Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Лысьвенский филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Факультет: Профессионального образования
Направление 44.04.04 Профессиональное обучение (по отраслям)
Профиль: Инженерная педагогика
Кафедра «Общенаучных дисциплин»

Допускается к защите
и.о. зав.кафедрой ОНД
канд.экон.наук.
_____ К.В. Кондратьева
«23» июня 2026 г.

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Магистерская диссертация

на тему:

«Формирование инженерного мышления школьников в рамках освоения программ детского технопарка «Кванториум» с целью ранней профориентации (на примере «Кванториума» МАОУ «Лицей «ВЕКТОРиЯ»)»

Студент: _____18.06.2026 Д.Е. Каменских
(подпись, дата)

Группа: ИП-24-1м ЛФ
Состав ВКР:
1. Пояснительная записка на 121 стр.
2. Портфолио достижений
3. Электронный носитель с материалами ВКР.

Руководитель: _____18.06.2026 канд. пед. наук, доцент кафедры ОНД Е.Н. Хаматнурова
(подпись, дата)

Руководитель магистерской программы: _____18.06.2026 д-р социол. наук, профессор В.Н. Стегний
(подпись, дата)

Проверено на наличие заимствования:_____18.06.2026 канд.пед.наук, доцент Н.А. Степанова
(подпись, дата)

Лысьва, 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ....3

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ....7

1.1 Понятие, структура и содержание инженерного мышления....7

1.2 Анализ нормативно-правовой базы деятельности детских технопарков «Кванториум»....12

1.3 Детский технопарк «Кванториум» как инновационная среда для развития инженерного мышления и ранней профориентации....18

1.4 Педагогическая модель формирования инженерного мышления школьников в квантуме Хайтек....24

2 ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФОРМИРОВАНИЮ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ В УСЛОВИЯХ КВАНТУМА ХАЙТЕК....32

2.1 Диагностика исходного уровня сформированности инженерного мышления (констатирующий эксперимент)....32

2.2 Организация и содержание формирующего эксперимента (реализация программы «Квантум Хайтек»)....41

2.3 Анализ результатов контрольного эксперимента и оценка эффективности педагогической модели....55

3 ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ «КВАНТОРИУМА»....70

3.1 Разработка и содержание учебно-методического комплекса для квантума Хайтек....70

3.2 Информационно-коммуникационное обеспечение деятельности технопарка (разработка web-ресурса для записи)....75

3.3 Рекомендации педагогам по оптимизации процесса формирования инженерного мышления учащихся....82

ЗАКЛЮЧЕНИЕ....90

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ....98

ПРИЛОЖЕНИЕ А – Авторский тест закрытого типа для школьников (констатирующий эксперимент)....105

ПРИЛОЖЕНИЕ Б – Анкета для учащегося (до начала обучения по программе «Квантум Хайтек»)....108

ПРИЛОЖЕНИЕ В – Авторский тест для педагогов (констатирующий эксперимент)....109

ПРИЛОЖЕНИЕ Г – Авторский тест для школьников (контрольный эксперимент)....113

ПРИЛОЖЕНИЕ Д – Авторский тест для педагогов (контрольный эксперимент)....116

ПРИЛОЖЕНИЕ Е – Анкета для учащегося (после освоения программы «Квантум Хайтек»)....119

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж – Результаты анкетирования (констатирующий эксперимент)....120

ПРИЛОЖЕНИЕ З – Результаты анкетирования (контрольный эксперимент)....121

ВВЕДЕНИЕ

В условиях ускорения технологического развития инженерное мышление выступает необходимым условием эффективного решения комплексных технических задач и создания конкурентоспособных продуктов. Эмпирические данные свидетельствуют о недостаточном уровне сформированности у школьников базовых компетенций, необходимых для освоения технических дисциплин [9]. Практика функционирования детских технопарков «Кванториум» подтверждает их значительный потенциал как инструмента развития инженерного мышления учащихся.

Актуальность исследования обусловлена, с одной стороны, государственным заказом на подготовку квалифицированных инженерных кадров, с другой – требованиями высокотехнологичных отраслей экономики. Технологический прогресс стимулирует появление таких перспективных направлений, как робототехника, биотехнологии, искусственный интеллект, вызывающих устойчивый интерес у школьников. Возникает объективная потребность в разработке педагогических моделей, обеспечивающих целенаправленное формирование инженерного мышления в условиях дополнительного образования. Решение этой задачи требует учета динамики развития новых технологий и создание образовательной техносферы, способствующей практическому освоению инженерных компетенций. Кроме того, формирование инженерного мышления в детском технопарке «Кванториум» создает основу для ранней профессиональной ориентации школьников, позволяя им осознанно подойти к выбору будущей инженерной специальности.

Индивидуальный подход, раннее профессиональное ориентирование и практическое обучение дают детям возможность раскрыть свой потенциал и стать лидерами в мире высоких технологий. Целенаправленное развитие навыков критического мышления, креативности, способности к междисциплинарной работе и умения адаптироваться к изменениям будет способствовать подготовке учащихся к самостоятельной проектной

деятельности и созданию технических решений, соответствующих актуальным запросам производства.

Объект исследования — процесс формирования инженерного мышления школьников.

Предмет исследования — использование программ детского технопарка «Кванториум» (на примере квантума Хайтек) для формирования инженерного мышления школьников с целью ранней профориентации.

Цель исследования — сформировать инженерное мышление школьников в рамках освоения программ детского технопарка «Кванториум».

Гипотеза исследования: реализация авторской программы «Квантум Хайтек», построенной на принципах междисциплинарной интеграции и проектно-ориентированного обучения, обеспечит повышение уровня сформированности инженерного мышления школьников при соблюдении следующих условий:

- образовательный процесс основан на интеграции предметов естественно-научного цикла (физика, химия, математика) с предметами гуманитарного цикла (история, обществознание);
- используются интерактивные методы обучения и мультимедийные средства;
- разработаны показатели инженерного мышления и диагностическое обеспечение их оценки;
- внедряются междисциплинарные подходы, объединяющие знания из разных областей науки и техники для решения комплексных инженерных задач;
- решение инженерных задач, анализ данных и проведение исследований обеспечивают развитие критического мышления.

Задачи исследования:

1. Рассмотреть теоретические основы формирования инженерного мышления у школьников.

2. Провести анализ существующих программ и методик, направленных на развитие инженерного мышления в рамках дополнительного образования.

3. Разработать показатели инженерного мышления у школьников, создать диагностический инструментарий для их изучения на практике и исследовать уровень развития инженерного мышления.

4. Разработать и экспериментально проверить результативность авторской программы «Квантум Хайтек».

5. Разработать рекомендации по оптимизации процесса формирования инженерного мышления учащихся в рамках программ «Кванториума».

6. Выявить влияние освоения программы «Квантум Хайтек» на профессиональное самоопределение школьников и сформировать у них устойчивый интерес к инженерным специальностям (ранняя профориентация).

Методологическая основа исследования:

- проектно-ориентированный подход;
- системно-деятельностный подход;
- технологический подход.

Методы исследования:

- *теоретические*: анализ психолого-педагогической и методической литературы, системно-структурный анализ, сравнительно-сопоставительный анализ, теоретическое моделирование;
- *эмпирические*: педагогический эксперимент (констатирующий, формирующий, контрольный), тестирование, анкетирование, педагогическое наблюдение, анализ продуктов деятельности, беседа;
- *статистические*: методы математической обработки данных, сравнительный анализ.

Научная новизна:

– конкретизирована структура инженерного мышления применительно к образовательной среде детского технопарка «Кванториум», включающая четыре взаимосвязанных компонента, измеряемых посредством авторского диагностического инструментария;

– разработана педагогическая модель формирования инженерного мышления школьников в квантуме Хайтек;

– создан авторский диагностический инструментарий для оценки уровней сформированности компонентов инженерного мышления.

Теоретическая значимость:

– систематизированы подходы к формированию инженерного мышления;

– определена структура и критерии сформированности инженерного мышления.

Практическая значимость:

– разработана и апробирована авторская программа «Квантум Хайтек»;

– создан учебно-методический комплекс (методическое пособие для наставников, методические указания по выполнению лабораторных работ);

– разработан и внедрён информационный web-ресурс для записи в «Кванториум»;

– подготовлены практические рекомендации для педагогов.

База исследования. Опытно-экспериментальная работа проводилась на базе квантума Хайтек детского технопарка «Кванториум» МАОУ «Лицей «ВЕКТОРиЯ» г. Лысьва Пермского края. В исследовании приняли участие 60 учащихся 7-х классов и 5 педагогов.

Структура диссертации. Работа состоит из введения, трёх глав, заключения, списка использованной литературы (48 источников) и 7 приложений.

1 ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

1.1 Понятие, структура и содержание инженерного мышления

Формирование инженерного мышления – одна из ключевых задач современного образования. Это связано с тем, что развитие инженерного мышления способствует развитию аналитического ума, технической пытливости, познавательного интереса и социальной успешности обучающихся. Человек с развитым инженерным мышлением способен не только обеспечить себе успешное положение в современном обществе, но и содействовать его развитию. В связи с этим к образованию предъявляются высокие требования. Это значит, что преподавание должно основываться не только на передаче информации, но и на «обучении мышлению». Для формирования инженерного мышления необходимо определить его структуру.

Существуют разные взгляды на суть понятия «инженерное мышление».

М.Н. Очиров и О.А. Гармаева считают, что инженерное мышление – это мышление, детерминированное профессиональной деятельностью инженера, требующее разрешения сложных проблемных ситуаций с учётом экономических, экологических, эстетических, эргономических, коммуникативных и управленческих требований [37].

Д.А. Мустафина, И.В. Ребро и Г.А. Рахманкулова утверждают, что инженерное мышление – это особый вид мышления, который формируется при решении инженерных задач и позволяет быстро, точно и оригинально решать технические проблемы для создания технических средств и организации технологий [35].

З.С. Сазонова и Н.В. Чечёткина считают, что инженерное мышление основано на воображении и включает логическое, творческое, наглядно-образное, практическое, теоретическое, техническое и пространственное мышление [40].

Как показано в исследовании группы ученых под руководством Г.А. Рахманкуловой, инженерное мышление включает четыре основных компонента: технический, конструктивный, исследовательский и экономический [29].

Каждый из компонентов инженерного мышления характеризуется следующим образом:

1. Техническое мышление – способность анализировать устройство, принципы функционирования и структуру технических объектов в изменяющихся условиях [29].

Структура технического мышления по Т.В. Кудрявцеву включает три компонента: понятийный, образный и практический.

Понятийный компонент отвечает за формирование технических понятий и закономерностей. Образное мышление позволяет создавать и манипулировать системой образов, а также графическими умениями. Практический компонент подразумевает экспериментальную проверку полученных результатов [28].

Образный компонент технического мышления отвечает за создание и управление системами образов, а также за графические умения [28].

Практический компонент предполагает обязательное применение знаний и умений на практике [28].

2. Конструктивное мышление – компонент инженерного мышления, отвечающий за построение определенной модели решения поставленной проблемы или задачи [16].

3. Исследовательское мышление представляет собой сложный процесс, включающий различные типы мышления, воображение и фантазию, направленные на накопление и обобщение знаний, а также создание новых концепций [8].

4. Экономическое мышление – способность принимать рациональные решения в экономических ситуациях, опираясь на практический опыт и осознавая свою ответственность за последствия [24].

Значительный вклад в детализацию структуры внесла О.М. Корчажкина, обосновавшая, что в условиях конвергенции дисциплин базовыми компонентами выступают естественно-научный, проектный и конструкторский типы мышления [27].

Естественно-научный тип мышления формируется на основе синтеза знаний о фундаментальных законах природы и способности применять их для объяснения принципов работы технических устройств. Проектный тип мышления связан с постановкой цели, планированием этапов деятельности и прогнозированием результатов. Конструкторский тип мышления обеспечивает способность к созданию и преобразованию мысленных образов технических объектов, их пространственному оперированию и материальному воплощению. При этом О.М. Корчажкина подчёркивает, что формирование всех трёх компонентов должно осуществляться в тесной взаимосвязи и взаимодополнении. Автор также разработала процедуру информационно-психологического моделирования, которая позволяет выявить общие тенденции формирования и развития естественно-научного и проектно-конструкторского мышления старшеклассников, базируясь на информационном подходе с ориентацией на ментальный опыт учащихся, приобретаемый в процессе решения творческих инженерных задач согласно методологии ТРИЗ [27].

Проблема выявления компонентного состава инженерного мышления также нашла отражение в эмпирических исследованиях. Так, А.А. Никитина и Е.А. Маннанова провели исследование представлений об инженерном мышлении у практикующих психологов и педагогов. По результатам опроса 72 респондентов, большинство (88,9%) в качестве основы инженерного мышления выделяют системное мышление (способность понимать взаимосвязи между элементами технической системы) и логическое мышление. Аналитическое мышление считают важным компонентом инженерного мышления 75% выборки, при этом лишь 50% отметили креативность [36]. Данные результаты показывают, что в массовом сознании

инженерное мышление ассоциируется прежде всего с рационально-логическими, а не с творческими стратегиями, что создаёт определённые риски для организации образовательного процесса, так как игнорирование креативной составляющей может существенно обеднить формируемые компетенции.

Значительный вклад в детализацию структуры инженерного мышления вносит Т.А. Захарова. В своей статье, посвящённой механизмам и условиям развития инженерного мышления в образовательной среде, автор определяет инженерное мышление как комплексный когнитивно-деятельностный процесс, в основе которого лежит ориентация на решение реальных задач. По мнению Т.А. Захаровой, данный тип мышления включает следующие взаимосвязанные компоненты, сгруппированные в пять блоков: когнитивно-логический, проектно-моделирующий, междисциплинарно-коммуникативный, личностно-мотивационный и регулятивно-рефлексивный [18]. Т.А. Захарова подчёркивает, что формирование всех перечисленных компонентов не может происходить изолированно. Их развитие обеспечивается комплексным взаимодействием методологических (STEM-образование), организационных (проектная и исследовательская деятельность), ресурсных (цифровые инструменты) и социальных (партнёрство с профессиональными организациями) условий. Именно синтез когнитивных, деятельностных и личностных составляющих, по мысли автора, превращает инженерное мышление из совокупности знаний в устойчивый тип мышления, пригодный для профессиональной реализации.

В условиях перехода к экономике знаний и технологическому укладу «Индустрия 4.0» содержание инженерного мышления претерпевает существенные изменения. Как отмечает А.А. Бирюков, инженерный стиль мышления включает не только способность к техническому творчеству, но и готовность к непрерывному обучению, умение работать с большими данными, навыки цифрового моделирования и опыт командной работы над междисциплинарными проектами [13]. Для системы дополнительного

образования это означает, что формирование инженерного мышления не должно сводиться лишь к обучению работе на конкретном оборудовании (3D-принтерах, лазерных станках), но обязано включать развитие метакогнитивных навыков (целеполагание, рефлексию, оценку результатов), коммуникативных компетенций (умение работать в команде, презентовать результаты) и способности к генерации оригинальных идей.

И.В. Суслоновой и Е.А. Ходыревой предложен целостный методологический комплекс для формирования основ инженерного мышления у детей 7–11 лет, интегрирующий синергетический (учитывающий нелинейность и самоорганизацию процесса), конвергентный (стратегия интеграции знаний из разных областей) и средовой (организация развивающей образовательной среды) подходы [43].

Таким образом, проведённый анализ психолого-педагогической и научно-методической литературы показывает, что инженерное мышление является многокомпонентным интегративным образованием. Однако для целей настоящего исследования, в котором формирование инженерного мышления рассматривается в условиях квантума Хайтек детского технопарка «Кванториум», за основу принимается структура, предложенная Г.А. Рахманкуловой, С.Ю. Кузьминым, Д.А. Мустафиной и И.В. Ребро. Данный выбор обусловлен следующими причинами:

1. Данная структура (техническое, конструктивное, исследовательское и экономическое мышление) в наибольшей степени соответствует специфике деятельности в квантуме Хайтек. Техническое мышление необходимо для понимания принципов работы 3D-принтеров, лазерных станков и 3D-сканеров. Конструктивное мышление востребовано при создании 3D-моделей в САПР «КОМПАС-3D» и разработке сборок. Исследовательское мышление проявляется при экспериментальном подборе параметров печати, сканирования и гравировки, а также при анализе ошибок. Экономическое мышление реализуется в расчёте себестоимости изделий и поиске путей оптимизации затрат.

2. Выделенные четыре компонента являются операционализируемыми — каждый из них может быть измерен с помощью диагностического инструментария (тестов для учащихся и анкет для педагогов), что позволяет объективно оценить уровень сформированности инженерного мышления до и после реализации авторской программы.

3. Данная структура является теоретически обоснованной и практически реализуемой в условиях детского технопарка «Кванториум», что позволяет использовать её в качестве основы для разработки педагогической модели и диагностического инструментария. Четырёхкомпонентная структура учитывает основные направления деятельности в квантуме Хайтек и отражает требования к результатам освоения дополнительных общеобразовательных программ технической направленности.

Таким образом, в рамках данного исследования под инженерным мышлением школьников понимается интегративное личностное образование, включающее во взаимосвязи следующие компоненты: техническое мышление (способность понимать принципы работы, настраивать и диагностировать оборудование), конструктивное мышление (способность создавать 3D-модели, сборки и техническую документацию), исследовательское мышление (способность анализировать проблемные ситуации, выдвигать гипотезы, экспериментально проверять решения) и экономическое мышление (способность оценивать затраты ресурсов, оптимизировать производственный процесс). Именно эта четырёхкомпонентная структура положена в основу разработанной педагогической модели, диагностического инструментария и авторской программы «Квантум Хайтек».

1.2 Анализ нормативно-правовой базы деятельности детских технопарков «Кванториум»

В современном мире, характеризующемся стремительным технологическим прогрессом, формирование инженерного мышления у школьников приобретает особую актуальность. Подготовка будущих

инженеров, способных к инновационному решению задач, становится приоритетной задачей системы образования. Одним из эффективных инструментов в данном направлении являются детские технопарки «Кванториум», реализующие программы дополнительного образования технической направленности.

В условиях стремительного технологического развития и цифровой трансформации общества, инженерное образование играет ключевую роль в обеспечении устойчивого экономического роста и инновационного потенциала страны. Формирование инженерного мышления у подрастающего поколения становится стратегически важной задачей, требующей эффективных подходов и современных образовательных платформ.

Нормативно – правовая база деятельности «Кванториумов»

Деятельность детских технопарков «Кванториум» регулируется комплексом нормативно-правовых актов федерального, регионального и локального уровней. К ключевым документам относятся:

1. Федеральный закон от 29.12.2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». Данный закон определяет общие принципы и цели образования в Российской Федерации, подчёркивая их направленность на развитие личности, мотивации к познанию и творчеству.

2. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 г. № 305 «Об утверждении Правил предоставления субсидий из федерального бюджета на реализации мероприятий, направленных на развитие сети детских технопарков «Кванториум»».

3. Приказ Министерства просвещения России от 09.11.2018 г. № 196 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам».

4. Приказ Министерства просвещения РФ от 27 июля 2022 г. № 629. Указана важность использования современных образовательных ресурсов, соответствующих требованиям ФГОС, что, в свою очередь, стимулирует

развитие инновационных подходов и методик, применимых в «Кванториумах».

5. Распоряжение Минпросвещения РФ от 12.01.2021 г. № Р-4.

6. Стратегия научно-технологического развития Российской Федерации (Указ Президента РФ от 01.12.2016 N 642). Стратегия определяет основные направления научно-технологического развития страны, в том числе формирование кадрового потенциала, способного к разработке и внедрению инновационных технологий. «Кванториумы» рассматриваются как один из инструментов реализации данной стратегии, обеспечивающий подготовку школьников к инженерной деятельности.

7. Концепция развития дополнительного образования детей (Распоряжение Правительства РФ от 31.03.2022 N 678-р). Концепция определяет цели, задачи и приоритеты развития системы дополнительного образования детей до 2030 года. В ней подчёркивается необходимость расширения доступа детей к современным и качественным дополнительным общеобразовательным программам, в том числе технической направленности, для развития их талантов и способностей. Требования Концепции развития дополнительного образования детей от 31.03.2022 г. направлены на создание условий для выявления и поддержки одаренных детей, а также на развитие их профессиональных компетенций, что полностью соответствует целям и задачам «Кванториумов».

