту «развиваться» при изменении требований, введении новых функций или переходе в цифровой формат. В проектах 1990-х-2020-х гг., основанных на робототехнике, цифровом моделировании и гибридных материально-цифровых практиках, устойчивость приобретает многослойный характер. Структурная и функциональная компоненты дополняются операциональной гибкостью, возможностью многократного пересобирания и интеграцией алгоритмических решений, вследствие чего проявления устойчивости становятся комплексными и технологически опосредованными.

Осуществлённый ретроспективный анализ подтверждает методологическую обоснованность введённого понятия устойчивости детских инженерных проектов и предложенных критериев, позволяющих непротиворечиво описывать и выявлять их зоны устойчивости и уязвимости. Существенно, что разработанные критерии применимы как к классическим детским инженерным проектам первой половины XX века, так и к современным, включающим нестандартные цифровые решения.

Заключение. Ранняя инженерная подготовка детей в мировом и отечественном образовательном поле уже институционально закреплена, однако её теоретическое сопровождение остаётся асимметричным, поскольку темпы интеграции инженерно-ориентированных практик в образование существенно опережают их понятийно-методологическое осмысление. Осуществленный анализ показал, что устойчивость детских инженерных проектов долгое время осмыслялась лишь фрагментарно (как прочность конструкции, повторяемость действия, стабильность среды или долговечность образовательного проекта), что не позволяло выделять детский инженерный проект в качестве специфического объекта научного анализа.

Введённое в работе понятие «устойчивость детского инженерного проекта» и разработанная система критериев устойчивости проектного результата (структурной, функциональной, смысловой, репродуктивно-процессуальной и

адаптивной) продемонстрировали свою методологическую продуктивность при ретроспективном рассмотрении реальных детских инженерных проектов.

Показано, что проявления устойчивости в детских инженерных проектах, формировавшихся в логике классических материальных моделей и отражавших преимущественное доминирование их структурной и функциональной составляющих, эволюционируют к многослойным конфигурациям устойчивости в робототехнических, алгоритмических и гибридных материально-цифровых решениях, усложняющихся по мере интеграции программных компонентов и расширения инженерно-проектных возможностей детей. Так, усложнение и многослойность проявлений устойчивости, выявленные в ходе ретроспективного анализа и напрямую связанные с технологическим и содержательным расширением детских инженерных проектов, позволили определить её как интегративное свойство проектного результата инженерной направленности, обусловленное совокупностью содержательно-конструкторских, когнитивных, операциональных и средовых параметров.

Перспективы дальнейших исследований видятся в разработке диагностических средств оценки устойчивости детских инженерных проектов, в изучении влияния материально-цифровых сред и их возможностей, в разработке методик педагогического сопровождения, целенаправленно поддерживающих устойчивость детских инженерных решений.

Таким образом, проведённое исследование устраняет дефицит в осмыслении феномена устойчивости детских инженерных проектов и создаёт теоретическое основание и конкретно-научный методологический инструментарий для их научно обоснованного анализа.

Литература

1. Асмолов, А.Г. (2015) Психология человеческой индивидуальности. Москва: Смысл.

2. Библиотека юного конструктора. (n.d.) Государственная публичная электронная библиотека России. Получено с

:https://publ.lib.ru/ARCHIVES/B/%27%27Biblioteka_yunogo_konstruktora%27%27_%28seriya_izd.DOSAAF%29/_BYuK.html

3. Веракса, Н.Е. (2011) Психологические механизмы развития дошкольника. М.: Мозаика-Синтез.

4. Волосовец, Т.В., Маркова, В.А., & Аверин, С.А. (2019) STEM-образование детей дошкольного и младшего школьного возраста (2-е изд.). М.: БИНОМ. Лаборатория знаний.

5. Иванова, Л.В. (2011) Детское техническое творчество в СССР: особенности развития и формы популяризации. *Вестник культуры и искусства*, 2011, 3, 115-120.

6. Иванчик, Н.В. (2020) LEGO-конструирование в образовательном процессе дошкольной организации. М.: Сфера.

7. Катуржевская, О.В. (2022) Научно-методологическое обоснование концепции устойчивого развития систем менеджмента качества высшего образования. *Управление образованием: теория и практика*, 2022, 12(4), 65-69.

8. Коровникова, Н.А. (2023) Наследие советской игровой культуры. *Вестник Московского государственного лингвистического университета. Гуманитарные науки*, 2023, 5 (873), 160-167.

