

Наборы-конструкторы как инструмент формирования инженерного мышления школьников

Сергей Николаевич Угрюмов

Калининградский областной институт развития образования,
Калининград, Россия
uussnn@yandex.ru

Аннотация. В статье рассмотрено, как наборы-конструкторы могут помочь школьникам 7-х — 11-х классов развить инженерное мышление в контексте цифровой экономики и дефицита кадров. Цель работы — теоретически обосновать и экспериментально проверить эффективность применения специализированных наборов-конструкторов как инструмента формирования инженерного мышления у школьников 7-х — 11-х классов. Исследование базируется на деятельностном подходе Л. С. Выготского и принципах междисциплинарного STEAM-образования. В рамках исследования были разработаны три авторских набора-конструктора (планер, беспилотный летательный аппарат типа «летающее крыло» с радиоуправлением и квадрокоптер на платформе Arduino); проведен эксперимент с участием 300 школьников из Калининграда, Казани, Новосибирска. Исследование включало диагностику технического мышления, опросы участников и педагогов. Результаты эксперимента показали значительное повышение мотивации школьников к инженерным профессиям (82 %), существенное развитие технических навыков (рост среднего балла технического мышления на 37 %) и навыков командной работы (улучшение на 45 %). Работа с конструкторами позволяет эффективно интегрировать знания из физики, математики, информатики и дизайна. Предложена модель внедрения, авторских образовательных наборов-конструкторов, учитывающая возрастные особенности и преемственность обучения. Подчеркивается, что практическое проектирование готовит к требованиям цифровой экономики, однако требует методической поддержки педагогов, особенно в области цифровых технологий.

Ключевые слова: инженерное мышление, деятельностный подход, STEAM-образование, наборы-конструкторы, цифровая экономика.

Благодарности: выражаю глубокую признательность Лилии Алексеевне Зорькиной, ректору Калининградского областного института развития образования, за организационную поддержку и создание условий для реализации исследовательского проекта. Особая благодарность Валерии Павловне Вейдт, проректору по научно-методической работе института, за профессиональное сопровождение, ценные рекомендации по структурированию данных и помощь в подготовке методических материалов. Их экспертиза и вовлеченность в развитие инженерного образования стали ключевыми факторами успешного выполнения работы.

Construction kits as a tool for the formation of schoolchildren's engineering thinking

Sergey N. Ugrumov

Kaliningrad Regional Institute of Education Development, Kaliningrad, Russia

Abstract. *The article has covered how construction kits can help secondary school students from the seventh to the eleventh grade develop engineering thinking within the context of digital economy and staff shortage. The aim of this study is to theoretically justify and experimentally verify the effectiveness of utilization of specialized construction kits as a tool for fostering engineering thinking among students from the seventh to the eleventh grades. The research is grounded in L. S. Vygotsky's activity theory and principles of interdisciplinary STEAM Education. Within the framework of the study, three original construction kits were developed: a glider, a remotely piloted aircraft (a radio-controlled wing), and an Arduino-based quadcopter. An experiment was conducted involving 300 students from Kaliningrad, Kazan, and Novosibirsk. The study included assessments of technical thinking, as well as surveys of both participants and teachers. The results showed a significant increase in students' motivation toward engineering professions (82 %), substantial development of technical skills (a 37 % rise in average scores on technical thinking), and improvement in teamwork abilities (45 % enhancement). The construction kits allow students to explore Physics, Mathematics, Computer science, and Design. An implemented model for original educational construction kits is proposed, taking into account age-specific characteristics and continuity in learning. It is emphasized that hands-on project-based learning prepares students for the demands of the digital economy. However, it requires methodological support for educators, especially in the area of digital technologies.*

Keywords: *engineering thinking, activity-based approach, STEAM Education, construction kits, digital economy.*

Acknowledgments: *I express my deep gratitude to Lilya Alekseevna Zor'kina, Rector of the Kaliningrad Regional Institute of Education Development, for organizational support and creation of conditions for the implementation of the research project. Special thanks — to Valeriya Pavlovna Veidt, Vice-Rector for Scientific and Methodological Affairs at the Institute, for professional guidance, valuable recommendations on data structuring, and assistance in the preparation of methodological materials. Their expertise and involvement in the development of engineering education have become key factors in the successful completion of this work.*