Кроме того, в последние годы в России наблюдается активный интерес к развитию системы дополнительного образования инженерной направленности, что нашло отражение в ряде нормативных актов и государственных программ, таких как Федеральный проект «Успех каждого ребенка» и «Стратегия развития воспитания в Российской Федерации на период до 2025 года» [5,2]. Эти документы определяют приоритеты развития инженерного образования и подчеркивают важность ранней профориентации и поддержки талантливых детей.

Целью «Кванториумов» является предоставление школьникам возможности осваивать современные инженерные направления: робототехнику, виртуальную и дополненную реальность, аэрокосмические технологии, промышленный дизайн, IT-технологии и другие [1].

Критерии оценки стандартов и требований к программам

В «Кванториумах» реализуются дополнительные общеобразовательные программы технической направленности, нацеленные на развитие познавательной мотивации школьников и их подготовку к будущей профессиональной деятельности в инженерно-технологической сфере. Критерии оценки стандартов дополнительных общеобразовательных программ технической направленности представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Критерии оценки стандартов дополнительных общеобразовательных программ технической направленности в «Кванториумах»

Критерий	Содержание критерия
Соответствие ФГОС	Программы должны отвечать требованиям Федеральных государственных образовательных стандартов (ФГОС) в части формирования универсальных учебных действий (УУД): умения планировать, организовывать, контролировать и оценивать свою деятельность, работать в команде, решать проблемные задачи и принимать решения
Актуальность содержания	Содержание программ должно отражать современный уровень развития науки и техники, включать изучение новейших технологий и разработок, а также учитывать потребности рынка труда
Практико-ориентированность	Программы должны предусматривать деятельное включение школьников в практическую работу – разработку и создание прототипов, участие в инженерных соревнованиях и конкурсах, выполнение проектных работ
Использование современных образовательных технологий	В учебном процессе надлежит применять передовые образовательные технологии, в числе которых проектное обучение, проблемное обучение, STEAM-образование и другие
Обеспеченность материально-технической базой	«Кванториумы» должны располагать современным оборудованием и инструментами, необходимыми для реализации программ технической направленности, включая станки с ЧПУ, 3D-принтеры, лазерные граверы, робототехнические комплексы и иное оснащение

Продолжение таблицы 1

Критерий	Содержание критерия
Квалификация педагогических кадров	Педагоги «Кванториумов» обязаны обладать высокой квалификацией, иметь опыт работы в научно-технической сфере, владеть современными образовательными технологиями и умением мотивировать школьников к инженерной деятельности

Методы и формы обучения

Для развития инженерного мышления школьников в «Кванториумах» применяются различные методы и формы обучения:

– проектная деятельность: работа над реальными инженерными проектами, решение конкретных задач и создание прототипов;

– мастер-классы и тренинги: проведение мастер-классов и тренингов опытными инженерами и специалистами для передачи знаний и навыков школьникам;

– инженерные соревнования и конкурсы: участие в инженерных соревнованиях и конкурсах с целью демонстрации своих знаний и умений, а также обмена опытом с другими участниками;

– экскурсии на предприятия: посещение предприятий, где школьники могут ознакомиться с работой инженера, технологиями и задачами.

Результаты исследований и выявленные проблемы

Образовательные программы «Кванториума» базируются на проектной деятельности, командной работе и практическом применении знаний. Данная модель рассматривается как ключевой фактор формирования инженерного мышления. О.В. Беспалова подчеркивает, что среда «Кванториумов» способствует развитию критического мышления, креативности и коммуникативных навыков, востребованных в успешной инженерной деятельности [12].

Несмотря на относительно непродолжительный период функционирования «Кванториумов» существует ряд исследований, посвященных оценке результативности реализуемых образовательных программ. Преобладающая часть работ фиксирует положительное влияние

обучения на развитие инженерного мышления школьников. В частности, в работе Г.М. Исмаилова и соавторов установлено, что участие в программах «Кванториума» ведет к повышению уровня технических знаний, совершенствованию навыков работы с информационными технологиями, а также развитию креативности и уверенности в собственных силах [20].

М.Л. Заяц показывает, что программы «Кванториума» результативно формируют инженерное мышление, охватывая такие его компоненты, как проблемно-ориентированное мышление, способность к командной работе и нахождению инновационных решений [19]. Особенно выделяется роль образовательной среды, стимулирующей интерес к инженерным наукам и создающей условия для реализации потенциала школьников.

В то же время, отдельные исследования фиксируют ряд проблем и вызовов, сопровождающих деятельность «Кванториумов» [26]. Они представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Проблемы и вызовы, сопровождающие деятельность «Кванториумов»

Выявленная проблема/ вызов	Содержательная характеристика
Нехватка квалифицированных наставников	В некоторых регионах наблюдается нехватка специалистов, обладающих необходимыми знаниями и опытом для преподавания в «Кванториумах»
Разрыв между теорией и практикой	Не всегда обеспечивается достаточная связь между теоретическими знаниями и реальными инженерными проектами, что приводит к недостаточному пониманию принципов и законов, которые лежат в основе инженерных решений
Недостаточное внимание к soft skills	Недостаточно уделяется внимание развитию мягких навыков: коммуникации, лидерству, управлению временем и эмоциональному интеллекту
Необходимость обновления учебных программ	Из-за стремительно развивающихся технологий важно регулярно обновлять учебные программы и оборудование в «Кванториумах», чтобы соответствовать современным требованиям
Потребность в развитии системы оценки результатов	Для возможности объективного оценивания эффективности образовательных программ необходимо разработать эффективные методики оценки уровня сформированности инженерного мышления у школьников

Таким образом, программы «Кванториума» представляют собой важный элемент в системе образования, направленный на формирование инженерного мышления у школьников. Современные исследования в основном подтверждают их эффективность, однако важно учитывать выявленные проблемы и вызовы. Перспективы развития «Кванториумов» связаны с дальнейшим совершенствованием учебных программ, подготовкой квалифицированных наставников, обновлением оборудования и разработкой эффективных методик оценки результатов.

1.3 Детский технопарк «Кванториум» как инновационная среда для развития инженерного мышления и ранней профориентации

В 2015 г. президент РФ В.В. Путин подписал стратегическую инициативу «Новая модель системы дополнительного образования детей». В рамках данной инициативы реализована сеть детских технопарков «Кванториум». Первые пилотные площадки были организованы в городах: Набережные Челны, Ханты-Мансийск и Нефтеюганск [48].

В 2021 году Министерством просвещения РФ были утверждены «Методические рекомендации по созданию и функционированию детских технопарков «Кванториум» на базе общеобразовательных организаций». Данный документ определяет организационные и методические условия создания «Кванториумов» в структуре школ, а также устанавливает требования к материально-техническому оснащению, кадровому составу и содержанию образовательных программ [3]. Целью создания Школьного Кванториума является развитие материально-технической базы общеобразовательных организаций и совершенствование организационно-методических подходов к организации образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам. Актуализированная версия методических рекомендаций была направлена письмом Минпросвещения РФ от 30.11.2023 № ТВ-2357/02 для использования в работе в 2024 году [4].

Помимо указанных документов, деятельность «Кванториумов» регламентируется также локальными нормативными актами на уровне образовательных организаций: положениями о детском технопарке, о мобильном технопарке, о порядке приёма и зачисления обучающихся, о формах промежуточной аттестации. В ряде регионов разработаны и утверждены региональные организационные модели функционирования «Кванториумов».

Детский технопарк «Кванториум» включает в себя следующие квантумы (творческие лаборатории): Аэроквантум, Автоквантум, Геоквантум, Космоквантум, Наноквантум, Энерджиквантум, IT-квантум, VR/AR-квантум, Data-квантум, квантум Хайтек, Робоквантум, Механикоквантум, Биоквантум, Медиаквантум [33]. Описание квантумов приведено в таблице 3.

Таблица 3 – Квантумы детского технопарка «Кванториум»

Квантум	Описание
Аэроквантум	Проектирование, сборка и эксплуатация беспилотных летательных аппаратов, а также разработка дронов и программирование в области авиационных технологий.
Автоквантум	Фундаментальные принципы автомобильного проектирования и разработка беспилотных транспортных средств для дистанционного управления.
Геоквантум	Использование GPS-навигации, аэро- и фотосъемки, разработка интерактивных карт и создание трехмерных моделей местности.
Космоквантум	Прикладная космонавтика, изучение астрономии и ракетостроение.
Наноквантум	Изучение газохимии и химии полимеров, работа с наноматериалами.
Энерджиквантум	Изучение альтернативных источников энергии.
IT-квантум	Освоение современных информационных технологий и разработка приложений.
VR/AR-квантум	Создание прототипов шлемов виртуальной реальности и разработка виртуальных приложений.
Data-квантум	Анализ информации и работа с большими данными.
квантум Хайтек	Работа на различном оборудовании для производства деталей и реализации проектов.
Робоквантум	Изучение основ робототехники и создание роботов.
Механикоквантум	Работа с механизмами и материалами.
Биоквантум	Изучение биологии и применение знаний в практической деятельности
Медиаквантум	Создание видеоконтента и работа в кинопроизводстве

Изучение опыта функционирования детских технопарков «Кванториум» дает основания выделить ряд ключевых факторов, определяющих их эффективность как инновационной образовательной среды. К числу таких факторов относится высокая практико-ориентированность образовательного процесса. Обучение основано на проектном методе и предполагает работу учащихся над реальными инженерными проектами – от замысла до готового прототипа. Д.Ф. Тимирбаев характеризует квантум Хайтек как центр материализации проектов, в котором идеи обретают физическое воплощение с использованием 3D-принтеров, лазерных станков и другого оборудования [45].

Вторым значимым фактором выступает интеграция с реальным сектором экономики. «Кванториумы» осуществляют активное взаимодействие с промышленными предприятиями, что обеспечивает вовлечение учащихся в решение актуальных производственных задач. Такой подход способствует формированию основы для дальнейшего профессионального роста школьников в сфере высоких технологий [34].

В-третьих, важным фактором является одновременное формирование технических компетенций (hard skills) и метапредметных навыков (soft skills). Образовательная экосистема технопарков позволяет школьникам не только осваивать актуальные технологические компетенции, но и воплощать собственные проектные инициативы [39].

Эмпирические исследования подтверждают эффективность «Кванториума» как среды для развития инженерного мышления. Результаты анкетирования обучающихся направления Хайтек Мобильного технопарка «Кванториум» показали, что 70% опрошенных считают, что занятия в технопарке способствуют развитию инженерного мышления, ещё 23% отметили частичное влияние. В качестве ключевых факторов развития инженерного мышления обучающиеся выделили постановку задач, самостоятельность в проекте и консультации педагога [10].

Практическое исследование проводилось на базе «Кванториума» г. Лысьвы Пермского края. «Кванториум» имеет следующую структуру:

1. Наноквантум
2. Биоквантум
3. Энерджиквантум
4. Робоквантум
5. Хайтек
6. Аэроквантум

Практическое исследование проводилось в квантуме Хайтек. Хайтек представляет собой пространство, в котором зарождаются и воплощаются в реальность самые смелые и новаторские концепции. В указанном квантуме возможно реализовать проекты различной сложности: от миниатюрной фигурки любимого киногероя до высокотехнологичного электронного устройства, способного преобразовать окружающий мир.

Целью квантума является развитие навыков работы с современным технологичным оборудованием и применение их в реальных проектах.

Задачи квантума Хайтек:

– ознакомление с фундаментальными положениями теории решения изобретательских задач и инженерной практики;

– обучение работе в системах автоматизированного проектирования, включая создание двухмерных и трёхмерных моделей;

– развитие навыков и компетенций, необходимых для успешного выполнения проектов [45].

Ключевое оборудование квантума Хайтек:

– персональный компьютер;

– станок лазерной резки и гравировки предполагает широкий спектр деятельности, включающий в себя резку и гравировку различных материалов, таких как пластик, дерево, металл и другие; открывает возможности для реализации творческих проектов, таких как создание архитектурных макетов, транспортных моделей, корпусов приборов и других объектов;

– 3D-принтер применяется для наглядного освоения образовательной программы и углубленного погружения в изучаемую тему,

способствует развитию визуализации, пространственного мышления, творческих и инновационных способностей, технического мастерства, коммуникативных навыков, умений сотрудничества, а также критического мышления;

– 3D-сканер используется для создания трехмерных моделей объектов, стимулирует развитие пространственного и критического мышления;

– паяльная станция предназначена для выполнения операций по соединению и разъединению электронных элементов, обеспечивает формирования и совершенствование комплекса технических умений, включающего понимание фундаментальных принципов электроники, электротехники и взаимодействия с электронными устройствами.

Квантум Хайтек представляет собой центральный инфраструктурный компонент «Кванториума», обеспечивающий материализацию проектных идей. В отличие от большинства квантумов, специализирующихся на конкретной предметной области (робототехника, IT), Хайтек выполняет сквозную интегративную функцию. Широкий набор оборудования позволяет реализовать проекты практически любой направленности – от сувенирной продукции до функциональных прототипов электронных устройств и робототехнических систем. Определяющей характеристикой квантума Хайтек выступает его роль ресурсной базы для всех остальных квантумов: он предоставляет возможность изготовления деталей, корпусов и прототипов, необходимых для реализации их проектов. Это создаёт уникальные условия для междисциплинарной проектной деятельности и интеграции знаний из различных областей [45].

Следует также отметить, что задачей наставников «Кванториума» является не только обучение работе на оборудовании, но и формирование инженерного подхода к решению задач. Как подчёркивают практики, в ходе обучения ученик должен в первую очередь думать, анализировать, моделировать: что необходимо сделать, чтобы решить проблему, где можно

найти нужную информацию, почему данный модуль работает неправильно. Оценивается не конечный результат, а работа над ним, силы, вложенные в его реализацию, так как отрицательный результат – тоже результат, просто необходимо его проанализировать и понять, почему проект не удался. Неудача не должна заставлять ученика опускать руки, а наоборот, стимулировать прилагать ещё больше усилий и не допускать ошибок в будущем [47]. Данный подход к оцениванию непосредственно способствует развитию исследовательского мышления и формированию устойчивой мотивации к инженерной деятельности.

Таким образом, детский технопарк «Кванториум» представляет собой инновационную образовательную среду, обладающую значительным потенциалом для формирования инженерного мышления школьников. Его ключевыми характеристиками являются практико-ориентированность, проектный метод обучения, современное оборудование, интеграция с реальным сектором экономики и ориентация на формирование метапредметных компетенций. Выявленные проблемы и перспективы развития определяют направления дальнейшего совершенствования образовательного процесса в «Кванториумах» и обосновывают актуальность разработки педагогической модели формирования инженерного мышления. Обучение в квантуме Хайтек предоставляет уникальную возможность погрузиться в мир создания окружающих нас предметов и осознать, как происходит процесс их проектирования и разработки. Одновременно с формированием технических навыков происходит профессиональное самоопределение учащихся: они примеряют на себя роли инженера-конструктора, технолога, оператора цифрового оборудования, что способствует осознанному выбору инженерной траектории в старших классах и при поступлении в ВУЗ.

1.4 Педагогическая модель формирования инженерного мышления школьников в квантуме Хайтек

С целью обеспечения соответствия образовательного процесса актуальным требованиям государственной политики в сфере образования, была разработана педагогическая модель формирования инженерного мышления школьников в рамках освоения программ «Кванториума, представленная на рисунке 1.

Цель – сформировать инженерное мышление школьников в рамках освоения программ «Кванториума.

Достижение поставленной цели предполагало решение следующих задач:

1. формирование креативности и инновационного мышления;
2. развитие навыков системного анализа и решения проблем;
3. освоение умений проектирования и конструирования технических объектов;
4. развитие исследовательских компетенций и навыков командной работы;
5. совершенствование коммуникативных способностей и умения презентовать результаты деятельности.

Педагогическая модель базируется на трех взаимосвязанных подходах: проектно-ориентированном, системно-деятельностном и технологическом. Проектно-ориентированный подход предусматривает организацию образовательного процесса через выполнение учащимися инженерных проектов, что обеспечивает практическое применение знаний и формирование инженерных компетенций [17,25].



Рисунок 1 – Педагогическая модель формирования инженерного мышления школьников

Системно-деятельностный подход ориентирован на активную познавательную деятельность учащихся, которая обеспечивает освоение инженерных компетенций посредством решения проблемных ситуаций и выполнения практических заданий [31]. Технологический подход структурирует образовательный процесс на основе четких алгоритмов и процедур с использованием современных образовательных технологий и инструментов [38].

В основу педагогической деятельности в рамках модели заложены принципы, выполняющие роль нормативных ориентиров и направленные на достижение высокой результативности и качества образовательного процесса. Проектный принцип предполагает соединение теоретической подготовки с практическими умениями непосредственно в ходе работы над инженерными проектами [7]. Принцип практической направленности нацеливает учебный процесс на постановку и решение реальных инженерных задач, а также на получение продуктов, обладающих прикладной значимостью [41].

Принцип интеграции ориентирует на синтез разнопредметных знаний и компетенций, благодаря чему у обучающихся складывается целостное видение инженерной деятельности [44]. Принцип научности состоит в опоре на методы и технологии обучения, прошедшие научную апробацию [15]. Принцип развивающего обучения призван активизировать познавательную деятельность учащихся и содействовать развитию их интеллектуальных способностей [14]. Принцип доступности подразумевает приведение содержания и методов обучения в соответствие с возрастными и индивидуальными особенностями обучающихся [6]. Реализация принципа наглядности достигается за счет применения визуальных средств и моделей, упрощающих восприятие сложных инженерных концепций [32].

В контексте педагогической модели и всего исследования в целом инженерное мышление понимается как многокомпонентная структура, включающее:

– техническое мышление, охватывающее владение инструментами и технологиями, а также аналитические способности – сбор, анализ и интерпретацию данных;

– конструктивное мышление, включающее пространственное мышление и способности к планированию и организации;

– исследовательское мышление, которое образуют творческое и критическое мышление, умение преодолевать затруднения и решать проблемы;

– экономическое мышление, предполагающее умение рассчитывать затраты на материалы, оборудование, трудовые и иные ресурсы, необходимые для реализации инженерного проекта, находить оптимальные способы использования ресурсов для достижения инженерных целей с минимальными издержками и оценивать экономические выгоды от внедрения инженерного решения [47].

Обеспечение благоприятных педагогических условий выступает значимым фактором эффективного обучения и развития обучающихся. Интерактивные образовательные технологии активизируют познавательную деятельность и совершенствуют коммуникативные компетенции. Участие в конкурсах и конференциях содействует росту мотивации и развитию творческих способностей.

Образовательный процесс, ориентированный на формирование инженерного мышления школьников, выстраивался с использованием комплекса методов обучения:

– технологии коллективного взаимодействия, предусматривающей групповую работу учащихся для решения общих задач и обмена знаниями;

– технологии проблемного обучения, основанной на создании проблемных ситуаций, требующих от учащихся поиска решений и применения инженерных знаний;

– проектного метода, предполагающего выполнение инженерных проектов с прохождением всех этапов инженерной деятельности – от постановки задачи до создания прототипа;

– технологии развития критического мышления, нацеленной на формирование умений анализировать информацию, оценивать ее достоверность и формулировать обоснованные выводы;

– игровых методов, которые обеспечивают включение учащихся в образовательный процесс в игровой форме и тем самым способствуют росту их познавательного интереса и мотивации.

Применение современных образовательных средств выступает значимым условием повышения результативности обучения. Материально-информационное обеспечение образовательного процесса базировалось на следующих средствах: материально-технические средства, демонстрационные программные средства, образовательные издания и ресурсы, тестирующие программы, ресурсы сети Интернет, справочные программные средства.