9. Кочурина, Т.С. (2023) Подготовка будущих педагогов к формированию конструкторских умений дошкольников. Дис... канд. Пед. наук. Армавир: Армавирский государственный педагогический университет.

10. Крылова, Е. (2021) В Кирове юный изобретатель собрал робот-санитайзер. *ГТРК «Вятка»*. Получено с: https://www.gtrk-vyatka.ru/vesti/education/57185-v-kirove-junyj-izobretatel-sobral-robot-sanitajzer.html

11. Матосян, Т.В. (2020) Рекомендации для воспитателей ДОУ по ЛЕГО-конструированию и его применению в образовательном процессе. *Молодой учёный*, 2020, 3(293), 440-442.

12. Миноброкраснодар (2024) *В Армавирском государственном педагогическом университете состоялся Чемпионат «START КИТ:*

конструируем, инструктируем, технологизируем». Министерство образования Краснодарского края. Получено с: https://minobr.krasnodar.ru/news/common/s/common/e/366980

13. Озерова, О.В. (2024). Особенности советской технической игрушки как содержательный компонент обучения будущих дизайнеров в этой области. *Традиционное прикладное искусство и образование*, 2024, 50(3), 203-220.

14. Организация конференции «Юные техники и изобретатели». (2019, 28 июня). *Пострелиз VI Всероссийской конференции*. Юные-техники.рф. Получено с: https://xn----itbbmalqd7b5a5d8a.xn--p1ai/novosti/

15. Поваляев, О.А., Глушкова, Г.В., Иванова, Н.А., Сарафанова, Е.В., Мусиенко, С.И. (2020). НАУСТИМ — цифровая интерактивная среда: Парциальная образовательная программа для детей от 5 до 11 лет. Де'Либри.

16. Рязанова, З.Б., Сорокин, С.С., Солин, С.В. (2020). Применение образовательной робототехники в обучении детей с раннего возраста. *Современные проблемы науки и образования*, 2020, (3), 22.

17. Ульянова, С.Б., & Фишева, А.А. (2023). «Маленькая авиация»: детское техническое творчество в СССР в 1920-е гг. *Вестник Костромского государственного университета*, 2023, 29(2), 36-42.

18. Dalgatova, D.E. (2025). STEAM-podkhod v mladshei gruppe: Stroim most iz kubikov i fantazii. *Vospitatel detskogo sada*. Получено с :https://www.vospitatelds.ru/categories/7/articles/18263

19. Gold, Z.S., Elicker, J., & Beaulieu, B.A. (2020). Learning engineering through block play: STEM in preschool. *Young Children*, 2020, 75(2), 24-29.

20. Kolodner, J.L. (2002). Facilitating the learning of design practices. In P. Bell, R. Stevens, T. Satwicz (Eds.), Keeping learning complex. Lawrence Erlbaum Associates.

21. Malone, K.L., Tiarani, V., et al. (2018). Engineering design challenges in early childhood education: Effects on student cognition and interest. *European Journal of STEM Education*, 2018, 3(3), Article 11.

22. Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas. Basic Books.

23. Cunningham, C.M., & Lachapelle, C.P. (2014). Engineering in elementary schools. In J. Strobel, S. Purzer, & M. Cardella (Eds.), Engineering in pre-college settings: Synthesizing research, policy, and practices (pp. 61-88). Purdue University Press. Получено с: https://www.jstor.org/stable/j.ctt6wq7bh.9

24. Reuter, T., & Leuchter, M. (2022). Examining kindergarten children's testing and optimising in the context of a gear engineering task. *European Journal of STEM Education*, 2022, 7(1), 04.

25. Resnick, M., & Silverman, B. (2005). Some reflections on designing construction kits for kids. In Proceedings of the Interaction Design and Children Conference (IDC '05) (pp. 117-122). New York, NY: ACM Press.

26. START KIT. (n.d.). START КИТ: конструируем, инструктируем, технологизируем. Получено с: https://startkitt.tilda.ws/

27. Yessaliyev, A.A., Totikova, G.A., Medetbekova, N.N., & Zhiyasheva, Z.Sh. (2025). A STEAM-based pedagogical model for developing technical thinking in primary school students. *International Journal of Innovative Research and Scientific Studies*, 2025, 8(7), 393-404.