Современная глобальная экономика активно трансформируется под влиянием цифровых технологий, что предъявляет беспрецедентные требования к подготовке кадров, в первую очередь инженерных. Наблюдается критический дефицит высококвалифицированных инженеров, владеющих цифровыми компетенциями, что затрагивает ключевые отрасли — от авиации до робототехники. Этот разрыв усугубляется недостаточной вовлеченностью школьников в техническое образование на ранних этапах, что связывают с ограниченным применением практико-ориентированных методик. Лишь малая часть старшеклассников демонстрирует устойчивый интерес к инженерным направлениям. В контексте этих вызовов внедрение инновационных педагогических инструментов, способствующих раннему формированию инженерного мышления, приобретает стратегическое значение.

Настоящее исследование рассматривает потенциал использования специализированных наборов-конструкторов, включая модели планера, беспилотного летательного аппарата (далее — БПЛА) типа «летающее крыло» с радиоуправлением и квадрокоптера на платформе Arduino, как эффективного средства для достижения этой цели. Исследование опирается на фундаментальные положения культурно-исторической теории Льва Семеновича Выготского, в частности, на его деятельностный подход. Согласно этому подходу, развитие психических функций и мышления происходит через

активное взаимодействие субъекта с инструментами культуры в зоне ближайшего развития (далее — ЗБР) при поддержке педагога или более опытного партнера. По мнению Е. Т. Соколовой, в рамках данного подхода образовательные конструкторы выступают как психологические орудия, опосредующие познавательную деятельность и делающие ее более структурированной и целенаправленной [8]. Использование конструкторов обеспечивает постепенное усложнение задач и переход от физического моделирования к алгоритмическому программированию, что позволяет школьникам осваивать этапы проектирования в соответствии с концепцией ЗБР. Вышеуказанный переход также стимулирует формирование междисциплинарного мышления, интегрирующего знания из физики, математики, программирования и дизайна, что соответствует принципам современного STEAM-образования. Практическая деятельность с конструкторами, как показал предварительный анализ, значительно повышает мотивацию учащихся к техническим специальностям и способствует развитию технического мышления и навыков командной работы.

Таким образом, цель данного исследования заключается в теоретическом обосновании и экспериментальной проверке эффективности авторских наборов-конструкторов как инструмента формирования инженерного мышления у школьников посредством интенсивной практической деятельности и междисциплинарного взаимодействия.

В ходе работы были поставлены задачи по разработке модульных конструкторов, проведению экспериментальной проверки их эффективности в трех регионах России с участием значительной выборки школьников, созданию методических рекомендаций для педагогов с учетом возрастных особенностей учащихся, формированию междисциплинарных компетенций и анализу барьеров внедрения. Научная новизна работы заключается в разработке и апробации наборов, разработанных с опорой на принципы педагогического проектирования и ориентированных на формирование междисциплинарных навыков через уникальное сочетание физического моделирования и цифровой грамотности, что является актуальным ответом на требования цифровой экономики. Представленный подход направлен на решение проблемы кадрового дефицита и обеспечивает преемственность между образовательными программами и потребностями меняющегося мира, готовя новое поколение к адаптации и профессиональной реализации в условиях цифровой эпохи.

Инженерное мышление, понимаемое как способность к решению комплексных технических задач через интеграцию анализа, синтеза и применения знаний из различных областей, как считает В. В. Афанасьев, является ключевой компетенцией в условиях стремительного развития цифровой экономики [3]. Его формирование требует не просто усвоения теоретических знаний, но и активной, целенаправленной деятельности.