Оценка образовательных результатов представляет собой значимый компонент педагогического процесса, позволяющий установить эффективность применяемых методов и технологий, а также выявить сильные и слабые стороны обучающихся. Применение различных методов оценки обеспечивает получение более полного и объективного представления о степени сформированности инженерного мышления школьников. Для диагностики уровня сформированности инженерного мышления у школьников были определены следующие методы:

– тестирование направлено на определение уровня знаний обучающихся в различных областях инженерной деятельности;

– анкетирование служит источником сведений о мотивации обучающихся, их интересе к инженерной деятельности, а также об их самооценке сформированности инженерных компетенций;

– анализ продуктов деятельности (например, моделей, проектов) выступает средством диагностики умений обучающихся применять знания на

практике, разрабатывать конструкторскую документацию и создавать технические объекты;

– наблюдение дает возможность фиксировать особенности поведения учащихся в учебном процессе, их активность, инициативность и навыки командного взаимодействия.

Так же определены критерии сформированности компонентов инженерного мышления у школьников: технического, конструктивного, исследовательского и экономического. Данные критерии определяют основные показатели, по которым оценивается уровень сформированности инженерного мышления.

Выделение уровней позволяет дифференцировать учащихся по степени сформированности инженерных компетенций и разрабатывать индивидуальные траектории обучения:

– «Первые шаги» - начальный уровень, характеризующийся базовыми знаниями и умениями в области инженерной деятельности.

– «Проектирование будущего» - средний уровень, характеризующийся умением разрабатывать и реализовывать инженерные проекты.

– «Инженер-новатор» - высокий уровень, характеризующийся умением создавать инновационные технические решения и генерировать новые идеи.

Результат представляет собой целевой показатель, достижение которого свидетельствует об эффективности педагогической модели.

Выводы по первой главе

В первой главе диссертационного исследования проведен анализ теоретических подходов к формированию инженерного мышления школьников в условиях дополнительного образования, в частности – в детском технопарке «Кванториум» на примере квантума Хайтек. В результате проведённого анализа обобщены и систематизированы существующие в психолого-педагогической литературе подходы к пониманию сущности,

структуры и содержания инженерного мышления. Установлено, что инженерное мышление представляет собой многокомпонентное интегративное личностное образование, в структуре которого ключевое место занимают технический, конструктивный, исследовательский и экономический компоненты. Применительно к специфике квантума Хайтек обосновано, что именно данная четырёхкомпонентная структура в наибольшей степени отражает реальные задачи, решаемые учащимися в процессе работы с 3D-принтерами, лазерными станками и 3D-сканерами, включая расчёт себестоимости изделий и оптимизацию производственных процессов.

Выявлено, что несмотря на наличие развёрнутой нормативно-правовой базы, регламентирующей деятельность детских технопарков (Федеральный закон № 273-ФЗ, Приказ Минпросвещения № 196, Концепция развития дополнительного образования детей до 2030 года и другие), сохраняется ряд системных проблем: дефицит квалифицированных наставников, недостаточная разработанность методик оценки результатов, риск формализации проектной деятельности. Эти противоречия обосновывают необходимость разработки целостной педагогической модели, диагностического инструментария и авторской образовательной программы, ориентированных на целенаправленное формирование всех компонентов инженерного мышления.

На основе теоретического анализа и результатов констатирующего этапа была разработана педагогическая модель формирования инженерного мышления школьников в квантуме Хайтек. Модель включает целевой, методологический, содержательно-операционный и диагностический блоки. В основе модели лежат проектно-ориентированный, системно-деятельностный и технологический подходы, а также система принципов (проектный, практической направленности, интеграции, научности, развивающего обучения, доступности, наглядности). Модель ориентирована на комплексное развитие всех четырёх компонентов инженерного мышления посредством

применения технологий коллективного взаимодействия, проблемного обучения, проектного метода и развития критического мышления.

В первой главе также обосновано, что детский технопарк «Кванториум» создает условия для ранней профессиональной ориентации школьников, а анализ нормативно-правовой базы подтверждает приоритетность этой задачи на государственном уровне.

Таким образом, результаты теоретического этапа исследования позволили заложить научный фундамент для последующей опытно-экспериментальной работы: определены ключевые понятия, выделены критерии и уровни сформированности инженерного мышления, охарактеризованы педагогические условия его эффективного развития в квантуме Хайтек. Это обосновывает необходимость разработки авторской программы, чему посвящена вторая глава.

2 ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ РАБОТА ПО ФОРМИРОВАНИЮ ИНЖЕНЕРНОГО МЫШЛЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ В УСЛОВИЯХ КВАНТУМА ХАЙТЕК

2.1 Диагностика исходного уровня сформированности инженерного мышления (констатирующий эксперимент)

В современном мире стремительно развивающихся технологий к специалистам в области инженерии предъявляются высокие требования. Инженерное мышление является ключевым фактором успешной профессиональной деятельности и инновационного развития.

В квантуме Хайтек «Кванториума», в котором учащиеся работают с передовым оборудованием и технологиями, развитие инженерного мышления становится особенно важным. Понимание уровня подготовки школьников позволяет адаптировать учебные программы, эффективно использовать ресурсы квантума Хайтек и создавать условия для формирования навыков, необходимых для работы в высокотехнологичной среде.

Целью констатирующего эксперимента является определение исходного уровня инженерного мышления у школьников, участвующих в программах квантума Хайтек «Кванториума».

Для достижения цели, были поставлены следующие задачи:

1) Разработать критерии оценки развития инженерного мышления у школьников по трём уровням.

2) Выбрать диагностический инструментарий оценки уровней развития инженерного мышления школьников по всем критериям.

3) Оценить начальный уровень развития инженерного мышления школьников.

Констатирующий эксперимент проводился в квантуме Хайтек «Кванториума» МАОУ «Лицей «ВЕКТОРиЯ» г. Лысьва, в котором участвовали 60 учащихся 7-х классов.

На этапе констатирующего эксперимента проведено тестирование, направленное на определение исходного уровня инженерного мышления учащихся.

Для достижения поставленной цели был разработан авторский тест закрытого типа (ПРИЛОЖЕНИЕ А). Вопросы теста разрабатывались на основе анализа опыта работ, таких авторов, как Беляева А.С. [11], Курочкина В.А. [30], Ребро И.В. [46], Суворова Т.Н. [42]. Тест содержал четыре блока, каждый из которых соответствовал компоненту инженерного мышления. Школьникам предлагалось прочитать внимательно вопросы и отметить ответы, выражающие их мнение.

Для определения исходного уровня инженерного мышления школьников была разработана шкала оценки уровня развития инженерного мышления:

0 – 10 баллов: Первые шаги

11 – 22 баллов: Проектирование будущего

23 – 32 баллов: Инженер – новатор

Результаты тестирования представлены в таблице 4.

Таблица 4 - Анализ исходного уровня инженерного мышления школьников

№ ученика	Техническое мышление	Конструктивное мышление	Исследовательское мышление	Экономическое мышление	Итоговый балл	Уровень
1	3	2	4	1	10	Первые шаги
2	5	3	2	2	12	Проектирование будущего
3	4	1	3	0	8	Первые шаги
4	6	4	5	3	18	Проектирование будущего
5	2	0	1	1	4	Первые шаги
6	8	6	7	5	26	Инженер – новатор
7	5	2	4	2	13	Проектирование будущего
8	3	3	3	1	10	Первые шаги
9	7	5	7	6	25	Инженер – новатор
10	6	3	5	3	17	Проектирование будущего
11	4	2	3	2	11	Проектирование будущего

Продолжение таблицы 4

№ ученика	Техническое мышление	Конструктивное мышление	Исследовательское мышление	Экономическое мышление	Итоговый балл	Уровень
12	2	1	2	0	5	Первые шаги
13	7	5	6	4	22	Проектирование будущего
14	4	3	2	1	10	Первые шаги
15	5	4	4	2	15	Проектирование будущего
16	8	6	7	4	25	Инженер – новатор
17	3	3	4	0	10	Первые шаги
18	6	4	5	2	17	Проектирование будущего
19	4	2	2	1	9	Первые шаги
20	5	3	3	1	12	Проектирование будущего
21	2	1	1	0	4	Первые шаги
22	7	5	6	3	21	Проектирование будущего
23	4	2	3	1	10	Первые шаги
24	5	4	4	1	14	Проектирование будущего
25	3	1	1	0	5	Первые шаги
26	6	5	5	2	18	Проектирование будущего
27	5	2	4	1	12	Проектирование будущего
28	4	3	3	0	10	Первые шаги
29	7	5	6	3	21	Проектирование будущего
30	3	2	2	0	7	Первые шаги
31	6	4	5	2	17	Проектирование будущего
32	4	2	2	1	9	Первые шаги
33	5	3	3	1	12	Проектирование будущего
34	8	6	7	5	26	Инженер – новатор
35	4	2	3	1	10	Первые шаги
36	6	4	5	2	17	Проектирование будущего
37	5	2	4	1	12	Проектирование будущего
38	3	1	2	0	6	Первые шаги
39	7	5	6	3	21	Проектирование будущего
40	4	3	3	0	10	Первые шаги
41	6	4	5	2	17	Проектирование будущего
42	5	2	4	1	12	Проектирование будущего
43	3	1	2	0	6	Первые шаги
44	7	5	6	3	21	Проектирование будущего
45	4	2	3	1	10	Первые шаги
46	6	4	5	2	17	Проектирование будущего
47	5	2	4	1	12	Проектирование будущего
48	8	6	7	4	25	Инженер – новатор
49	4	3	2	0	9	Первые шаги
50	6	4	5	2	17	Проектирование будущего
51	5	3	3	1	12	Проектирование будущего

Продолжение таблицы 4

№ ученика	Техническое мышление	Конструктивное мышление	Исследовательское мышление	Экономическое мышление	Итоговый балл	Уровень
52	3	2	2	0	7	Первые шаги
53	7	5	6	3	21	Проектирование будущего
54	4	2	3	1	10	Первые шаги
55	6	4	5	2	17	Проектирование будущего
56	5	3	4	1	13	Проектирование будущего
57	8	6	7	5	26	Инженер – новатор
58	4	2	2	1	9	Первые шаги
59	6	4	5	2	17	Проектирование будущего
60	5	3	3	1	12	Проектирование будущего

Распределение по уровням:

Первые шаги – 23 ученика;

Проектирование будущего – 31 ученик;

Инженер-новатор – 6 учеников.

Результаты тестирования показывают, что значительная часть тестируемых демонстрирует уровень, соответствующий категориям «Первые шаги» (38,3 %) и «Проектирование будущего» (51,7 %). Это свидетельствует о том, что первая категория школьников проявляет первичный интерес к техническим и конструкторским задачам, но им не хватает глубоких знаний и практических навыков для успешного решения инженерных задач. Вторая категория школьников демонстрирует способность к анализу технических задач, к выработке рациональных решений, а также понимание основополагающих принципов конструирования и проектирования. Однако для достижения более высокого уровня им необходимо углублять свои знания, развивать творческий потенциал и умение видеть системные взаимосвязи. Только 6 школьников достигли уровня «Инженер – новатор», что свидетельствует о высоком уровне развития инженерного мышления (рисунок 2).



Рисунок 2 – Распределение учащихся по уровням развития инженерного мышления

Для достижения поставленной цели применялись такие методы, как беседа и наблюдение. Основываясь на результатах наблюдений и бесед, можно сделать вывод, что все тестируемые проявляют высокую заинтересованность в решении инженерных задач. Наблюдалась активная вовлеченность в процесс поиска решений, обсуждение возможных вариантов и стремление к достижению положительного результата.

Итоги проведенного констатирующего эксперимента продемонстрировали недостаточный уровень развития инженерного мышления у школьников. Полученные данные будут использованы для разработки модели формирования инженерного мышления у школьников.

Профориентационная диагностика на констатирующем этапе

Дополнительно к тестированию сформированности инженерного мышления было проведено анкетирование, направленное на выявление исходного уровня профессионального самоопределения учащихся в инженерной сфере. Анкета (ПРИЛОЖЕНИЕ Б) содержала вопросы о знании инженерных профессий, наличии привлекательной специальности и планах на будущую профессиональную деятельность. В опросе приняли участие 60 учащихся 7-х классов.

Результаты анкетирования показали, что на начальном этапе большинство школьников не имеют четких профессиональных предпочтений в инженерной области (ПРИЛОЖЕНИЕ Ж). На вопрос «Знаете ли вы, какие профессии относятся к инженерным?» утвердительно ответили 15 человек (25%), 21 учащийся (35%) затруднился с перечислением конкретных специальностей, а 24 человека (40%) не смогли дать ответ (рисунок 3). Лишь 4 ученика (6,7%) смогли назвать конкретную инженерную специальность, которая их привлекает (робототехника, конструирование, программирование).



Рисунок 3 – Распределение ответов учащихся на вопрос «Знаете ли вы, какие профессии относят к инженерным?»

При этом на вопрос о планах связать будущую профессиональную деятельность с инженерно-технической сферой 48 человек (80%) выбрали вариант «еще не определился», остальные 12 (20%) отметили «скорее да, чем нет» (рисунок 4). Никто из опрошенных не заявил о твердом решении стать инженером.



Рисунок 4 – Распределение ответов учащихся на вопрос «Планируете ли вы в будущем связать свою профессиональную деятельность с инженерно-технической сферой?»

Таким образом, констатирующий эксперимент зафиксировал не только недостаточный уровень сформированности инженерного мышления, но и высокую степень неопределенности в профессиональном самоопределении учащихся. Полученные данные подтверждают необходимость включения в формирующий эксперимент профориентационной составляющей, направленной на осознанный выбор инженерной специальности.

Так же был разработан авторский тест закрытого типа для педагогов (ПРИЛОЖЕНИЕ В). Тест содержал четыре блока, каждый из которых соответствовал компоненту инженерного мышления. Педагогам предлагалось прочитать внимательно вопросы и отметить ответы, наиболее подходящие для каждого ученика, обучающегося в «Кванториуме».

Результаты тестирования 5 педагогов представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Анализ исходного уровня инженерного мышления школьников

№ ученика	Собственные баллы ученика	Средний балл от педагогов	Уровень (по оценке педагогов)	Примечание (разница с самооценкой)
1	10	9.8	Первые шаги	-0.2
2	12	12.0	Проектирование будущего	0.0
3	8	7.8	Первые шаги	-0.2
4	18	18.2	Проектирование будущего	+0.2
5	4	4.2	Первые шаги	+0.2
6	26	25.8	Инженер – новатор	-0.2
7	13	12.8	Проектирование будущего	-0.2
8	10	10.0	Первые шаги	0.0
9	25	25.0	Инженер – новатор	0.0
10	17	17.0	Проектирование будущего	0.0
11	11	11.2	Проектирование будущего	+0.2
12	5	5.0	Первые шаги	0.0
13	22	21.8	Проектирование будущего	-0.2
14	10	10.2	Первые шаги	+0.2
15	15	15.2	Проектирование будущего	+0.2
16	25	24.8	Инженер – новатор	-0.2
17	10	9.8	Первые шаги	-0.2
18	17	17.2	Проектирование будущего	+0.2
19	9	8.8	Первые шаги	-0.2
20	12	12.0	Проектирование будущего	0.0
21	4	4.0	Первые шаги	0.0
22	21	21.2	Проектирование будущего	+0.2
23	10	10.0	Первые шаги	0.0
24	14	13.8	Проектирование будущего	-0.2
25	5	5.2	Первые шаги	+0.2
26	18	18.0	Проектирование будущего	0.0
27	12	11.8	Проектирование будущего	-0.2
28	10	10.0	Первые шаги	0.0
29	21	21.2	Проектирование будущего	+0.2
30	7	7.2	Первые шаги	+0.2
31	17	17.0	Проектирование будущего	0.0
32	9	8.8	Первые шаги	-0.2
33	12	12.0	Проектирование будущего	0.0
34	26	25.8	Инженер – новатор	-0.2
35	10	10.2	Первые шаги	+0.2
36	17	17.0	Проектирование будущего	0.0
37	12	12.2	Проектирование будущего	+0.2
38	6	5.8	Первые шаги	-0.2
39	21	21.0	Проектирование будущего	0.0

Продолжение таблицы 5

№ ученика	Собственные баллы ученика	Средний балл от педагогов	Уровень (по оценке педагогов)	Примечание (разница с самооценкой)
40	10	9.8	Первые шаги	-0.2
41	17	17.2	Проектирование будущего	+0.2
42	12	12.0	Проектирование будущего	0.0
43	6	6.2	Первые шаги	+0.2
44	21	20.8	Проектирование будущего	-0.2
45	10	10.0	Первые шаги	0.0
46	17	17.2	Проектирование будущего	+0.2
47	12	11.8	Проектирование будущего	-0.2
48	25	25.0	Инженер – новатор	0.0
49	9	9.2	Первые шаги	+0.2
50	17	17.0	Проектирование будущего	0.0
51	12	12.0	Проектирование будущего	0.0
52	7	7.2	Первые шаги	+0.2
53	21	21.0	Проектирование будущего	0.0
54	10	9.8	Первые шаги	-0.2
55	17	17.2	Проектирование будущего	+0.2
56	13	12.8	Проектирование будущего	-0.2
57	26	25.8	Инженер – новатор	-0.2
58	9	9.0	Первые шаги	0.0
59	17	17.0	Проектирование будущего	0.0
60	12	12.2	Проектирование будущего	+0.2

Сравнительные статистические данные о распределении по уровням представлены в таблице 6.

Таблица 6 – Сравнительная статистика распределения по уровням

Уровень	Кол-во учеников (самооценка)	Кол-во учеников (оценка педагогов)
Первые шаги	23 (38,3 %)	23 (38,3 %)
Проектирование будущего	31 (51.7 %)	31 (51.7 %)
Инженер – новатор	6 (10 %)	6 (10 %)

Проведенное независимое экспертное оценивание уровня сформированности инженерного мышления учащихся педагогами демонстрирует высокую степень согласованности с результатами

самодиагностики школьников. Статистически незначимые расхождения (в пределах ±0.1 балла) между самооценкой учащихся и средневзвешенной оценкой педагогов свидетельствуют о валидности примененного диагностического инструментария и адекватности самооценки обучающихся.

Полученные данные подтверждают распределение учащихся по трем уровням развития инженерного мышления, выявленное на этапе констатирующего эксперимента, и объективно отражают исходный уровень их подготовки. Это позволяет считать проведенную диагностику надежной основой для организации последующей формирующей работы.

2.2 Организация и содержание формирующего эксперимента (реализация программы «Квантум Хайтек»)

Формирующий эксперимент является ключевым этапом опытно-экспериментальной работы, направленной на практическую проверку эффективности разработанной педагогической модели. В соответствии с целью исследования его основная задача заключалась в целенаправленном и контролируемом педагогическом воздействии на экспериментальную группу учащихся с последующей объективной оценкой динамики развития структурных компонентов инженерного мышления.

Организационно-педагогические условия проведения эксперимента

Экспериментальная работа проводилась на базе квантума Хайтек детского технопарка «Кванториум» МАОУ «Лицей «ВЕКТОРиЯ» г. Лысьва. В соответствии с рабочей программой «Квантум Хайтек» [23] продолжительность формирующего этапа составила 7 недель, общий объём — 25 академических часов, из которых 5 часов отводилось на теоретическую подготовку и 20 часов — на практические занятия. Занятия организовывались с периодичностью 2 раза в неделю, длительностью от 2 академических часа (продолжительность одного академического часа — 45 минут), с соблюдением санитарно-эпидемиологических требований к организации образовательного процесса.

В эксперименте приняли участие 60 обучающихся 7-х классов, прошедших предварительный отбор на основе мотивационной анкеты и не имевших медицинских противопоказаний для работы с высокотехнологичным оборудованием. На момент начала эксперимента все участники не обладали систематическими знаниями и практическими навыками в области аддитивных технологий, трёхмерного моделирования и лазерной обработки материалов. Данный факт подтверждался результатами констатирующего этапа (средний балл по тесту — 13,2, что соответствовало уровню «Проектирование будущего» с тенденцией к нижней границе). Для обеспечения эффективной работы с оборудованием и соблюдения правил техники безопасности экспериментальная группа была разделена на 4 подгруппы по 15 человек.

Содержание и структура экспериментального обучения

Содержательную основу формирующего эксперимента составила авторская программа «Квантум Хайтек», построенная по модульному принципу. Программа интегрировала три ключевые технологии цифрового производства: аддитивные технологии (3D-моделирование и печать), трёхмерное сканирование и лазерную гравировку. Каждый модуль представлял собой завершённый дидактический блок, включавший теоретическую подготовку, выполнение серии лабораторных работ и промежуточный контроль усвоения материала. Всего в рамках программы было предусмотрено 10 лабораторных работ [21], направленных на формирование всех четырёх компонентов инженерного мышления (технического, конструктивного, исследовательского, экономического) посредством решения практико-ориентированных задач, приближенных к реальным инженерным кейсам.

Ниже представлено развёрнутое описание содержания каждого модуля с указанием формируемых компетенций.

Вводный модуль (1 час)

Тема 1 «Вводное занятие, техника безопасности».

В ходе занятия была организована ознакомительная деятельность обучающихся с образовательной экосистемой детского технопарка «Кванториум», включая изучение базовых понятий («квантум», «тьютор», «кванторианцы») и инфраструктуры квантума Хайтек (рисунок 5). Основной акцент был сделан на освоении инструкций по технике безопасности при работе с 3D-принтерами, лазерным оборудованием, ручным и электрическим инструментом, а также правил противопожарной безопасности. Обеспечение наглядности осуществлялось посредством мультимедийных презентаций и видеоматериалов, демонстрирующих потенциально опасные ситуации.

По завершении модуля обучающиеся должны были уверенно ориентироваться в пространстве мастерской, знать расположение средств индивидуальной защиты, аварийных выходов и первичных средств пожаротушения, а также понимать регламент работы на каждом виде оборудования.



Рисунок 5 – Вводное занятие

Модуль «Аддитивные технологии и 3D-моделирование» (12 часов)

Данный модуль являлся центральным ввиду того, что аддитивные технологии составляют основу цифрового производства в квантуме Хайтек. Модуль был структурирован в виде последовательного выполнения лабораторных работ № 1–6 из методических указаний.

Лабораторная работа № 1 «Сравнительный анализ качества печати FDM 3D-принтеров» (3 часа, из них 1 час теории + 2 часа практики).

Теоретическая часть включала изучение истории аддитивных технологий (начиная с изобретения стереолитографии в 1984 г.), классификацию методов (FDM, SLS, SLA, DMLS), преимущества и области применения (медицина, производство, архитектура, образование). Для иллюстрации приводились кейсы промышленного применения 3D-печати.

Практическая часть выполнялась в малых группах (по 3–4 человека). Обучающиеся получили задание напечатать на двух различных FDM-принтерах (Creality Ender 3 V3 KE и Maestro Solo) два тестовых объекта: калибровочный куб размером 20×20×20 мм и тест первого слоя. Перед печатью каждая группа самостоятельно настраивала параметры слайсера (Creality Print и Maestro Wizard): температура сопла (210 °C для PLA), температура стола (60 °C), высота слоя (0,2 мм), скорость печати (50 мм/с для первого слоя и 80 мм/с для последующих).

После завершения печати с помощью штангенциркуля проводились измерения линейных размеров кубов по осям X, Y, Z, фиксировались отклонения, визуально оценивалось качество поверхностей и наличие деформаций (расслоений, «паутины», смещения слоёв). На основе полученных данных заполнялась сравнительная таблица и рассчитывалась себестоимость каждой тестовой модели.

Лабораторная работа № 2 «Брелок для ключей» (3 часа — практика).

Обучающиеся осваивали базовый интерфейс САПР «КОМПАС 3D v24». В соответствии с пошаговой инструкцией из методических указаний выполнялось создание трёхмерной модели брелока: построение эскиза основания (прямоугольник 20×50 мм), операция выдавливания на 2 мм, скругление вертикальных рёбер радиусом 10 мм, создание отверстия диаметром 5 мм через операцию «Вырезать выдавливанием», добавление текстовой надписи (шрифт Times New Roman, полужирный, высота 4 мм) с последующей выдавливающей операцией на 2 мм. После завершения моделирования выполнялся экспорт файла в формат STL и подготовка к печати

в слайсере (добавление поддержек для нависающих элементов, выбор ориентации).

Для наиболее успевающих обучающихся предусматривалось дополнительное задание по изменению дизайна брелока (создание фигурного контура). По окончании работы рассчитывалась себестоимость напечатанного изделия. Лабораторная работа была направлена на развитие конструктивного мышления (создание эскизов, пространственное воображение) и технического мышления (подготовка файла к печати).

Лабораторная работа № 3 «Деталь LEGO» (2 часа — практика).

Требовалось создать точную 3D-модель стандартизированной детали LEGO (пластины 2×4 штырька) с соблюдением геометрических размеров по чертежу (Приложение 1 к лабораторной работе). Использовались команды «Элемент выдавливания», «Вырезать выдавливанием», построение вспомогательных отрезков для позиционирования окружностей (диаметрами 4,8 мм и 6,51 мм). После построения рассчитывалась себестоимость одной детали. Работа закрепляла конструктивное мышление (точное соблюдение размеров, использование чертежей) и формировала начальные навыки работы со сборками.

Лабораторная работа № 4 «Кубики Сома» (2 часа — практика).

Обучающиеся создавали семь отдельных деталей-полимино (каждая деталь состоит из 3–4 кубиков размером 25×25×25 мм) и затем выполняли их сборку в единый куб 3×3×3 (рисунок 6-7). Для этого использовался инструмент «Добавить компонент из файла», после чего к каждой добавляемой детали применялось сопряжение «Совпадение» по рёбрам и граням. Обучающиеся самостоятельно определяли последовательность добавления деталей, анализируя геометрические ограничения. Выполнение работы способствовало развитию конструктивного мышления (работа с многодетальной сборкой) и исследовательского мышления (поиск альтернативных вариантов размещения, проверка собираемости).



Рисунок 6 – Лабораторная работа «Кубики Сома»



Рисунок 7 – Лабораторная работа «Кубики Сомма»

Лабораторная работа № 5 «Головоломка адмирала Макарова» (2 часа — практика).

Данная работа требовала создания сборки. Моделировалось 6 деталей, которые в собранном виде образуют крест. При сборке использовалось сопряжение типа «Совпадение». Работа способствовала развитию пространственного, конструктивного и исследовательского мышления, а также формированию навыков решения нестандартных инженерных задач.

Лабораторная работа № 6 «Подставка для телефона» (2 часа — практика).

Данная работа была ориентирована на создание цельного эргономичного изделия, способного устойчиво удерживать телефон в вертикальном и горизонтальном положениях. Обучающиеся строили контур подставки из отрезков с использованием геометрических ограничений (перпендикулярность, параллельность), проставляли размеры (высота задней

стенки 80 мм, ширина основания 100 мм, угол наклона 65°), затем применяли операцию выдавливания «Симметрично» на 80 мм. После создания базовой формы выполнялись скругления углов (радиусами 7 мм, 5 мм, 3 мм). Готовая модель экспортировалась в формат STL и подготавливалась к печати с выбором ориентации для минимизации поддержек. Работа была направлена на развитие конструктивного мышления через параметрическое моделирование и понимание эргономических требований.

Модуль «Трёхмерное сканирование» (5 часов)

Модуль включал две лабораторные работы (№ 7 и № 8).

Лабораторная работа № 7 «Сравнительный анализ геометрических тел с использованием 3D-сканирования» (3 часа, из них 1 час теории + 2 часа практики).

Теоретическая часть знакомила с методами 3D-сканирования (контактный и бесконтактный — лазерный, оптический), принципами работы сканера на основе структурированного света, областями применения (промышленный дизайн, строительство, медицина, развлечения). Демонстрировались возможности сканера Creality CR-Scan Ferret.

Практическая часть включала подключение сканера к компьютеру, запуск ПО Creality Scan, калибровку устройства. Каждый обучающийся сканировал три эталонных геометрических тела (шар, куб, цилиндр) в двух режимах: «Быстро» (низкая точность, высокая скорость) и «Высокое качество» (высокая точность, низкая скорость). Полученные облака точек очищались от шумов, выполнялась сшивка сканов, заполнение отверстий, сглаживание и упрощение сетки. Готовые модели экспортировались в формат STL.

Сравнительный анализ заключался в измерении линейных размеров цифровых моделей (с помощью штангенциркуля в программе) и их сопоставлении с реальными размерами эталонов, а также в визуальной оценке детализации. Результаты фиксировались в таблице отклонений. Работа способствовала формированию исследовательского мышления

(экспериментальное определение оптимальных параметров) и технического мышления (настройка и калибровка сканера).

Лабораторная работа № 8 «Сканирование объекта» (2 часа — практика).

Каждый обучающийся получал индивидуальное задание: отсканировать объект, предоставленный преподавателем (фигурка животного, геометрическая головоломка, деталь конструктора, рельефная пластина). Выбор режима сканирования осуществлялся самостоятельно в зависимости от типа объекта (для пластиковых матовых объектов использовался режим «Текстура», для блестящих — предварительное матирование тальком и режим «Геометрия»).

Особое внимание уделялось постобработке: удалению артефактов (лишних точек, возникших из-за фона или движений рук), заполнению «дыр» (областей, недоступных для сканера), сглаживанию поверхности и, при необходимости, текстурированию. Требовалось получить чистую замкнутую 3D-модель, пригодную для дальнейшего использования. По окончании работы фиксировалось время, затраченное на сканирование и постобработку (рисунок 8). Лабораторная работа углубляла исследовательское (устранение дефектов, поиск причин ошибок) и техническое (владение ПО и оборудованием) мышление.

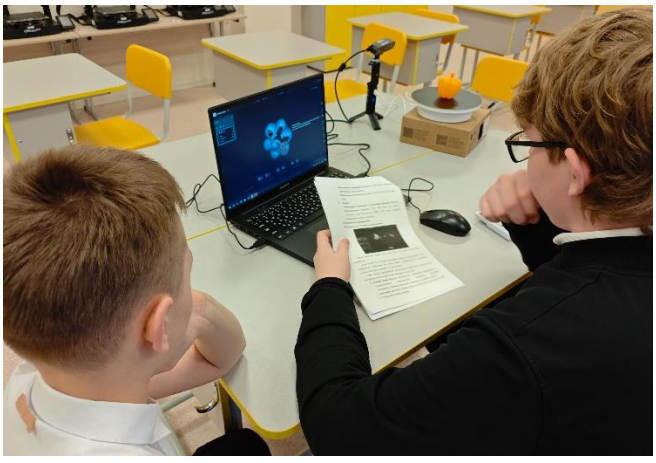


Рисунок 8 – Лабораторная работа «Сканирование объекта»

Модуль «Лазерная гравировка и резка» (5 часов)

Модуль включал одну комплексную лабораторную работу (№ 9).

Лабораторная работа № 9 «Изучение параметров лазерной гравировки и их влияния на качество изображения» (3 часа, из них 1 час теории + 2 часа практики) + 2 часа на самостоятельное закрепление.

Теоретическая часть была посвящена истории лазерных технологий (первый лазер — 1960 г.), физическим основам взаимодействия лазерного луча с материалом, классификации лазеров (CO_2, волоконные, диодные), параметрам гравировки (мощность, скорость, частота, разрешение). Демонстрировалась работа учебной модульной станции с лазерным гравером.

Практическая часть предполагала экспериментальный подбор оптимальных параметров гравировки на фанере толщиной 3 мм. Каждый обучающийся создавал в графическом редакторе (Inkscape или CorelDRAW) тестовую матрицу 4×4, где для каждого квадрата задавалась комбинация мощности (10%, 30%, 50%, 70%) и скорости (200 мм/с, 400 мм/с, 600 мм/с, 800 мм/с). Затем запускалась гравировка, после чего образцы анализировались по следующим критериям: глубина гравировки (измерялась микрометром), контрастность (визуально по 5-балльной шкале), чёткость краёв, детализация мелких элементов (воспроизводимость тонких линий 0,5 мм и текста кеглем 8 pt). Результаты заносились в таблицу, строились графики зависимости глубины гравировки от мощности при фиксированной скорости, формулировались выводы о зоне оптимальных параметров (например, для фанеры: мощность 50–60%, скорость 400–500 мм/с).

Выполнение работы способствовало развитию исследовательского мышления (планирование эксперимента, анализ данных, формулировка выводов) и экономического мышления (оптимизация себестоимости).

Итоговый проект (2 часа)

Лабораторная работа № 10 «Проект: от идеи до реализации» (2 часа — практика).

Финальная работа являлась завершающим этапом освоения программы: обучающиеся (в парах или малых группах по 3 человека) разрабатывали и реализовывали собственный проект с использованием изученных технологий.

Процесс включал шесть этапов:

1. Генерация идеи и составление технического задания (формат А4, не менее 5 пунктов).
2. Создание 3D-моделей и/или векторных макетов в КОМПАС-3D.
3. Подготовка файлов к печати/гравировке (слайсинг, выбор параметров).
4. Изготовление деталей на оборудовании.
5. Постобработка и сборка (шлифовка, склеивание, покраска).
6. Презентация проекта перед группой с самоанализом и экономическим обоснованием (расчёт полной себестоимости, предложение по цене продажи, выявление путей оптимизации затрат).

Примерами реализованных проектов служат: именная подставка для телефона с лазерной гравировкой логотипа; шкатулка, вырезанная из фанеры на лазерном станке; демонстрационные стенды «Шаблоны и плотность заполнения»; а также трехмерная модель человека (по плечи).

Итоговый проект позволял комплексно оценить сформированность всех четырёх компонентов инженерного мышления: технического (работа с разным оборудованием), конструктивного (проектирование и сборка), исследовательского (решение возникающих проблем) и экономического (расчёт себестоимости).

Методическое обеспечение формирующего эксперимента

Реализация содержания программы осуществлялась на основе системы взаимодополняющих педагогических подходов и методов, зафиксированных в разработанной педагогической модели.

Доминирующим являлся проектно-ориентированный подход: каждое практическое занятие (лабораторная работа) строилось как мини-проект с чётко сформулированной проблемной задачей и материальным результатом (файл модели, напечатанная деталь, отсканированная 3D-модель, гравированная пластина). Это обеспечивало высокую субъектную включённость обучающихся и внутреннюю мотивацию.

Систематически применялась технология проблемного обучения. Перед обучающимися ставились задачи, не имевшие заранее известного алгоритма решения, что стимулировало поисковую активность. Примерами таких задач являлись: «Какие настройки слайсера необходимо изменить для печати модели с большими нависающими элементами без поддержек?», «Почему отсканированная модель содержит искажения на глянцевых поверхностях и как это исправить?», «Как, не меняя мощность лазера, добиться более контрастной гравировки?». Обучающиеся выдвигали гипотезы, проводили серии экспериментов, фиксировали результаты и формулировали эмпирически обоснованные выводы.

Использовались методы коллективного взаимодействия и командной работы. При выполнении наиболее сложных лабораторных работ (№ 1, № 4, № 5, № 10) обучающиеся объединялись в группы по 2–3 человека с распределением ролей (оператор принтера, конструктор в CAD, ответственный за документацию). Такая организация способствовала развитию коммуникативных навыков, умению аргументировать свою точку зрения и принимать коллективные решения.

Принцип наглядности и практико-ориентированности реализовывался через использование мультимедийных презентаций, видеоинструкций по настройке оборудования и демонстрацию эталонных образцов изделий. После каждого теоретического блока следовало обязательное практическое задание; соотношение «теория : практика» составляло 1:4 (5 часов теории и 20 часов практики).

Система текущего контроля включала не только проверку конечного результата, но и ведение обучающимися «инженерных дневников» (рабочих тетрадей, куда заносились параметры опытов, расчёты, эскизы, фотографии промежуточных этапов). Дневники анализировались преподавателем каждые 2–3 занятия для выявления типичных ошибок и корректировки индивидуальных траекторий обучения. Для каждого обучающегося велась карта сформированности компонентов инженерного мышления, куда

заносились экспертные наблюдения по шкале от 0 до 2 по каждому из четырёх компонентов.

Дидактическое и материально-техническое обеспечение

Эксперимент проводился с использованием следующего оборудования квантума Хайтек:

– FDM 3D-принтеры: Creality Ender 3 V3 KE (максимальная скорость печати 500 мм/с, толщина слоя 0,1–0,35 мм, автоматическая калибровка) и Maestro Solo (область печати 245×245×295 мм, максимальная температура экструдера до 410 °C, функция сушки филамента). Принтеры оснащались катушками PLA-пластика диаметром 1,75 мм (различные цвета).

– 3D-сканер Creality CR-Scan Ferret (оптический, со структурной подсветкой, два режима: «Быстро» и «Высокое качество», вращающаяся платформа для автоматического сканирования).

– Учебная модульная станция с лазерным гравером MOOZ (диодный лазер мощностью 5 Вт, рабочее поле 400×400 мм, поддерживаемые материалы: фанера, картон, акрил, кожа, пластик).

– Компьютерный класс (15 ноутбуков с ОС Windows 11) с лицензионным программным обеспечением: САПР «КОМПАС 3D v24», слайсеры Creality Print 6.0 и Maestro Wizard 3.6.0, ПО CrealityScan для управления 3D-сканером и постобработки данных, ПО MOOZ studio для управления лазерным станком.

– Расходные материалы: PLA-пластик (2 кг на группу), фанера листовая толщиной 3 мм (20 листов), измерительные инструменты (штангенциркуль, линейка, микрометр), наборы для постобработки (наждачная бумага разной зернистости, клеевые пистолеты, шпатели для снятия деталей).

Теоретическая поддержка обеспечивалась разработанным методическим пособием для наставников [22], которое содержало необходимые теоретические сведения и практические рекомендации по организации занятий. Каждый обучающийся имел доступ к электронной версии

методических указаний по выполнению лабораторных работ, что позволяло работать в индивидуальном темпе.

Процессуальные аспекты реализации и система текущего контроля

Каждое занятие имело следующую структуру:

1. постановка проблемной задачи (5 минут) — актуализация знаний и создание мотивационного контекста;
2. краткий теоретический инструктаж (7-10 минут) с опорой на мультимедийную презентацию и ссылками на методическое пособие;
3. инструктаж по технике безопасности для конкретного вида оборудования (3–5 минут) — обязательное повторение ключевых правил;
4. основная практическая работа (60 минут) — выполнение лабораторной работы под руководством педагога-наставника;
5. контрольная проверка результатов и рефлексия (10–15 минут) — обсуждение достижений, трудностей, способов их преодоления;
6. заключительный инструктаж и уборка рабочего места (5 минут).

В процессе эксперимента непрерывно осуществлялся мониторинг формирования компонентов инженерного мышления методами включённого педагогического наблюдения с фиксацией в протоколе на каждого обучающегося. Фиксировались следующие проявления:

– технического мышления: способность самостоятельно настроить слайсер, выбрать режим печати/сканирования/гравировки, диагностировать типовые неполадки (засорение сопла, смещение калибровки, отслоение первого слоя, недостаточная адгезия, шум в отсканированных данных);

– конструктивного мышления: логичность и полнота планирования этапов работы при создании 3D-модели, способность самостоятельно выбрать правильную последовательность операций в КОМПАС-3D, качество создаваемых эскизов с использованием геометрических ограничений, умение читать чертёж и переносить размеры в модель;

– исследовательского мышления: стремление к экспериментальному варьированию параметров (изменение температуры сопла или скорости печати

для улучшения качества), анализ ошибок (не просто перепечатывание модели, а установление причины дефекта и предложение способа её устранения), постановка гипотез перед экспериментом;

– экономического мышления: вопросы о стоимости материалов, попытки оптимизации модели для экономии пластика (уменьшение процента заполнения, использование рёбер жёсткости вместо сплошных стенок), расчёт себестоимости готового изделия, предложения по удешевлению проекта без потери функциональности.

По итогам каждого модуля проводился контрольный срез (тест из 5–6 вопросов или практическое задание на время), результаты которого заносились в индивидуальную карту обучающегося. Для оценки динамики использовалась трехуровневая шкала, аналогичная применённой на констатирующем этапе, но с покомпонентной детализацией.