В рамках настоящего исследования теоретической основой послужила культурно-историческая концепция Л. С. Выготского, согласно которой развитие когнитивных процессов рассматривается как результат социального взаимодействия и использования знаково-символических средств как инструментов познания [7]. Эта парадигма позволяет интерпретировать процесс формирования профессиональных компетенций через призму освоения культурных артефактов и опосредованного взаимодействия субъекта с предметной средой, что особенно актуально в контексте современных образовательных технологий [5]. Согласно этой концепции, высшие психические функции развиваются через взаимодействие с психологическими орудиями, которые опосредуют деятельность и отношения с окружающим миром. В данном контексте образовательные наборы-конструкторы выступают именно такими психологическими орудиями, преобразующими познавательную деятельность учащихся, делая ее более структурированной и целенаправленной.

Как подчеркивает Л. М. Андрюхина, обучение наиболее эффективно, когда оно встроено в активную деятельность самого учащегося [2]. Этот подход реализуется при работе с конструкторами, поскольку учащиеся переходят от пассивного наблюдения к активному проектированию и экспериментированию, соединяя теоретические знания с реальной практикой.

Ключевым понятием теории Л. С. Выготского, применимым к данному исследованию, является «зона ближайшего развития». ЗБР рассматривается как пространство между актуальным уровнем развития ребенка и уровнем, достижимым при поддержке педагога или более опытного партнера. Наборы-конструкторы спроектированы таким образом, чтобы обеспечить постепенное усложнение задач, позволяя школьникам осваивать новые навыки в пределах их ЗБР при необходимой поддержке. Переход от сборки простых физических моделей (планер) к освоению основ программирования квадрокоптера на платформе Arduino следует этой логике, предоставляя пошаговое освоение инженерных технологий.

Использование конструкторов также способствует формированию междисциплинарного мышления, что жизненно важно для современной инженерии и соответствует принципам STEAM-образования. Согласно Р. Ван Дер Вееру развитие мышления происходит через интеграцию различных форм знания [4]. Работа с конструкторами объединяет знания из физики (законы Бернулли), математики (расчет параметров), информатики (программирование, радиоуправление) и дизайна, что стимулирует комплексное понимание инженерной деятельности и творческий поиск решений.

В исследовании, проходившем в период с января по март 2025 года, приняли участие 300 школьников в возрасте от 13 до 17 лет из трех регионов России

(Калининградской и Новосибирской областей, Республики Татарстан). Выбор регионов обусловлен необходимостью учета разнообразных культурно-исторических контекстов. С целью обеспечения соответствия сложности задач уровню развития учащихся и эффективного задействования их ЗБР участники были разделены на возрастные группы с дифференциацией по типу предлагаемых конструкторов. Школьники 7-х — 8-х классов работали с базовым набором «Планер»; учащиеся 9-х — 10-х классов — с набором «БПЛА типа "летающее крыло"»; обучающиеся 11-х классов — с набором «Квадрокоптер на платформе Arduino». Предложенная структура ориентирована на реализацию принципа преемственности в обучении, поскольку предусматривает поэтапное освоение материала, соответствующего возрастным и когнитивным особенностям учащихся на каждом этапе учебного процесса. Однако оценка ее практической эффективности требует дальнейшей эмпирической верификации в рамках полного цикла обучения.

Ключевыми инструментами, выступающими в роли психологических орудий, стали три авторских набора-конструктора, разработанные в лаборатории педагогического проектирования Калининградского областного института развития образования. Каждый набор разработан с учетом этапов освоения инженерных технологий, обеспечивая плавный переход от физического моделирования к программированию.

Набор «Планер» направлен на изучение основ аэродинамики и освоения законов Бернулли через физические эксперименты, формирования естественно-научного мышления. Он включает деревянные балки, полимерные крылья и схемы сборки.

Набор «БПЛА типа "летающее крыло"» — комплект для сборки модели беспилотного летательного аппарата с радиоуправлением. Набор позволяет осваивать принципы дистанционного управления

и аэромеханики, интегрируя знания из физики, информатики и дизайна.

Набор «Квадрокоптер на платформе Arduino» включает квадрокоптер с микроконтроллером Arduino Nano, датчиками и пропеллерами и сфокусирован на обучении программированию дронов и анализу траекторий полета, развивая цифровую грамотность и алгоритмическое мышление.

Изображения наборов представлены на рисунках 1–3.