Таким образом, формирующий эксперимент представлял собой методически целостный, насыщенный практической деятельностью процесс, в котором были созданы необходимые педагогические условия для комплексного развития инженерного мышления школьников. Реализация авторской программы «Квантум Хайтек» (объёмом 25 академических часов) выступила в качестве независимой переменной, воздействие которой на зависимую переменную (уровень сформированности инженерного мышления) подлежало объективной оценке на последующем контрольном этапе исследования. Представленное детальное описание содержания каждой лабораторной работы с указанием формируемых компонентов, используемого оборудования и методических приёмов может быть воспроизведено в других образовательных учреждениях (детских технопарках, центрах цифрового образования) и служить основой для тиражирования эффективной практики формирования инженерного мышления школьников.

2.3 Анализ результатов контрольного эксперимента и оценка эффективности педагогической модели

Контрольный эксперимент представляет собой заключительный этап опытно-экспериментальной работы, направленной на оценку эффективности педагогической модели формирования инженерного мышления у школьников в условиях детского технопарка «Кванториум». Его основная цель заключается в определении динамики развития структурных компонентов инженерного мышления у учащихся после реализации формирующего этапа.

Настоящий этап исследования строится на принципах преемственности и сопоставимости с констатирующим экспериментом: используются идентичные диагностические инструменты, шкалы оценивания и критерии уровней сформированности инженерного мышления. Это обеспечивает валидность сравнительного анализа и объективность выводов об эффективности педагогического воздействия.

Цель контрольного эксперимента: выявить изменения в уровне развития инженерного мышления школьников после прохождения программы «Квантум Хайтек» и оценить эффективность реализованной педагогической модели.

Задачи контрольного эксперимента:

1. Провести повторную диагностику уровня развития инженерного мышления у школьников, участвовавших в формирующем эксперименте.
2. Сравнить результаты констатирующего и контрольного этапов по каждому компоненту инженерного мышления (техническому, конструктивному, исследовательскому, экономическому).
3. Определить динамику перераспределения учащихся по уровням сформированности инженерного мышления.
4. Провести статистический анализ значимости изменений.
5. Сформулировать выводы об эффективности педагогической модели и внести рекомендации по её дальнейшей оптимизации.

Для достижения поставленных задач применялись:

– авторский тест закрытого типа (аналогичный использованному на констатирующем этапе), состоящий из четырёх блоков, соответствующих компонентам инженерного мышления:

– экспертная оценка педагогов по тем же критериям и шкалам;

– методы математической статистики для обработки количественных данных (сравнение средних значений, расчёт процентных соотношений).

В контрольном эксперименте приняли участие те же 60 учащихся 7-х классов МАОУ «Лицей «ВЕКТОРиЯ» г. Лысьва, которые прошли обучение по программе «Квантум Хайтек» в рамках формирующего эксперимента. Диагностика проводилась через неделю после завершения курса, что позволило исключить эффект кратковременного запоминания.

Авторский тест представлен в ПРИЛОЖЕНИИ Г.

Для определения уровня сформированности инженерного мышления была использована та же шкала оценки уровня развития инженерного мышления:

0 – 10 баллов: Первые шаги

11 – 22 баллов: Проектирование будущего

23 – 32 баллов: Инженер – новатор.

Результаты тестирования представлены в таблице 7.

Таблица 7 – Анализ уровня сформированности инженерного мышления школьников

№ ученика	Техническое мышление	Конструктивное мышление	Исследовательское мышление	Экономическое мышление	Итоговый балл	Уровень
1	5	3	5	4	17	Проектирование будущего
2	6	5	4	4	19	Проектирование будущего

Продолжение таблицы 7

№ ученика	Техническое мышление	Конструктивное мышление	Исследовательское мышление	Экономическое мышление	Итоговый балл	Уровень
3	5	3	4	2	14	Проектирование будущего
4	7	7	6	5	25	Инженер - новатор
5	3	2	2	3	10	Первые шаги
6	8	8	8	7	31	Инженер - новатор
7	6	4	6	4	20	Проектирование будущего
8	5	4	5	3	17	Проектирование будущего
9	8	7	8	8	31	Инженер - новатор
10	7	6	7	6	26	Инженер - новатор
11	6	5	5	3	19	Проектирование будущего
12	3	2	3	2	10	Первые шаги
13	8	7	7	6	28	Инженер - новатор
14	5	5	4	4	18	Проектирование будущего
15	7	6	7	5	25	Инженер - новатор
16	8	7	8	7	30	Инженер - новатор
17	5	4	5	3	17	Проектирование будущего
18	8	5	7	6	26	Инженер - новатор
19	5	4	4	4	17	Проектирование будущего
20	6	5	5	5	21	Проектирование будущего
21	3	2	2	2	9	Первые шаги
22	8	7	8	6	29	Инженер - новатор
23	5	4	6	4	19	Проектирование будущего
24	7	5	5	6	23	Инженер - новатор
25	4	4	3	4	15	Проектирование будущего
26	7	6	7	5	25	Инженер - новатор
27	6	4	6	4	20	Проектирование будущего
28	5	4	5	3	17	Проектирование будущего
29	8	7	8	6	29	Инженер - новатор
30	3	3	3	1	10	Первые шаги
31	7	5	8	7	27	Инженер - новатор
32	5	3	4	3	15	Проектирование будущего
33	7	5	6	6	24	Инженер - новатор
34	8	7	8	8	31	Инженер - новатор
35	5	4	5	4	18	Проектирование будущего
36	7	5	7	5	24	Инженер - новатор
37	7	6	6	5	24	Инженер - новатор
38	4	2	3	1	10	Первые шаги
39	8	7	8	6	29	Инженер - новатор
40	5	4	5	3	17	Проектирование будущего
41	7	5	8	5	25	Инженер - новатор
42	6	7	5	4	22	Проектирование будущего

Продолжение таблицы 7

№ ученика	Техническое мышление	Конструктивное мышление	Исследовательское мышление	Экономическое мышление	Итоговый балл	Уровень
43	4	2	3	1	10	Первые шаги
44	8	7	8	6	29	Инженер - новатор
45	5	4	5	4	18	Проектирование будущего
46	8	5	7	6	26	Инженер - новатор
47	7	5	5	4	21	Проектирование будущего
48	8	7	8	6	29	Инженер - новатор
49	5	5	4	3	17	Проектирование будущего
50	7	5	7	5	24	Инженер - новатор
51	6	6	5	4	21	Проектирование будущего
52	4	3	3	0	10	Первые шаги
53	8	7	8	6	29	Инженер - новатор
54	5	4	5	5	19	Проектирование будущего
55	7	5	7	5	24	Инженер - новатор
56	6	5	7	5	23	Инженер - новатор
57	8	7	8	7	30	Инженер - новатор
58	5	4	4	3	16	Проектирование будущего
59	7	5	7	5	24	Инженер - новатор
60	7	5	5	3	20	Проектирование будущего

Распределение по уровням:

Первые шаги – 7 учеников;

Проектирование будущего – 25 учеников;

Инженер-новатор – 28 учеников.

Для педагогов также был разработан авторский тест закрытого типа (ПРИЛОЖЕНИЕ Д).

Цель: оценить изменения в проявлении компонентов инженерного мышления у обучающихся после прохождения ими краткосрочного курса «Квантум Хайтек» в детском технопарке «Кванториум».

Результаты тестирования 5 педагогов представлены в таблице 8.

Таблица 8 – Анализ уровня сформированности инженерного мышления школьников

№ ученика	Собственные баллы ученика	Средний балл от педагогов	Уровень (по оценке педагогов)	Примечание (разница с самооценкой)
1	17	16.8	Проектирование будущего	-0.2
2	19	18.8	Проектирование будущего	-0.2
3	14	13.8	Проектирование будущего	-0.2
4	25	25.2	Инженер – новатор	+0.2
5	10	10.2	Первые шаги	+0.2
6	31	31.0	Инженер – новатор	0.0
7	20	20.2	Проектирование будущего	+0.2
8	17	17.2	Проектирование будущего	+0.2
9	31	30.8	Инженер – новатор	-0.2
10	26	25.8	Инженер – новатор	-0.2
11	19	19.2	Проектирование будущего	+0.2
12	10	10.0	Первые шаги	0.0
13	28	28.2	Инженер – новатор	+0.2
14	18	18.2	Проектирование будущего	+0.2
15	25	24.8	Инженер – новатор	-0.2
16	30	29.8	Инженер – новатор	-0.2
17	17	17.0	Проектирование будущего	0.0
18	26	25.8	Инженер – новатор	-0.2
19	17	16.8	Проектирование будущего	-0.2
20	21	21.2	Проектирование будущего	+0.2
21	9	9.2	Первые шаги	+0.2
22	29	29.0	Инженер – новатор	0.0
23	19	19.2	Проектирование будущего	+0.2
24	23	23.2	Инженер – новатор	+0.2
25	15	15.0	Проектирование будущего	0.0
26	25	24.8	Инженер – новатор	-0.2
27	20	19.8	Проектирование будущего	-0.2
28	17	17.2	Проектирование будущего	+0.2
29	29	28.8	Инженер – новатор	-0.2
30	10	9.8	Первые шаги	-0.2
31	27	27.2	Инженер – новатор	+0.2
32	15	14.8	Проектирование будущего	-0.2
33	24	23.8	Инженер – новатор	-0.2
34	31	30.8	Инженер – новатор	-0.2
35	18	18.0	Проектирование будущего	0.0
36	24	24.2	Инженер – новатор	+0.2
37	24	23.8	Инженер – новатор	-0.2
38	10	10.2	Первые шаги	+0.2
39	29	28.8	Инженер – новатор	-0.2

Продолжение таблицы 8

№ ученика	Собственные баллы ученика	Средний балл от педагогов	Уровень (по оценке педагогов)	Примечание (разница с самооценкой)
40	17	16.8	Проектирование будущего	-0.2
41	25	25.2	Инженер – новатор	+0.2
42	22	22.0	Проектирование будущего	0.0
43	10	10.2	Первые шаги	+0.2
44	29	28.8	Инженер – новатор	-0.2
45	18	17.8	Проектирование будущего	-0.2
46	26	25.8	Инженер – новатор	-0.2
47	21	21.2	Проектирование будущего	+0.2
48	29	29.2	Инженер – новатор	+0.2
49	17	16.8	Проектирование будущего	-0.2
50	24	23.8	Инженер – новатор	-0.2
51	21	20.8	Проектирование будущего	-0.2
52	10	10.0	Первые шаги	0.0
53	29	28.8	Инженер – новатор	-0.2
54	19	19.2	Проектирование будущего	+0.2
55	24	24.2	Инженер – новатор	+0.2
56	23	23.0	Инженер – новатор	0.0
57	30	29.8	Инженер – новатор	-0.2
58	16	15.8	Проектирование будущего	-0.2
59	24	24.2	Инженер – новатор	+0.2
60	20	20.2	Проектирование будущего	+0.2

Также предоставим сравнительный анализ результатов констатирующего и контрольного экспериментов по формированию инженерного мышления у школьников (Таблица 9).

Таблица 9 – Сравнительная таблица распределения учащихся по уровням инженерного мышления

Уровень развития инженерного мышления	Констатирующий эксперимент (начало)	Контрольный эксперимент (конец)	Изменение
Первые шаги	23 ученика (38,3%)	7 учеников (11,7%)	-26,6%
Проектирование будущего	31 ученик (51,7%)	25 учеников (41,7%)	-10%
Инженер-новатор	6 учеников (10%)	28 учеников (46,7%)	+36,7%

На основе данных индивидуальных результатов учащихся была рассчитана средняя динамика по каждому компоненту инженерного мышления (Таблица 10).

Таблица 10 – Анализ динамики по компонентам инженерного мышления

Компонент инженерного мышления	Средний балл (констатирующий)	Средний балл (контрольный)	Средний прирост
Техническое мышление	5,15 балла	6,25 балла	+1,10 балла
Конструктивное мышление	3,28 балла	5,07 балла	+1,79 балла
Исследовательское мышление	3,85 балла	5,77 балла	+1,92 балла
Экономическое мышление	1,78 балла	4,32 балла	+2,54 балла

Результаты контрольного эксперимента свидетельствуют о значительной качественной трансформации уровня развития инженерного мышления у школьников после прохождения программы «Квантум Хайтек». Количество учащихся на уровне «Инженер-новатор» увеличилось с 10% до 46,7%, что демонстрирует почти пятикратный рост доли школьников, достигших высшего уровня сформированности инженерного мышления. Одновременно произошло существенное сокращение доли учащихся на начальном уровне «Первые шаги» — с 38,3% до 11,7% (рисунок 9).



Рисунок 9 – Распределение учащихся по уровням развития инженерного мышления

Анализ средних показателей по компонентам выявил неравномерную, но положительную динамику по всем составляющим инженерного мышления:

– наибольший абсолютный и относительный прирост зафиксирован в компоненте экономического мышления (+2,54 балла), что указывает на эффективность практико-ориентированного подхода в формировании понимания стоимостных аспектов инженерной деятельности, оптимизации ресурсов и анализа затрат;

– конструктивное мышление и исследовательское мышление показали сопоставимый значительный рост (около +1,8-1,9 балла), что свидетельствует о развитии способностей к системному проектированию, анализу задач, выдвижению гипотез и их экспериментальной проверке;

– техническое мышление, имея наиболее высокий стартовый уровень, сохранил значимый абсолютный рост (+1,10 балла), что отражает углубление понимания принципов работы технических устройств и систем.

Сравнение самооценки учащихся и экспертных оценок педагогов в обоих экспериментах показывает статистически незначимые расхождения (в пределах ±0,2 балла), что подтверждает:

– высокую валидность разработанного авторского теста;

– адекватность самооценки учащихся;

– объективность и согласованность оценивания;

– надежность полученных данных как основы для педагогических выводов.

Реализованная педагогическая модель в условиях детского технопарка «Кванториум» продемонстрировала высокую эффективность, о чем свидетельствуют:

– переход 36,7% учащихся на более высокий уровень инженерного мышления;

– значительное повышение средних показателей по всем компонентам;

– формирование у большинства учащихся (88,3%) уровня, достаточного для самостоятельного проектирования и решения инженерных задач.

Таким образом, результаты контрольного эксперимента убедительно подтверждают эффективность разработанной и внедренной педагогической модели формирования инженерного мышления школьников в рамках освоения программ детского технопарка «Кванториум».

Сравнительный анализ данных констатирующего и контрольного этапов демонстрирует устойчивую положительную динамику по всем четырем структурным компонентам инженерного мышления. Наиболее значимый прирост зафиксирован в сформированности экономического мышления (+2,54 балла), что свидетельствует о том, что практико-ориентированный подход и системное включение задач по расчету себестоимости и оптимизации ресурсов позволили школьникам перейти от формального понимания к осознанному применению экономических категорий в инженерной деятельности.

Значительный прогресс в развитии исследовательского (+1,92 балла) и конструктивного (+1,79 балла) мышления указывает на эффективность организации образовательного процесса через решение проблемных задач, выполнение лабораторных работ исследовательского характера и

проектирование сборок в САПР. Школьники не только овладели инструментарием цифрового производства, но и приобрели способность к системному анализу, выдвижению гипотез и самостоятельной доработке конструкций.

Качественная трансформация распределения учащихся по уровням сформированности инженерного мышления (сокращение доли уровня «Первые шаги» с 38,3% до 11,7% и увеличение доли «Инженер-новатор» с 10% до 46,7%) является главным показателем результативности проведенной опытно-экспериментальной работы. Высокая степень согласованности самооценки учащихся и экспертных оценок педагогов (расхождения в пределах ±0,2 балла) подтверждает валидность диагностического инструментария и адекватность рефлексии обучающихся.

Динамика профессионального самоопределения

После завершения формирующего эксперимента было проведено повторное анкетирование (ПРИЛОЖЕНИЕ Е) по тем же вопросам, что и на констатирующем этапе. Цель – оценить влияние авторской программы «Квантум Хайтек» на формирование устойчивого интереса к инженерным профессиям.

Результаты контрольного анкетирования показали значительные изменения (ПРИОЛОЖЕНИЕ З). На вопрос «Знаете ли вы инженерные профессии?» положительно ответили 51 учащийся (85%), затруднение испытали 3 человека (5%) (рисунок 10).

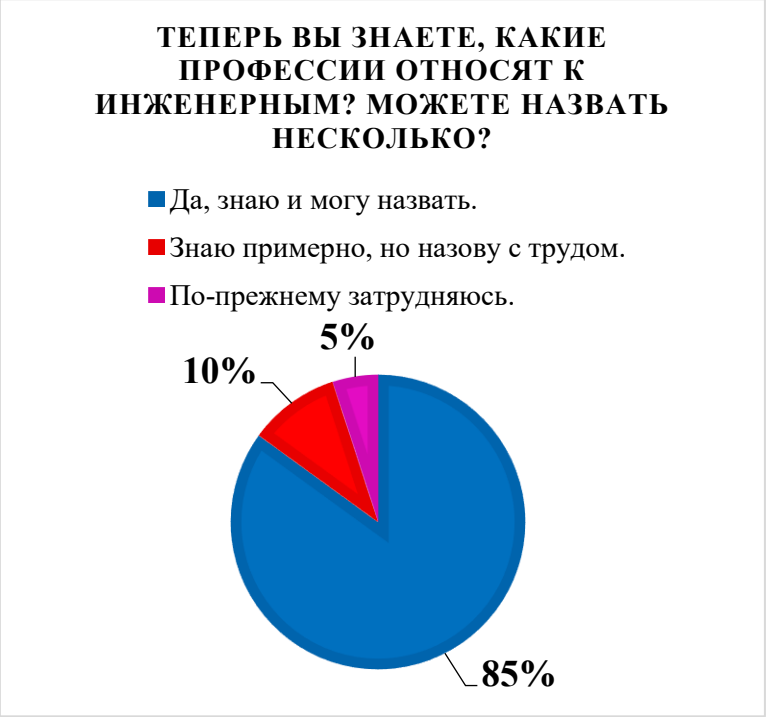


Рисунок 10 – Распределение ответов учащихся на вопрос «Теперь вы знаете, какие профессии относят к инженерным? Можете назвать несколько?»

Конкретную привлекательную инженерную специальность назвали 48 учеников (80%), среди наиболее часто упоминаемых: инженер-конструктор (15 человек), специалист по 3D-моделированию и аддитивным технологиям (14 человек), инженер-робототехник (12 человек), специалист по лазерным технологиям (7человек).

При ответе на вопрос об отношении к выбору инженерной профессии 53 учащихся (88,3%) выбрали вариант «я точно решил стать инженером», 5 человек (8,3%) – «склоняюсь к инженерной сфере». И только 2 ученика (3,4%) не изменили своего отношения (рисунок 11).



Рисунок 11 – Распределение ответов учащихся на вопрос «Как изменилось ваше отношение к выбору инженерной профессии в будущем?»

Сопоставление результатов констатирующего и контрольного этапов позволяет сделать вывод, что реализация программы «Квантум Хайтек» способствовала не только росту уровня инженерного мышления, но и формированию осознанного профессионального выбора. Доля учащихся, определившихся с инженерной специальностью, увеличилась с 6,7% до 80%, а доля твердо намеренных связать свою карьеру с инженерией – с 0% до 88,3%. Это подтверждает эффективность разработанной педагогической модели как средства ранней профориентации.

Реализованная в квантуме Хайтек «Кванториума» краткосрочная программа «Квантум Хайтек» объемом 25 академических часов обеспечила необходимые и достаточные организационно-педагогические условия для комплексного развития инженерного мышления. Достигнутые результаты позволяют констатировать, что предложенная педагогическая модель является воспроизводимой, технологичной и может быть рекомендована для внедрения в практику работы других детских технопарков и учреждений дополнительного образования технической направленности.

Полученные в ходе контрольного эксперимента данные завершают полный цикл педагогического исследования и служат надежным основанием для формулирования итоговых выводов магистерской диссертации.

Выводы по второй главе

Во второй главе диссертационного исследования представлены результаты опытно-экспериментальной работы по формированию инженерного мышления школьников в условиях квантума Хайтек детского технопарка «Кванториум». Эксперимент проводился на базе МАОУ «Лицей «ВЕКТОРиЯ» г. Лысьва, в нём приняли участие 60 учащихся 7-х классов и 5 педагогов.

На этапе констатирующего эксперимента был разработан и апробирован авторский диагностический инструментарий, включающий тесты для учащихся и анкеты для педагогов, позволяющие оценить уровень сформированности четырёх компонентов инженерного мышления: технического, конструктивного, исследовательского и экономического. Результаты диагностики показали, что исходный уровень развития инженерного мышления у большинства школьников является недостаточным: 38,3% учащихся продемонстрировали уровень «Первые шаги», 51,7% — уровень «Проектирование будущего» и лишь 10% — уровень «Инженер-новатор». Средние баллы по компонентам составили: техническое мышление — 5,15 балла, конструктивное — 3,28, исследовательское — 3,85, экономическое — 1,78. Высокая степень согласованности самооценки учащихся и экспертных оценок педагогов (расхождения в пределах ±0,1 балла) подтвердила валидность разработанного диагностического инструментария.

Формирующий эксперимент был реализован через авторскую программу «Квантум Хайтек» объёмом 25 академических часов, построенную по модульному принципу и интегрирующую три ключевые технологии цифрового производства: аддитивные технологии (3D-моделирование и печать), трёхмерное сканирование и лазерную гравировку. Программа включала выполнение 10 лабораторных работ, каждая из которых была направлена на формирование конкретных компонентов инженерного мышления через решение практико-ориентированных задач. Обучение характеризовалось высоким уровнем практической направленности

(соотношение теории и практики 1:4), применением технологии проблемного обучения и методов коллективного взаимодействия.

Контрольный эксперимент выявил выраженную положительную динамику: доля обучающихся, достигших уровня «Инженер-новатор», существенно возросла, тогда как численность группы, находившейся на уровне «Первые шаги», заметно сократилась. Средние баллы по всем компонентам инженерного мышления продемонстрировали рост, причем наиболее значительный прирост зафиксирован по компоненту экономического мышления, что подтверждает результативность включения в учебный процесс задач на расчет себестоимости и оптимизацию ресурсов. Сопоставление самооценки учащихся и экспертных оценок педагогов на контрольном этапе показало их высокую согласованность, что свидетельствует о валидности диагностического инструментария.

Таким образом, результаты опытно-экспериментальной работы подтвердили эффективность разработанной педагогической модели и авторской программы «Квантум Хайтек». Доказано, что целенаправленное формирование инженерного мышления школьников в условиях квантума Хайтек возможно при соблюдении следующих организационно-педагогических условий: использование проектно-ориентированного подхода, применение технологии проблемного обучения, обеспечение высокой доли практических занятий (не менее 80% от общего объёма), систематическое включение задач на расчёт себестоимости и оптимизацию ресурсов, организация командной работы и индивидуальное сопровождение каждого обучающегося.

Важным результатом опытно-экспериментальной работы стало выявление положительной динамики в профессиональном самоопределении учащихся. Сравнительный анализ данных анкетирования на констатирующем и контрольном этапах показал, что доля школьников, способных назвать конкретную привлекательную инженерную специальность увеличилась. Таким образом, формирующий эксперимент подтвердил, что реализация

авторской программы «Квантум Хайтек» способствует не только росту уровня инженерного мышления, но и осознанному профессиональному самоопределению школьников.

Полученные результаты создают основу для внедрения предложенной модели в практику работы других детских технопарков и учреждений дополнительного образования технической направленности.

3 ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ И ПРАКТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММ «КВАНТОРИУМА»

3.1 Разработка и содержание учебно-методического комплекса для квантума Хайтек

В рамках диссертационного исследования был разработан учебно-методический комплекс (УМК) для квантума Хайтек детского технопарка «Кванториум». УМК представляет собой целостную систему нормативных, учебных и методических материалов, обеспечивающих реализацию авторской программы «Квантум Хайтек» и формирование инженерного мышления у обучающихся. Структура УМК включает три основных компонента: рабочую программу курса, методическое пособие для наставников и методические указания по выполнению лабораторных работ.

Ниже представлено развёрнутое описание каждого компонента УМК.

1. Рабочая программа краткосрочного курса «Квантум Хайтек» (25 часов)

Рабочая программа является нормативно-управленческим документом, определяющим цели, содержание, планируемые результаты и организационные условия реализации образовательной деятельности. Программа разработана в соответствии с требованиями Приказа Министерства просвещения РФ от 27 июля 2022 г. № 629 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по дополнительным общеобразовательным программам» и Концепции развития дополнительного образования детей до 2030 года (Распоряжение Правительства РФ от 31.03.2022 № 678-р).

Программа содержит следующие структурные элементы:

– титульный лист с грифами согласования и утверждения;

– аннотацию, в которой охарактеризована роль квантума Хайтек как ресурсной базы для материализации проектов всех квантумов технопарка;

– место модуля в образовательной программе (курс рассчитан на учащихся 10–14 лет, уровень подготовки — базовый, форма обучения — групповая с элементами индивидуальной проектной работы);

– цель и задачи курса, сформулированные в терминах формирования технического, конструктивного, исследовательского и экономического мышления;

– планируемые результаты обучения (знать, уметь, владеть, выполнить), конкретизированные по каждому компоненту инженерного мышления;

– содержание программы, включающее 11 тем с подробным описанием проблемных ситуаций, предполагаемых результатов и формируемых компонентов мышления;

– тематическое планирование в форме таблицы, где для каждого занятия указаны количество часов (теория/практика), цели, задачи, развиваемые soft skills и hard skills, а также необходимое оборудование и материалы;

– учебно-методическое и информационное обеспечение, включающее список литературы по аддитивным технологиям, 3D-моделированию, трёхмерному сканированию, лазерным технологиям и экономике;

– программное обеспечение (перечень конкретных программ: КОМПАС 3D v24, MOOZ Studio, Maestro Wizard 3.6.0, Creality Print 6.0, CrealityScan).

Особенностью рабочей программы является детализация компонентов инженерного мышления применительно к каждому занятию. Например, в теме «Аддитивные технологии. Сравнительный анализ качества печати FDM 3D-принтеров» указывается, что формируются техническое мышление (понимание принципов работы принтеров), исследовательское мышление (экспериментальное определение оптимальных параметров) и экономическое мышление (расчёт себестоимости). Такое структурирование позволяет

педагогу целенаправленно выстраивать образовательный процесс и осуществлять мониторинг развития каждого компонента.

Рабочая программа прошла апробацию в период с сентября по декабрь 2024 года на базе квантума Хайтек МАОУ «Лицей «ВЕКТОРиЯ» г. Лысьва. По итогам апробации в программу были внесены коррективы, касающиеся перераспределения часов между лабораторными работами (увеличение времени на работу с 3D-сканером на 1 час за счёт сокращения теоретического блока по лазерной гравировке) и уточнения формулировок планируемых результатов.

2. Методическое пособие для наставников квантума Хайтек детского технопарка «Кванториум»

Методическое пособие предназначено для педагогов дополнительного образования, тьюторов и наставников, работающих в квантуме Хайтек и аналогичных мастерских цифрового производства. Цель пособия — обеспечить методическую поддержку при проведении занятий по аддитивным технологиям, 3D-моделированию, трёхмерному сканированию и лазерной гравировке.

Пособие имеет следующую структуру:

– введение, в котором раскрывается роль наставника как фасилитатора и эксперта в проектной деятельности кванторианцев;

– раздел 1 «Образовательная экосистема детского технопарка „Кванториум“: ключевые элементы и принципы»;

– подраздел 1.1 «Базовые понятия и инфраструктура» (квантум, квантум Хайтек, тьютор, кванторианцы, оборудование цеха);

– подраздел 1.2 «Образовательные цели и результаты работы в квантуме Хайтек с акцентом на формирование технологических, проектно-инженерных и метапредметных компетенций;

– раздел 2 «Аддитивные технологии» (история, виды, преимущества, области применения, принцип работы 3D-принтера, техника безопасности);

– раздел 3 «3D-моделирование» (определение, история развития, виды моделирования, польза от владения навыками 3D-моделирования);

– раздел 4 «Трёхмерное сканирование» (методы, технологии, принцип работы, алгоритм сканирования, области применения, техника безопасности);

– раздел 5 «Лазерные технологии» (определение, история, алгоритм процесса гравировки, преимущества, типы лазерных граверов, области применения, техника безопасности).

Каждый раздел пособия содержит не только теоретический материал, но и практические советы по организации занятий. Например, в разделе об аддитивных технологиях приведены: чек-лист подготовки принтера к печати, таблица типичных дефектов печати и способов их устранения (проблемы адгезии, засорение сопла, «паутина», смещение слоёв), а также примерные темы для дискуссий с учащимися («Почему 3D-печать может быть экологичнее традиционного производства?», «Какие профессии исчезнут, а какие появятся благодаря аддитивным технологиям?»).

В разделе «Лазерные технологии» приведены таблицы рекомендуемых параметров гравировки для различных материалов (фанера, акрил, кожа, пластик) в зависимости от мощности лазерной установки (5 Вт, 10 Вт, 20 Вт). Также описана методика проведения эксперимента по подбору оптимальных параметров, включая бланк протокола наблюдений, который может быть использован учащимися при выполнении лабораторной работы № 9.

Методическое пособие апробировано в ходе формирующего эксперимента.

3. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Квантум Хайтек»

Методические указания представляют собой практическое руководство для учащихся (или для совместной работы учащегося и педагога), содержащее подробные инструкции по выполнению 10 лабораторных работ. Каждая лабораторная работа построена по единому шаблону:

– цель работы;
– задачи (от 3 до 5 пунктов);
– оборудование и материалы;
– подготовка к работе (при необходимости);
– порядок выполнения работы (пошагово, с иллюстрациями);
– примечания и советы;
– описание тестовых моделей (для лабораторной работы № 1);
– расчёт себестоимости изготовления изделия с приведённой формулой и примером расчёта;

Каждая лабораторная работа сопровождается скриншотами интерфейса программы «КОМПАС 3D v24» с выделением используемых кнопок и панелей инструментов. Это позволяет учащимся работать в индивидуальном темпе, при необходимости возвращаясь к пропущенным шагам. Подписи под рисунками выполнены в едином стиле (например, «Рис. 2.1 — Стартовая страница КОМПАС 3D»).

Методические указания могут использоваться как раздаточный материал для каждого учащегося в печатном или электронном виде. По итогам большинство учащихся отметили, что инструкции понятны и не требуют дополнительных пояснений от педагога, что позволило ускорить выполнение работ и увеличить долю самостоятельной деятельности.

Таким образом, разработанный учебно-методический комплекс представляет собой завершённое, практически ориентированное и методически обоснованное обеспечение образовательного процесса в квантуме Хайтек. Единая терминологическая база, согласованность целей и содержания между компонентами УМК, а также наличие чётких инструкций для учащихся и методических рекомендаций для педагогов позволяют эффективно формировать инженерное мышление школьников. Комплекс может быть адаптирован для использования в других учреждениях дополнительного образования технической направленности, а также в рамках профильных смен и кружков на базе общеобразовательных школ.

3.2 Информационно-коммуникационное обеспечение деятельности технопарка (разработка web-ресурса для записи)

Детские технопарки «Кванториум», создаваемые в рамках федерального проекта «Современная школа» национального проекта «Образование», выступают ключевыми площадками для формирования инженерного мышления подрастающего поколения [37]. Однако, как показывает практика, доступность информации о деятельности технопарка и удобство записи детей в квантумы являются критически важными факторами для привлечения мотивированных школьников. В современном информационном обществе родители и учащиеся привыкли получать актуальные сведения и осуществлять запись через цифровые сервисы, что обусловливает необходимость разработки специализированных web-ресурсов.

Актуальность работы также определяется потребностью в снижении административной нагрузки на педагогических работников. До начала разработки запись в «Кванториум» осуществлялась посредством Яндекс.Форм, которые не были интегрированы в единую информационную структуру, а расписание занятий представляло собой громоздкий текстовый массив, в котором группы обозначались сложными для восприятия наименованиями, что приводило к путанице при выборе направления обучения.

Практическая значимость заключается во внедрении в деятельность МАОУ «Лицей «ВЕКТОРиЯ» (Кванториум г. Лысьва) действующего web-ресурса, обеспечивающего:

- информирование целевой аудитории о направлениях обучения (квантумах), педагогическом составе, содержании программ и расписании занятий;
- организацию онлайн-записи обучающихся на программы через интеграцию с сервисом Яндекс.Формы;

– повышение узнаваемости технопарка в городской образовательной среде;

– автоматизацию сбора первичных данных о кандидатах на обучение.

Цель: разработка и научно-методическое обоснование процесса создания информационного web-ресурса (многостраничного сайта) для обеспечения открытой записи школьников в детский технопарк «Кванториум» в рамках педагогической деятельности, направленной на формирование инженерного мышления и раннюю профориентацию.

В рамках настоящего исследования разработан многостраничный сайт-визитка детского технопарка «Кванториум» (URL: https://kvantorium-lysva.tilda.ws). Ресурс имеет трехуровневую иерархическую структуру (рисунок 12).



Рисунок 12 – Иерархическая структура сайта

1. Главная страница – содержит общие сведения о технопарке, фотогалерею, перечень квантумов, данные о педагогическом составе и контактную информацию.

2. Страницы квантумов – для каждого направления (3D-моделирование, Хайтек, Arduino, Биоквантум, Python, Химквантум, Робототехника, БПЛА) представлено развёрнутое описание, расписание занятий и элемент перехода к записи.

3. Страницы групп – обеспечивают выбор конкретной группы, доступ к бланку заявления и информируют о возможном закрытии набора.

Содержательное наполнение страниц

Главная страница включает: заголовок с наименованием технопарка, определение Кванториума как среды для развития инженерного мышления, ссылку на федеральный проект «Современная школа», фотогалерею (слайдер), перечень квантумов в виде кликабельных карточек, блок с фотографиями и данными педагогов, а также контактную информацию (адрес, телефон, электронная почта).

Страница квантума (на примере направления Хайтек) содержит: развёрнутое описание содержания программ для возрастных групп (1–4 и 5–8 классы), расписание занятий в виде графического изображения (блок GL01), в котором указаны номера групп, дни недели, время проведения и возрастная категория. На странице размещены две кнопки: «Записаться» (ведёт на соответствующую страницу групп) и «На главную».

Страница групп включает: заголовок, набор кнопок, каждая из которых соответствует конкретной группе и инициирует переход на Яндекс.Форму для записи, информационный блок с активной ссылкой на скачивание бланка заявления, предупреждение о возможном закрытии набора («Если форма не открывается – группа заполнена»), а также навигационные элементы для возврата к странице квантума или на главную страницу.

Функциональная схема

Функциональная схема взаимодействия пользователя с системой представлена на рисунке 13.



Рисунок 13 – Функциональная схема взаимодействия пользователя с системой

Функциональная схема взаимодействия пользователя с системой включает следующие компоненты: пользователь (школьник или родитель), web-ресурс на платформе Tilda (обеспечивает навигацию и отображение контента), сервис Яндекс.Формы (осуществляет приём и первичную валидацию заявок), Яндекс.Таблицы (выступают в качестве хранилища данных), администратор (выполняет просмотр и обработку заявок). Схема наглядно демонстрирует разделение функций между компонентами и потоки данных.

Архитектура приложения

Архитектура разработанного решения относится к типу клиент-серверной с использованием внешних облачных сервисов (рисунок 14).

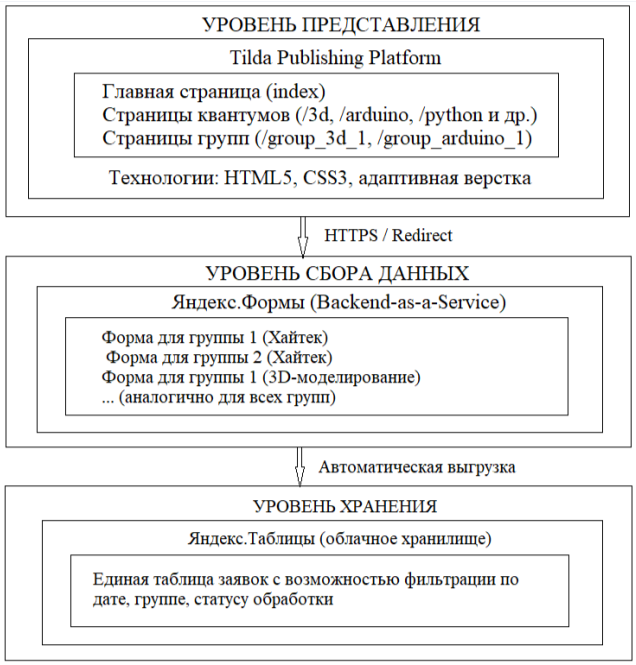


Рисунок 14 – Архитектура приложения

В состав архитектуры входят: пользовательский браузер (клиент), сервер Tilda для хостинга статистических страниц, внешний API Яндекс.Форм, интегрированное хранилище Яндекс.Таблиц, а также администратор, работающий с таблицей заявок. Архитектура отличается слабой связностью компонентов и отвечает требованиям к обработке персональных данных (серверы размещены на территории России).

Интерфейс пользователя

Интерфейс web-ресурса выполнен в фирменном стиле «Кванториума» (синяя, белая и акцентная цветовые гаммы) с использованием адаптивной вёрстки, обеспечивающей корректное отображение на мобильных устройствах. При разработке применены стандартные блоки конструктора Tilda: CR02 (заголовки первого уровня), TX09 (текстовые блоки), GL01 (слайдер и вставка графического расписания), BF101 (кнопки-ссылки для навигации и выбора групп), TM101 (сетка для отображения педагогов), CN103 (контактная информация), TL01/TL02 (заголовки разделов), AB101 (информационные блоки с выделением).

Диаграммы UML

Диаграмма вариантов использования включает девять основных прецедентов (таблица 11). Актерами системы выступают «Школьник/Родитель» и «Администратор».

Таблица 11 – Варианты использования

Идентификатор	Наименование варианта использования
UC-1	Просмотр информации о технопарке
UC-2	Просмотр информации о квантуме
UC-3	Просмотр расписания
UC-4	Выбор группы
UC-5	Отправка заявки
UC-6	Скачивание заявления
UC-7	Просмотр заявок
UC-8	Обработка заявки
UC-9	Обновление информации

Диаграмма последовательности для сценария «Отправка заявки» представлена на рисунке 15.

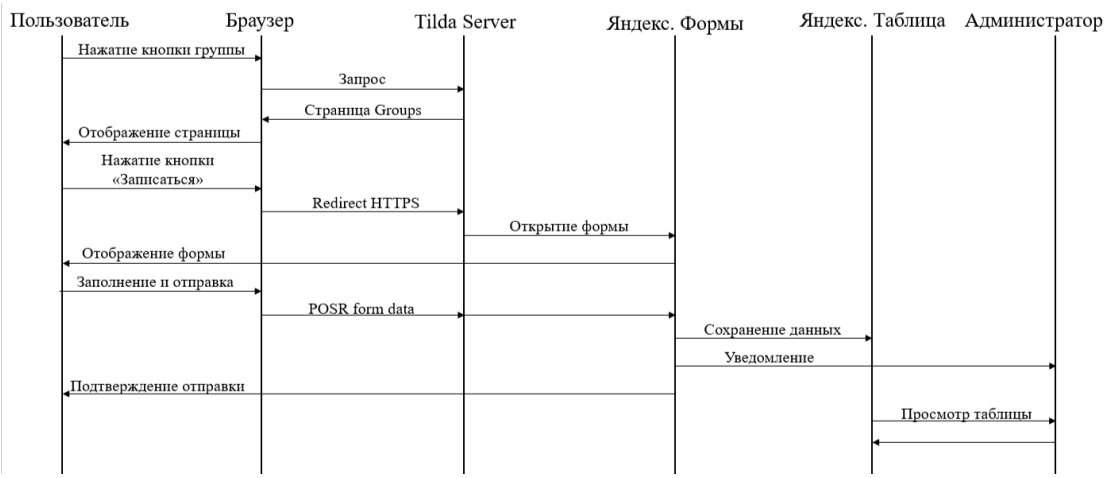


Рисунок 15 - Диаграмма последовательности для сценария «Отправка заявки»

Диаграмма иллюстрирует временну́ю упорядоченность взаимодействия между объектами: пользователь → браузер → сервер Tilda (возврат страницы групп) → нажатие кнопки, инициирующее перенаправление по HTTPS → сервер Яндекс.Формы (отображение формы) → отправка POST-запроса с данными → сохранение в Яндекс.Таблице → уведомление администратора по электронной почте → возврат подтверждения пользователю.