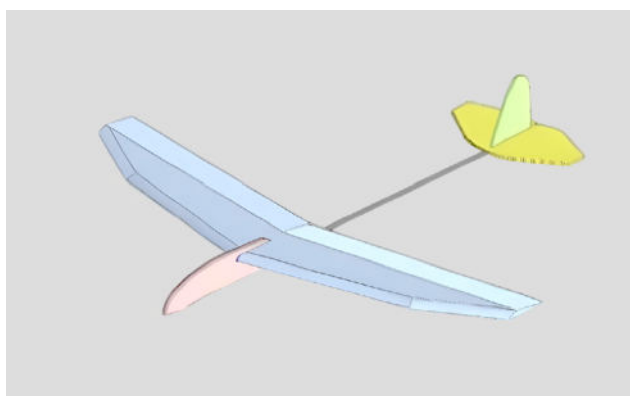


Рисунок 1 — Набор «Планер»

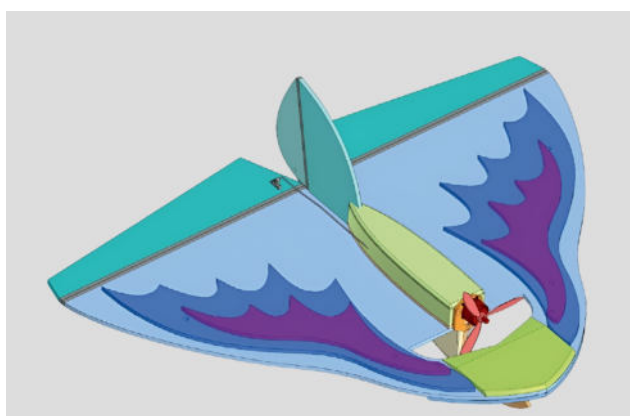


Рисунок 2 — Набор «БПЛА типа "летающее крыло"»



Рисунок 3 — Набор «Квадрокоптер на платформе Arduino»

Для оценки эффективности использования в образовательном процессе наборов-конструкторов применялись следующие методы:

- диагностика технического мышления, реализуемая с помощью тестирования участников до и после прохождения уроков с использованием наборов. Оценка осуществлялась по шкале от 1 до 10. Диагностика направлена на измерение способности решать инженерные задачи, осуществлять критический анализ и применять междисциплинарный подход. Примером задачи служил расчет подъемной силы крыла планера;
- в рамках исследования проведены опросы 35 педагогов и родителей,

а также 176 школьников, направленные на выявление уровня мотивации учащихся к инженерным профессиям и выявление барьеров, связанных с внедрением наборов-конструкторов в образовательный процесс.

Эмпирическая часть работы была направлена на проверку того, как разработанные наборы-конструкторы способствуют формированию инженерного мышления и связанных с ним компетенций.

Диагностика технического мышления выявила значительный прогресс. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1 — Динамика показателей технического мышления

Группа	Базовый уровень	Итоговый уровень	Рост (%)
7-е — 8-е классы	4,0	5,3	32
8-е — 9-е классы	4,3	5,9	37
11-е классы	4,5	6,1	35

Представленный результат подтверждает гипотезу о том, что обучение становится эффективным в активной деятельности. Наибольший рост отмечен в задачах, требовавших критического анализа и междисциплинарного подхода, таких как расчет подъемной силы планера или оптимизация траектории квадрокоптера, требовавших синтеза знаний из физики, математики и информатики. Использование наборов также способствовало развитию навыков командной работы: оценка по критериям распределения ролей и согласованности действий показала рост на 45 %. Это согласуется с принципом социальной природы мышления Л. С. Выготского, при котором познание развивается через сотрудничество [5].

Одним из наиболее ярких результатов стало значительное повышение интереса школьников к инженерным профессиям. Согласно опросам, 82 % школьников проявили подобный интерес после работы с наборами. Данный показатель существенно превышает средний уровень интереса старшеклассников к

инженерным специальностям в целом. По мнению И. М. Зашихиной, высокий уровень мотивации подтверждает гипотезу Л. С. Выготского о формировании мотивации через активную деятельность, в которой учащийся выступает как субъект преобразования реальности, а также через связь обучения с личным опытом и социальным взаимодействием [6]. Добавим, что наибольший интерес проявлен ребятами при работе с квадрокоптером на платформе Arduino, позволявшим осваивать цифровые технологии и видеть практический результат.