Конфигурация страниц

Поскольку разработка велась на платформе Tilda с использованием стандартных блоков, листинг представлен в виде описания структуры страниц с указанием конкретных идентификаторов блоков. Конфигурация основных страниц представлена в таблицах 12–14.

Таблица 12 – Конфигурация главной страницы

Блок	Тип блока	Содержимое
HEADER	CR02	Наименование технопарка, статус организации
TEXT	TX09	Определение Кванториума, ссылка на федеральный проект
GALLERY	GL01	Слайдер из 4 фотографий занятий
TITLE	TL01	Заголовок «Квантумы»
QUANTUM_LIST	BF101	Набор ссылок на страницы девяти квантумов
TEACHERS	TM101	Сетка 3×3: фото, ФИО, преподаваемое направление
CONTACT	CN103	Телефон, email, адрес

Таблица 13 – Конфигурация страницы квантума (на примере квантума Хайтек)

Блок	Тип блока	Содержимое
HEADER	CR02	Наименование квантума ХАЙТЕК
TEXT	TX09	Описание программ для возрастных категорий 1–4 и 5–8 классы
SCHEDULE_IMAGE	GL01	Графический файл расписания (группы, дни недели, время, возраст)
BUTTON	BF101	Кнопка «Записаться» со ссылкой на страницу групп (/groups_hightech)
BUTTON	BF101	Кнопка «На главную» со ссылкой на корневую страницу (/)

Таблица 14 – Конфигурация страницы групп (на примере квантума Хайтек)

Блок	Тип блока	Содержимое
HEADER	TL02	Заголовок «ЗАПИСАТЬСЯ В КВАНТУМ ХАЙТЕК»
BUTTONS	BF101	Девять кнопок (Группа №1 … Группа №9), каждая ведёт на соответствующую Яндекс.Форму
INFO	AB101	Информационный блок: ссылка на скачивание бланка заявления, предупреждение о закрытии набора
BUTTON	BF101	Кнопка «Квантум ХАЙТЕК» со ссылкой на страницу квантума (/hightech)

Продолжение таблицы 14

BUTTON	BF101	Кнопка «На главную» со ссылкой на корневую страницу (/)

Разработанный web-ресурс представляет собой законченное информационно-коммуникационное решение для детского технопарка «Кванториум». Трёхуровневая иерархическая структура обеспечивает интуитивно понятную навигацию и последовательное принятие решения пользователем от ознакомления с направлениями до подачи заявки. Функциональная схема и архитектура приложения демонстрируют рациональное разделение ответственности: платформа Tilda отвечает за представление контента и навигацию, сервис Яндекс.Формы – за сбор и первичную валидацию данных, Яндекс.Таблицы – за хранение заявок, администратор – за обработку и зачисление. Разработанные блок-схемы алгоритмов и диаграммы UML формализуют сценарии использования системы, что может быть использовано при дальнейшем сопровождении и развитии ресурса. Приведённые конфигурации страниц фиксируют реализованное проектное решение и могут служить основой для тиражирования предложенной модели в других образовательных учреждениях дополнительного образования инженерной направленности.

3.3 Рекомендации педагогам по оптимизации процесса формирования инженерного мышления учащихся

На основе результатов исследования и успешного опыта реализации краткосрочного курса «Квантум Хайтек» были сформулированы следующие рекомендации для педагогов:

1. Организационно-методические рекомендации

– Проектирование образовательного процесса на основе модульной структуры. Рекомендуется разбивать курс на логически завершённые модули (например, «Аддитивные технологии», «3D-моделирование», «Трёхмерное сканирование», «Лазерная гравировка»), каждый из которых завершается

практическим заданием-проектом. Длительность модуля — от 4 до 12 часов в зависимости от сложности материала. Такая структура позволяет учащимся видеть результаты своего труда после каждого завершённого блока и поддерживать высокую мотивацию.

– Обеспечение безопасности труда. Перед началом работы с любым видом оборудования (3D-принтер, лазерный станок, 3D-сканер) необходимо проводить целевой инструктаж по технике безопасности с обязательной росписью в журнале. Рекомендуется использовать видеоматериалы, демонстрирующие типичные нарушения ТБ и их последствия. Для каждого рабочего места должна быть вывешена краткая памятка (инфографика) с основными правилами.

– Формирование малых групп. При работе с высокотехнологичным оборудованием оптимальный размер группы — 10–12 человек, при этом в процессе печати или сканирования рекомендуется разбивать группу на подгруппы по 2–3 человека. Это позволяет каждому учащемуся получить достаточную практику, а также развивает навыки коммуникации и распределения ролей.

– Планирование временных ресурсов. Необходимо закладывать резерв времени (10–15% от длительности занятия) на устранение неполадок оборудования, которые неизбежно возникают при обучении. Например, засорение сопла 3D-принтера в среднем занимает 5–7 минут и требует наличия запасных сопел и инструментов для чистки. Рекомендуется иметь в мастерской «аварийный набор»: дополнительные расходные материалы, запасные детали для принтеров, ноутбук с предустановленным ПО для быстрого переслайсингования модели.

2. Дидактические рекомендации

– Применение проблемного обучения. При постановке практического задания следует формулировать его как проблемную ситуацию, не имеющую однозначного алгоритма решения. Примеры таких проблем: «Напечатать деталь с минимальным расходом пластика при сохранении

прочности», «Отсканировать блестящий объект без использования матирующего спрея», «Подобрать параметры лазерной гравировки так, чтобы изображение было видно, но фанера не прогорала насквозь». Решение этих задач заставляет учащихся экспериментировать, фиксировать результаты и делать обоснованные выводы.

– Организация «инженерных дневников». Каждому учащемуся рекомендуется завести тетрадь или электронный документ, куда он заносит: параметры опытов (температура сопла, скорость печати, мощность лазера), эскизы моделей, фотографии промежуточных этапов, расчёты себестоимости, список допущенных ошибок и способы их исправления. Дневник анализируется педагогом не реже одного раза в две недели.

– Интеграция экономического компонента в каждое практическое задание. Даже при выполнении простейших упражнений (печать брелока, гравировка таблички) необходимо рассчитывать себестоимость изделия. Желательно организовать соревновательный элемент: «Кто предложит самый дешёвый способ изготовления детали при сохранении её функциональности». Такие задания стимулируют поиск альтернативных конструктивных решений (например, уменьшение процента заполнения, замена сплошной стенки рёбрами жёсткости).

– Внедрение взаимного обучения. После освоения базовых операций в конкретной программе (КОМПАС-3D, Creality Scan) рекомендуется назначать «экспертов» из числа учащихся, усвоивших материал быстрее остальных. Эксперты помогают новичкам, отвечают на вопросы, демонстрируют приёмы работы. Это не только снижает нагрузку на педагога, но и развивает коммуникативные навыки и ответственность у самих экспертов.

3. Оценочные рекомендации

– Разработка системы критериев для каждого компонента инженерного мышления. Оценка должна быть не суммарной по итоговому тесту, а покомпонентной. Рекомендуется использовать рубрики (таблицы

критериев) с трехуровневой шкалой (0–2 балла). Пример рубрики для технического мышления:

а. 0 баллов — не может самостоятельно настроить принтер/сканер, не знает назначения основных параметров;

б. 1 балл — настраивает оборудование по инструкции, нуждается в отдельных подсказках;

в. 2 балла — самостоятельно подбирает параметры, диагностирует и устраняет типовые неисправности.

Рубрики должны быть известны учащимся заранее, чтобы они могли ориентироваться на критерии в процессе выполнения задания.

– Организация публичной защиты проектов. Итоговый проект (лабораторная работа № 10) должен представляться перед группой или на мини-конференции. В процессе защиты оцениваются: инженерное обоснование выбранных решений (почему именно 3D-печать, а не лазерная резка), качество презентационных материалов (слайды, демонстрация изделия), ответы на вопросы, экономическая составляющая. Публичная защита повышает ответственность учащихся и развивает навыки ораторского искусства и аргументации.

– Включение элементов портфолио. Лучшие работы (модели, чертежи, расчёты) рекомендуется сохранять в электронном портфолио учащегося. Портфолио может быть использовано при поступлении в профильные классы или на инженерные специальности, а также для участия в конкурсах и выставках.

– Анализ динамики с помощью контрольных срезов. Рекомендуется проводить короткие тесты (5–6 вопросов) после каждого модуля, а также один итоговый тест, аналогичный использованному в констатирующем эксперименте. Результаты заносятся в индивидуальную карту учащегося, что позволяет визуализировать прогресс и своевременно корректировать образовательную траекторию.

4. Примеры из практики реализации авторской программы

В ходе формирующего эксперимента были выработаны следующие эффективные педагогические приёмы, которые могут быть рекомендованы к масштабированию:

– «Инженерная пятиминутка» — в начале каждого занятия один из учащихся (по очереди) рассказывает о новом технологическом решении, которое он нашёл самостоятельно (например, о новом типе пластика, необычном применении 3D-сканирования). Это повышает мотивацию и расширяет кругозор всей группы.

– «Сравнительный анализ» — при изучении каждой новой технологии учащиеся заполняют таблицу «Преимущества и недостатки по четырём критериям» (скорость, точность, стоимость, доступность материалов). В конце курса таблица обобщается, что помогает при выборе технологии для итогового проекта.

– «Аукцион ошибок» — педагог демонстрирует напечатанную модель с дефектом, и учащиеся должны предложить максимальное количество возможных причин этого дефекта и способов его устранения. Победитель получает бонусный балл.

– «Роль заказчика» — при выполнении итогового проекта часть учащихся выступают в роли «заказчиков», формулирующих техническое задание и критерии приёмки, другая часть — в роли «подрядчиков», выполняющих задание. Затем роли меняются. Это развивает навыки работы с требованиями и учит учитывать запросы потребителя.

5. Рекомендации по материально-техническому оснащению

На основе опыта реализации курса были сформулированы минимальные требования к оборудованию квантума Хайтек для эффективного формирования инженерного мышления:

– не менее 4 FDM 3D-принтеров (желательно разных моделей для сравнения);

– не менее 2 3D-сканеров (один среднего класса — например, Creality Ferret, другой — профессиональный для мелких деталей);

– лазерный гравер с мощностью не менее 5 Вт и рабочим полем от 300×300 мм;

– компьютерный класс из расчёта 1 компьютер на 2 учащихся (с установленным ПО для 3D-моделирования и слайсинга);

– расходные материалы из расчёта: не менее 500 г PLA-пластика на одного учащегося за курс, 5 листов фанеры формата А4 на учащегося;

– шкаф для хранения напечатанных моделей (во избежание поломок).

При отсутствии дорогостоящего оборудования отдельные лабораторные работы могут быть адаптированы: вместо 3D-сканера можно использовать фотограмметрию (создание 3D-модели по серии фотографий) с помощью бесплатного ПО Meshroom, а вместо лазерного гравера — ручную гравировку или фрезеровку на ЧПУ, если такое оборудование имеется.

Реализация приведённых рекомендаций позволяет педагогам дополнительного образования системно и целенаправленно формировать инженерное мышление учащихся. Рекомендации могут быть адаптированы для различных возрастных групп и уровней начальной подготовки, включая учащихся, не имеющих предварительного опыта работы с цифровым производством.

Выводы по третьей главе

В третьей главе диссертационного исследования представлены практические аспекты реализации программ детского технопарка «Кванториум» в условиях квантума Хайтек, а также разработанные на основе результатов опытно-экспериментальной работы методические и информационно-коммуникационные решения, направленные на оптимизацию процесса формирования инженерного мышления школьников.

Представлена разработанная структура учебно-методического комплекса (УМК) для квантума Хайтек, включающая три взаимосвязанных компонента: рабочую программу краткосрочного курса «Квантум Хайтек» (25 часов), методическое пособие для наставников и методические указания по

выполнению лабораторных работ. Установлено, что единая терминологическая база, согласованность целей и содержания между компонентами УМК, а также наличие чётких инструкций для обучающихся и методических рекомендаций для педагогов обеспечивают эффективное формирование всех четырёх компонентов инженерного мышления. Отличительной особенностью разработанного УМК является детализация формируемых компонентов инженерного мышления применительно к каждому занятию, что позволяет педагогу целенаправленно выстраивать образовательный процесс и осуществлять мониторинг развития каждого компонента. Апробация УМК в ходе формирующего эксперимента подтвердила его практическую значимость и возможность адаптации для использования в других учреждениях дополнительного образования технической направленности.

Представлено информационно-коммуникационное обеспечение деятельности технопарка в виде разработанного web-ресурса (многостраничного сайта-визитки на платформе Tilda) для открытой онлайн-записи школьников в квантумы. Обоснована актуальность разработки такого ресурса с целью информирования целевой аудитории о направлениях обучения, педагогическом составе, расписании занятий, а также снижения административной нагрузки на педагогов. Разработанный ресурс имеет трехуровневую иерархическую структуру (главная страница → страницы квантумов → страницы групп), интегрирован с сервисом Яндекс.Формы и Яндекс.Таблицы для автоматизированного сбора и хранения заявок. Приведены функциональная схема, архитектура приложения, блок-схемы алгоритмов работы пользователя и администратора, а также конфигурации страниц. Разработанное решение может быть тиражировано в других детских технопарках и центрах дополнительного образования.

Сформулированы практические рекомендации педагогам по оптимизации процесса формирования инженерного мышления учащихся. Рекомендации систематизированы по пяти блокам: организационно-

методические (модульная структура курса, обеспечение безопасности труда, формирование малых групп, планирование временного резерва), дидактические (применение проблемного обучения, ведение «инженерных дневников», интеграция экономического компонента в каждое практическое задание, внедрение взаимного обучения), оценочные (разработка рубрик для покомпонентной оценки, организация публичной защиты проектов, ведение портфолио, проведение контрольных срезов), а также описаны эффективные педагогические приёмы («инженерная пятиминутка», «сравнительный анализ», «аукцион ошибок», «роль заказчика») и минимальные требования к материально-техническому оснащению квантума Хайтек. Реализация данных рекомендаций обеспечивает системное и целенаправленное формирование инженерного мышления школьников и может быть адаптирована для различных возрастных групп и уровней начальной подготовки.

Таким образом, результаты, представленные в третьей главе, подтверждают практическую значимость выполненного исследования. Разработанный учебно-методический комплекс, информационный web-ресурс и система практических рекомендаций создают полноценное методическое и организационное обеспечение процесса формирования инженерного мышления школьников в условиях квантума Хайтек. Совокупность представленных материалов может служить основой для внедрения авторской программы в практику работы других детских технопарков, центров цифрового образования и учреждений дополнительного образования технической направленности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое диссертационное исследование было посвящено решению актуальной научно-педагогической проблемы формирования инженерного мышления школьников в условиях дополнительного образования, в частности — в детском технопарке «Кванториум» на примере квантума Хайтек. Актуальность исследования обусловлена государственным заказом на подготовку высококвалифицированных инженерных кадров, соответствующих вызовам цифровой экономики, а также необходимостью разработки эффективных педагогических моделей, диагностического инструментария и учебно-методического обеспечения для целенаправленного развития инженерного мышления у обучающихся.

Оценка достижения цели и решения задач исследования

Цель исследования — сформировать инженерное мышление школьников в рамках освоения программ детского технопарка «Кванториум» — достигнута в полном объёме. Для её реализации были последовательно решены все поставленные задачи.

По первой задаче (изучение теоретических основ формирования инженерного мышления) — проведён системный анализ психолого-педагогической и научно-методической литературы. Уточнено содержание понятия «инженерное мышление» применительно к условиям дополнительного образования: под инженерным мышлением школьников понимается интегративное личностное образование, включающее во взаимосвязи техническое, конструктивное, исследовательское и экономическое мышление. Обоснован выбор четырёхкомпонентной структуры (Г.А. Рахманкулова, С.Ю. Кузьмин, Д.А. Мустафина, И.В. Ребро) как наиболее релевантной специфике деятельности в квантуме Хайтек, связанной с 3D-моделированием, аддитивными технологиями, трёхмерным сканированием и лазерной гравировкой.

По второй задаче (анализ существующих программ и методик) — выявлены ключевые нормативно-правовые документы, регламентирующие деятельность детских технопарков (Федеральный закон № 273-ФЗ, Приказ Минпросвещения № 629, Концепция развития дополнительного образования детей до 2030 года и др.). Установлено, что, несмотря на наличие развёрнутой нормативной базы, сохраняются системные проблемы: дефицит квалифицированных наставников, недостаточная разработанность методик оценки результатов, риск формализации проектной деятельности. Это обосновало необходимость разработки собственной педагогической модели и авторской образовательной программы.

По третьей задаче (разработка показателей и диагностического инструментария) — создан авторский тест закрытого типа для учащихся и анкета для педагогов, позволяющие оценить уровень сформированности четырёх компонентов инженерного мышления. Разработана трехуровневая шкала оценивания («Первые шаги», «Проектирование будущего», «Инженер-новатор»). Результаты констатирующего эксперимента (участвовали 60 учащихся 7-х классов) показали, что исходный уровень инженерного мышления недостаточен: 38,3% школьников находятся на уровне «Первые шаги», 51,7% — на уровне «Проектирование будущего» и лишь 10% — на уровне «Инженер-новатор». Средние баллы по компонентам составили: техническое мышление — 5,15, конструктивное — 3,28, исследовательское — 3,85, экономическое — 1,78. Высокая степень согласованности самооценки учащихся и экспертных оценок педагогов (расхождения в пределах ±0,1 балла) подтвердила валидность диагностического инструментария.

По четвёртой задаче (разработка и апробация авторской программы) — разработана педагогическая модель формирования инженерного мышления школьников в квантуме Хайтек, включающая целевой, методологический, содержательно-операционный и диагностический блоки. Модель базируется на проектно-ориентированном, системно-деятельностном и технологическом подходах, а также на системе принципов (проектный, практической

направленности, интеграции, научности, развивающего обучения, доступности, наглядности).

Реализована авторская программа «Квантум Хайтек» объёмом 25 академических часов (5 часов теории, 20 часов практики), построенная по модульному принципу и интегрирующая три ключевые технологии цифрового производства: аддитивные технологии (3D-моделирование и печать), трёхмерное сканирование и лазерную гравировку. Программа включала выполнение 10 лабораторных работ, каждая из которых была направлена на формирование конкретных компонентов инженерного мышления через решение практико-ориентированных задач.

Результаты контрольного эксперимента (после завершения обучения) показали значительную положительную динамику. Доля учащихся, достигших уровня «Инженер-новатор», возросла с 10% до 46,7%, тогда как доля школьников на уровне «Первые шаги» сократилась с 38,3% до 11,7%. Средние баллы по всем четырем компонентам инженерного мышления продемонстрировали значимый прирост.

В рамках пятой задачи, посвященной разработке рекомендаций, создан учебно-методический комплекс квантума Хайтек, включающий рабочую программу курса, методическое пособие для наставников и методические указания по выполнению лабораторных работ. Создан информационный web-ресурс на платформе Tilda (многостраничный сайт-визитка), предназначенный для открытой онлайн-записи школьников в квантумы и интегрированный с сервисами Яндекс.Формы и Яндекс.Таблицы. Сформулированы практические рекомендации для педагогов по пяти блокам: организационно-методические, дидактические, оценочные, эффективные педагогические приёмы и требования к материально-техническому оснащению.

Подтверждение гипотезы исследования

Выдвинутая гипотеза о том, что внедрение инновационных образовательных технологий, таких как «Школьный Кванториум», способствует формированию инженерного мышления у школьников,

полностью подтвердилась. Условия, при которых это достигается, реализованы в полном объёме:

1. Образовательный процесс основан на принципах интеграции предметов естественно-научного цикла (физика, химия, математика) с предметами гуманитарного цикла (история, обществознание) — через включение в лабораторные работы контекстных задач, расчёт себестоимости и обсуждение социально-экономических аспектов инженерной деятельности.

2. Используются современные образовательные технологии — интерактивные методы обучения, мультимедийные средства, технология проблемного обучения, проектный метод, технология развития критического мышления.