В рамках исследования был проведен опрос педагогов и родителей с целью выявления барьеров при внедрении образовательных технологий на примере работы с платформой Arduino. Анкета включала 12 вопросов, из которых восемь были закрытыми, предполагающими ряд вариантов ответов, а четыре — открытыми, что соответствует рекомендациям по оптимальной структуре анкетирования. Результаты опроса представлены в таблице 2.

Таблица 2 — Основные результаты опроса педагогов и родителей

Категория респондентов	Количество участников	Процент затруднений в объяснении платформы Arduino	Процент положительных оценок от родителей
Педагоги	15	30 %	—
Родители	20	—	62 %

Среди ключевых выводов: 30 % педагогов указали на трудности объяснения принципов работы с платформой Arduino без дополнительной методической подготовки, что подтверждает необходимость системной поддержки учителей. При этом 62 % родителей отметили высокую вовлеченность детей в проекты с использованием конструкторов, что коррелирует с положительной оценкой школьников. Анализ данных проводился с применением количественных методов, включая расчет доли респондентов по категориям ответов.

Полученные эмпирические данные подтверждают, что разработанные наборы-конструкторы являются эффективным инструментом для ранней подготовки инженерных кадров. Они объединяют принципы деятельностного подхода Л. С. Выготского с современными образовательными технологиями, выступая в роли психологических орудий. Отмеченный рост технического мышления, навыков командной работы и мотивации свидетельствует о том, что обучение в рамках активной, практико-ориентированной деятельности способствует раскрытию потенциала учащихся в их ЗБР. Постепенное усложнение задач от физического моделирования к цифровому программированию, обеспечивающее преемственность, позволяет школьникам осваивать базовые и продвинутые навыки, интегрируя знания из различных областей.

Успешное внедрение требует координации усилий всех участников образовательного процесса. Исследование

выявило ряд ключевых направлений:

- 1) *для школ* — интегрировать конструкторы в учебные курсы; включать сборку планера в курс физики для изучения аэродинамики и законов Бернулли через активную деятельность; включать работу с квадрокоптером на платформе Arduino в занятия по информатике для освоения программирования; создавать инженерные клубы; организовывать внеурочные занятия с постепенно усложняющимися задачами, обеспечивая преемственность обучения; использовать групповые проекты для развития навыков командной работы;
- 2) *для разработчиков наборов-конструкторов* — обеспечить цифровую поддержку обучения; разрабатывать видеоруководства, интерактивные симуляторы; создавать платформы с адаптивными заданиями, поддерживающие идею ЗБР в цифровом формате; создавать упрощенные версии для младших школьников с наглядными схемами; включать игровые элементы для повышения мотивации;
- 3) *для родителей* — поддерживать семейные проекты, участвовать в совместной сборке конструкторов, усиливая мотивацию через социальное взаимодействие; обсуждать результаты экспериментов для развития критического мышления; использовать конкурсы, организовывать и поощрять участие детей в соревнованиях и выставках.

Реализация указанных рекомендаций требует учета возрастных особенностей,

развития инфраструктуры и вовлечения всех участников.

Использование образовательных наборов-конструкторов играет ключевую роль в формировании инженерного мышления и развитии компетенций, востребованных в цифровой экономике. Такие наборы-конструкторы, как БПЛА типа «летающее крыло» и квадрокоптеры на платформе Arduino, позволяют школьникам на практике осваивать фундаментальные принципы инженерной деятельности. Результаты экспериментального исследования демонстрируют потенциальную эффективность деятельностного подхода в обучении. Полученные данные коррелируют с теоретическими положениями, указывающими на важность интеграции обучения в активную деятельность и социальное взаимодействие, что согласуется с культурно-исторической парадигмой Л. С. Выготского, подчеркивающей роль опосредованного взаимодействия в развитии когнитивных процессов [1].

Тем не менее, существуют барьеры, требующие системного решения для масштабирования инициатив, а именно, критическая потребность в дополнительной подготовке педагогических кадров, особенно в освоении цифровых технологий, ярким примером которой является платформа Arduino. Кроме того, важна адаптация образовательных программ и заданий к возрастным особенностям для обеспечения преемственности обучения. Отмечается также важность вовлечения родителей в образовательный процесс.

В заключение следует отметить, что использование образовательных наборов-конструкторов в рамках деятельностного подхода и культурно-исторической теории Л. С. Выготского является мощным инструментом для ранней профориентации, формирования инженерного мышления и развития ключевых компетенций в цифровую эпоху. Для полного раскрытия потенциала этих инструментов необходима последовательная методическая поддержка педагогов, гибкая адаптация образовательных программ и активное участие всех субъектов образовательного процесса. Дальнейшее развитие в указанном контексте позволит достичь амбициозных целей национального проекта «Молодежь и дети».

Список литературы

1. Анализ эффективности использования визуальных средств в инженерном образовании [Электронный ресурс] / Ю. В. Соколова, О. А. Чалова, А. Б. Денисова, А. С. Аджемов // Мир науки. Педагогика и психология. — 2022. — Т. 10. — № 4. — URL: <https://mir-nauki.com/02PDMN422.html> (дата обращения: 20.05.2025).
2. Андрюхина, Л. М. Инженерное мышление в «водовороте» философских дискурсов: от Г. П. Щедровицкого до Б. Латура / Л. М. Андрюхина // Инженерное мышление: особенности и технологии воспроизводства: Материалы науч.-практ. конф.: Сборник научных статей и тезисов, Екатеринбург, 27 ноября 2018 года /

- под ред. А. А. Карташевой. — Екатеринбург: Деловая книга, 2018. — С. 7–19.
3. Афанасьев, В. В. Инженерное мышление — ключевой компонент становления профессиональной позиции студентов технического вуза [Электронный ресурс] / В. В. Афанасьев, А. И. Карпова // Журнал психолого-педагогических исследований. — 2024. — № 1 (5). — С. 20–25. — URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=67863495> (дата обращения: 20.05.2025).
 4. Ван Дер Веер, Р. Выготский и гештальтпсихология / Р. Ван Дер Веер, Я. Валсинер // Гуманитарные исследования в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. — 2023. — № 1 (63). — С. 72–90.
 5. Выготский, Л. С. История развития высших психических функций / Л. С. Выготский. — М.: Издательство Юрайт, 2025. — 336 с.
 6. Зашихина, И. М. Почему культурно-историческая теория Льва Выготского актуальна сегодня? [Электронный ресурс] / И. М. Зашихина // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Гуманитарные и социальные науки. — 2014. — № 5. — С. 38–46. — URL: https://vestnikgum.ru/archive/?ELEMENT_ID=178764 (дата обращения: 20.05.2025).
 7. Кузиев, Н. М. Методы развития технического мышления для инженеров [Электронный ресурс] / Н. М. Кузиев // Oriental Renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. — 2023. — № 12. — С. 78–82. — URL: https://oriens.uz/media/journalarticles/13_H.M.Kuziev_78-82.pdf (дата обращения: 20.05.2025).
 8. Соколова, Е. Т. Культурно-историческая и клинико-психологическая перспектива исследования феноменов субъективной неопределенности / Е. Т. Соколова // Вестник Московского университета. Серия 14. Психология. — 2012. — № 2. — С. 37–48.

Информация об авторе

Сергей Николаевич Угрюмов

Начальник лаборатории педагогического проектирования центра непрерывного повышения профессионального мастерства педагогических работников, Калининградский областной институт развития образования

Information about the author

Sergey N. Ugrumov

Head of the Laboratory of Pedagogical Design at the Center for Continuous Improvement of Professional Mastery of Teaching Staff, Kaliningrad Regional Institute of Education Development

Статья поступила в редакцию 23.05.2025;
одобрена после рецензирования 19.06.2025;
принята к публикации 07.07.2025.

The article was submitted 23.05.2025;
approved after reviewing 19.06.2025;
accepted for publication 07.07.2025.