3. Разработаны показатели инженерного мышления и диагностическое обеспечение — авторские тесты для учащихся и анкеты для педагогов, трехуровневая шкала оценивания, карты сформированности компонентов.

4. Внедряются междисциплинарные подходы — объединение знаний из 3D-моделирования, материаловедения, физики процессов и экономики для решения комплексных инженерных задач.

5. Решение инженерных задач, анализ данных и проведение исследований способствуют формированию аналитического подхода — это обеспечивается систематическим выполнением лабораторных работ исследовательского характера, ведением «инженерных дневников», анализом ошибок и дефектов.

Научная новизна исследования

В ходе исследования получены следующие результаты, обладающие научной новизной:

1. Уточнено содержание понятия «инженерное мышление» применительно к условиям дополнительного образования школьников. В отличие от существующих определений, акцентирующих профессиональную деятельность инженера, предложенное определение конкретизирует

четырёхкомпонентную структуру (техническое, конструктивное, исследовательское, экономическое мышление) применительно к задачам, решаемым в квантуме Хайтек (работа с 3D-принтерами, 3D-сканерами, лазерными граверами, расчёт себестоимости изделий).

2. Разработана педагогическая модель формирования инженерного мышления школьников в квантуме Хайтек, отличающаяся интеграцией проектно-ориентированного, системно-деятельностного и технологического подходов, а также наличием диагностического блока с конкретными критериями и уровнями сформированности каждого компонента.

3. Создан авторский диагностический инструментарий для оценки уровней сформированности компонентов инженерного мышления, включающий тесты для учащихся (закрытого типа, четыре блока по 4 вопроса) и анкеты для педагогов, прошедший апробацию на выборке 60 учащихся и 5 педагогов и показавший высокую валидность (расхождения самооценки и экспертных оценок в пределах ±0,1 балла).

Теоретическая значимость исследования

Теоретическая значимость работы заключается в систематизации подходов к формированию инженерного мышления школьников в условиях дополнительного образования. Определены структура инженерного мышления (четыре компонента) и критерии его сформированности, конкретизированные применительно к деятельности в квантуме Хайтек. Результаты теоретического анализа могут быть использованы для дальнейших исследований в области инженерного образования, а также для разработки нормативных и методических документов на уровне учреждений дополнительного образования.

Практическая значимость исследования

Практическая значимость подтверждается внедрением следующих разработок:

1. Авторская программа «Квантум Хайтек» (25 часов) апробирована на базе квантума Хайтек детского технопарка «Кванториум» МАОУ «Лицей

«ВЕКТОРиЯ» г. Лысьва. Программа может быть использована в других детских технопарках, центрах цифрового образования и учреждениях дополнительного образования технической направленности.

2. Учебно-методический комплекс: методическое пособие для наставников (содержит теоретический материал, таблицы типичных дефектов и способов их устранения, чек-листы подготовки оборудования) и методические указания по выполнению 10 лабораторных работ (с пошаговыми инструкциями, скриншотами интерфейса КОМПАС-3D, формулами расчёта себестоимости).

3. Информационный web-ресурс для записи в «Кванториум» с трехуровневой иерархической структурой, интегрированный с сервисами Яндекс.Формы и Яндекс.Таблицы, обеспечивающий автоматизированный сбор и хранение заявок. Ресурс может быть тиражирован в других образовательных учреждениях.

4. Практические рекомендации для педагогов по оптимизации процесса формирования инженерного мышления, включающие организационно-методические, дидактические и оценочные аспекты, а также описание эффективных педагогических приёмов («инженерная пятиминутка», «сравнительный анализ», «аукцион ошибок», «роль заказчика»).

Ограничения и перспективы дальнейших исследований

Проведённое исследование имеет определённые ограничения. Формирующий эксперимент проводился на базе одного учреждения (квантум Хайтек детского технопарка «Кванториум» г. Лысьва) с охватом 60 учащихся. Выборка ограничена возрастной группой 7-х классов (13—14 лет). Продолжительность формирующего этапа составила 25 академических часов (7 недель), что не позволяет сделать выводы о долгосрочной устойчивости сформированных компетенций.

Перспективы дальнейших исследований включают следующие направления:

1. Адаптация разработанной педагогической модели и программы «Квантум Хайтек» для других возрастных групп (9—11 классы) с соответствующей корректировкой содержания и сложности лабораторных работ.

2. Проведение лонгитюдного исследования для оценки сохранности сформированных компонентов инженерного мышления через 6 и 12 месяцев после завершения обучения.

3. Расширение диагностического инструментария за счёт включения методов оценки метакогнитивных навыков (целеполагание, рефлексия, саморегуляция) и soft skills (командная работа, коммуникация, лидерство).

4. Внедрение разработанной модели в практику работы мобильных технопарков «Кванториум» и центров цифрового образования «IT-куб» для оценки её транспортабельности в различных организационно-педагогических условиях.

5. Исследование возможности интеграции разработанной программы в основное общее образование (уроки технологии, информатики, физики) в рамках реализации ФГОС.

6. Сравнительный анализ эффективности различных форм организации обучения (очной, дистанционной, гибридной) при формировании инженерного мышления средствами цифрового производства.

Общий вывод

Результаты диссертационного исследования позволяют заключить, что детский технопарк «Кванториум», в частности квантум Хайтек, является эффективной инновационной средой для формирования инженерного мышления школьников. Разработанная педагогическая модель и авторская программа «Квантум Хайтек» доказали свою результативность в ходе опытно-экспериментальной работы: доля учащихся, достигших уровня «Инженер-новатор», возросла с 10% до 46,7%, а средний прирост по компонентам инженерного мышления составил от 1,10 до 2,54 балла.

Созданный учебно-методический комплекс (рабочая программа, методическое пособие для наставников, методические указания по выполнению лабораторных работ) и информационный web-ресурс для записи в технопарк обеспечивают полноценное организационное и методическое сопровождение образовательного процесса. Разработанные практические рекомендации позволяют тиражировать полученный опыт в других учреждениях дополнительного образования технической направленности.

В контексте решения шестой задачи исследования экспериментально доказано, что целенаправленное формирование инженерного мышления в квантуме Хайтек одновременно выполняет функцию ранней профессиональной ориентации. Если на констатирующем этапе абсолютное большинство учащихся (80%) находились в состоянии неопределенности относительно выбора инженерной профессии, то после завершения обучения 88,3% школьников заявили о твердом намерении стать инженерами. Сформированный интерес к конкретным специальностям (конструктор, технолог, оператор цифрового оборудования, робототехник) свидетельствует о том, что образовательная среда детского технопарка позволяет учащимся не только овладеть техническими компетенциями, но и осуществить первичную профессиональную пробу. Данный результат подтверждает, что разработанная педагогическая модель и авторская программа «Квантум Хайтек» могут рассматриваться как эффективный инструмент ранней профориентации школьников в инженерно-технической сфере, что соответствует приоритетам государственной политики в области образования.

Таким образом, задачи исследования решены, цель достигнута, гипотеза подтверждена. Диссертационное исследование вносит вклад в теорию и методику дополнительного образования детей, предлагая научно обоснованные и практически апробированные решения актуальной проблемы формирования инженерного мышления школьников в условиях цифровой трансформации образования.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Постановление Правительства РФ от 28.04.2018 № 525 (ред. от 19.12.2018) [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс : сайт. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_297090/ (дата обращения: 02.05.2025).

2. Распоряжение Правительства России от 29.05.2015 № 996-р [Электронный ресурс] // Гарант.Ру : сайт. – URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70957260/ (дата обращения: 02.05.2025).

3. Распоряжение Минпросвещения России от 12.01.2021 № Р-4 «Об утверждении методических рекомендаций по созданию и функционированию детских технопарков «Кванториум» на базе общеобразовательных организаций» [Электронный ресурс] // Банк документов. – URL: https://docs.edu.gov.ru/document/a8f321051122de4f98091ec1619eefb4/ (дата обращения: 27.04.2025).

4. Письмо Минпросвещения России от 30.11.2023 № ТВ-2357/02 «О направлении методических рекомендаций» (вместе с «Методическими рекомендациями по созданию и функционированию детских технопарков «Кванториум» на базе общеобразовательных организаций») [Электронный ресурс] // КонсультантПлюс. – URL: https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_464367/ (дата обращения: 27.04.2025).

5. Паспорт федерального проекта «Успех каждого ребенка» [Электронный ресурс] // Министерство просвещения Российской Федерации : сайт. – URL: https://edu.gov.ru/national-project/projects/success/ (дата обращения: 02.05.2025).

6. Абдурахмонов Р. И. Пути и способы реализации принципа доступности обучения / Р. И. Абдурахмонов // Ученые записки Худжандского государственного университета им. академика Б. Гафурова. Гуманитарные науки. – 2014. – № 4. – С. 1–6.

7. Алексеенко А. Е. Условия организации проектно-ориентированного обучения будущих инженеров в русле конвергентного образования / А. Е. Алексеенко // Вестник Вятского государственного университета. – 2022. – № 3. – С. 98–106.

8. Алматова М. Л. Психолого-педагогические основы процесса развития исследовательского мышления / М. Л. Алматова // Экономика и социум. – 2021. – № 11. – С. 720–724.

9. Апталаев М. Н. Дополнительное образование как способ популяризации инженерной отрасли среди школьников / М. Н. Апталаев, М. Е. Жалко, Е. Н. Хаматнурова, К. А. Калинина // Мир науки. – 2017. – Т. 5, № 6. – С. 1–8.

10. Белых Ю. П. Влияние проектной деятельности на развитие инженерного мышления обучающихся (на примере мобильного технопарка «Кванториум») [Электронный ресурс] / Ю. П. Белых // Инфоурок. – URL: https://infourok.ru/vliyanie-proektnoj-deyatelnosti-na-razvitie-inzhenernogo-myshleniya-obuchayushihsya-na-primere-mobilnogo-tehnoparka-kvantorium-8116746.html (дата обращения: 27.04.2025).

11. Беляева А. С. Технические науки и процесс формирования технического знания / А. С. Беляева // Методология науки : сборник статей. – Москва : Проспект, 2024. – С. 160–166.

12. Беспалова О. В. Детский технопарк «Кванториум» как современная модель дополнительного образования / О. В. Беспалова // Вестник науки. – 2023. – № 1. – С. 101–105.

13. Бирюков А. А. Формирование инженерного стиля мышления обучающихся как фактор подготовки инженерных кадров / А. А. Бирюков // Вестник Владимирского государственного университета им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. Серия: Педагогические и психологические науки. – 2025. – № 4 (82). – С. 172–183.

14. Велиева С. А. Технология развивающего обучения и ее разновидность применения в современной школе / С. А. Велиева // Форум молодых ученых. – 2018. – № 2 (18). – С. 92–95.

15. Даммер М. Д. Роль принципа научности в формировании содержания обучения / М. Д. Даммер // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Образование. Педагогические науки. – 2012. – № 4. – С. 30–33.

16. Дума Е. А. Уровни сформированности инженерного мышления / Е. А. Дума, К. В. Кибаева, Д. А. Мустафина [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 10. – С. 143–144.

17. Дьюи Дж. Опыт и образование / Д. Дьюи. – Нью-Йорк : Макмиллан, 1938. – 116 с.

18. Захарова Т. А. Механизмы и условия развития инженерного мышления в образовательной среде / Т. А. Захарова // Трансформация механико-математического и IT-образования в условиях цифровизации : материалы II Междунар. науч.-практ. конф., Минск, 22–24 апр. 2025 г. : в 2 ч. Ч. 2. – Минск : БГУ, 2025. – С. 202–205.

19. Заяц М. Л. Школьный Кванториум: инновационные подходы к обучению нового поколения инженеров / М. Л. Заяц // Научные высказывания. – 2024. – № 19. – С. 40–43.

20. Исмаилов Г. М. Формирование инженерного мышления обучающихся 9-х классов на уроках технологии при изучении модуля «Робототехника» на базе «Кванториума» / Г. М. Исмаилов, А. Р. Корехова, А. И. Слободенюк [и др.] // Endlesslightinscience. – 2024. – С. 22–27.

21. Каменских Д. Е. Методические указания по выполнению лабораторных работ по курсу «Квантум Хайтек» [Электронный ресурс] / Д. Е. Каменских ; МАОУ «Лицей «ВЕКТОРиЯ». – Лысьва, 2025. – 80 с. – URL: https://lyceum1-lysva.ru/js/kvantorium/METODIChESKIE_UKAZANIYa_PO_VYPOLNENIYu_LABORATORNY.pdf (дата обращения: 06.05.2026).

22. Каменских Д. Е. Методическое пособие для наставников квантума Хайтек детского технопарка «Кванториум» [Электронный ресурс] / Д. Е. Каменских ; МАОУ «Лицей «ВЕКТОРиЯ». – Лысьва, 2025. – 17 с. – URL: https://lyceum1-lysva.ru/js/kvantorium/METODIChESKOE_POSOBIE_DLYa_NASTAVNIKOV_KVANTUMA_Kh.pdf (дата обращения: 06.05.2026).

23. Каменских Д. Е. Квантум Хайтек: программа дополнительного образования, краткосрочный курс, 25 часов [Электронный ресурс] / Д. Е. Каменских ; МАОУ «Лицей «ВЕКТОРиЯ». – Лысьва, 2025. – 28 с. – URL: https://lyceum1-lysva.ru/js/kvantorium/PROG_DOP_OBRAZOVANIYa_KVANTUM_KhAJTEK-1-.pdf (дата обращения: 06.05.2026).

24. Канина Н. П. Формирование экономического мышления в процессе подготовки студентов экономических специальностей / Н. П. Канина // Вестник Московского государственного областного университета. – 2010. – № 2. – С. 121–125.

25. Килпатрик В. Х. Метод проектов. Применение целевой установки в педагогическом процессе / В. Х. Килпатрик ; пер. с 7-го англ. изд. Е. Н. Янжул ; с предисл. Н. В. Чехова. – Ленинград : Брокгауз-Ефрон, 1925. – 43 с.

26. Коротковская Е. С. Основные риски развития детских технопарков «Кванториум» / Е. С. Коротковская // Математическое и компьютерное моделирование в экономике, страховании и управлении рисками. – 2019. – № 4. – С. 163–169.

27. Корчажкина О. М. Составляющие инженерного мышления и роль ИКТ в их формировании / О. М. Корчажкина // Информатика и образование. – 2018. – № 6 (295). – С. 32–38.

28. Кудрявцев Т. В. Психология технического мышления (процесс и способы решения технических задач) / Т. В. Кудрявцев. – Москва : Педагогика, 1975. – 304 с.

29. Кузьмин С. Ю. Формирование инженерного мышления студентов через исследовательскую деятельность : монография / С. Ю. Кузьмин, Д. А. Мустафина, Г. А. Рахманкулова, И. В. Ребро. – Москва : Ридеро, 2015. – 113 с.

30. Курочкин В. А. Проблема формирования конструктивного мышления будущих специалистов в области промышленного дизайна / В. А. Курочкин, В. Г. Быстров, Е. А. Быстрова // Архитектон: известия вузов. – 2023. – № 2 (82). – С. 1–10.

31. Леонтьев А. Н. Деятельность. Сознание. Личность / А. Н. Леонтьев. – Москва : Политиздат, 1975. – 304 с.

32. Матюшенко С. В. Новый формат принципа «наглядность в обучении» / С. В. Матюшенко, О. О. Князева // Вестник Сибирского института бизнеса и информационных технологий. – 2022. – № 4. – С. 59–66.

33. Методические рекомендации по созданию и функционированию детских технопарков «Кванториум» на базе общеобразовательных организаций [Электронный ресурс] // Национальный проект «Образование» : сайт. – URL: https://mpcenter.ru/national-project/informacionnoe-soprovozhdenie/quantorium/MP%20Кванториум.pdf (дата обращения: 17.10.2025).

34. Модель сетевого взаимодействия: университет – детский технопарк «Кванториум» – промышленное предприятие / М. А. Кудака, О. Ю. Лягинова, А. Л. Смыслова [и др.] // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2018. – № 3 (84). – С. 135–143.

35. Мустафина Д. А. Критерии и сущность инженерного мышления / Д. А. Мустафина, Г. А. Рахманкулова, И. В. Ребро // NovaInfo. – 2016. – № 43. – С. 287–294.

36. Никитина А. А. Феномен инженерного мышления в представлениях педагогов и психологов: психологическое содержание, структура, компоненты / А. А. Никитина, Е. А. Маннанова // Russian Journal of Education and Psychology. – 2025. – Т. 16, № 4. – С. 595–617.

37. Очиров М. Н. Развитие профессионального мышления будущих инженеров / М. Н. Очиров, О. А. Гармаева // Вестник Бурятского государственного университета. – 2013. – № 15. – С. 57–60.

38. Писаренко В. И. Технологический подход в современной педагогике / В. И. Писаренко // Известия Южного федерального университета. Технические науки. – 2012. – С. 240–247.

39. Реализация новой модели дополнительного образования в Алтайском крае (на примере регионального технопарка «Кванториум.22») / Н. М. Легачева, Л. В. Швецова, Е. В. Мардасова, Ю. В. Козырева // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. – 2018. – № 4. – С. 52–64.

40. Сазонова З. С. Развитие инженерного мышления – основа повышения качества образования : учебное пособие / З. С. Сазонова, Н. В. Чечеткина. – Москва : МАДИ (ГТУ), 2007. – 195 с.

41. Стефанова Г. П. Новое содержание принципа практической направленности подготовки учащихся / Г. П. Стефанова // Наука и школа. – 2010. – С. 13–16.

42. Суворова Т. Н. Особенности формирования инженерного мышления средствами 3D-технологий / Т. Н. Суворова, Е. А. Мамаева // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2020. – № 8. – С. 71–86.

43. Суслонова И. В. Закономерности и принципы формирования основ инженерного мышления у младших школьников / И. В. Суслонова, Е. А. Ходырева // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2026. – № 2. – С. 81–99. – DOI 10.24412/2304-120X-2026-11029.

44. Терешков В. А. Интегративный подход как средство формирования компетенций у будущих специалистов инженерно-педагогического профиля / В. А. Терешков // Психология и педагогика: методика и проблемы практического применения. – 2010. – С. 207–211.

45. Тимирбаев Д. Ф. Хайтек тулкит / Д. Ф. Тимирбаев. – Москва : Фонд новых форм развития образования, 2017. – 128 с.

46. Формирование инженерного мышления в процессе организации профессиональной ориентации у школьников / И. В. Ребро, Д. А. Мустафина, Г. А. Рахманкулова [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2019. – № 3. – С. 36.

47. Хаматнурова Е. Н. Формирование инженерного мышления школьников в Хайтек-цехе «Кванториума» / Е. Н. Хаматнурова, Д. Е. Каменских // Проблемы современного педагогического образования. – 2025. – № 86-2. – С. 325–328.

48. Червяков Р. Ю. Развитие системы детских технопарков «Кванториум» [Электронный ресурс] / Р. Ю. Червяков // Большая российская энциклопедия : сайт. – 2023. – URL: https://bigenc.ru/c/razvitie-sistemy-detskikh-tekhnoparkov-kvantorium-04ef44 (дата обращения: 16.11.2025).

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Авторский тест закрытого типа для школьников (констатирующий эксперимент)

Авторский тест:

Блок 1. Техническое мышление

1. Вы нашли в интернете 3D-модель, но ваш принтер не может ее распечатать. Что вероятнее всего нужно сделать?

А) Попробовать печатать еще раз

Б) Найти другую такую же модель

В) Преобразовать файл в нужный формат с помощью специальной программы

2. Что самое важное при подготовке модели для 3D-печати?

А) Чтобы модель была красивого цвета

Б) Чтобы модель соответствовала размерам реального объекта

В) Чтобы модель была подготовлена с учетом возможностей принтера

3. Для склеивания двух разных материалов (дерево и пластик) ты выбираешь клей. На что ты обратишь внимание в первую очередь?

А) На цвет тюбика

Б) На то, для каких материалов он рекомендован производителем

В) На то, какой клей быстрее сохнет

4. При сборке устройства у тебя остались «лишние» винтики. Твои мысли?

А) Наверное, они были запасные

Б) Ничего страшного, главное, что работает

В) Нужно разобрать и проверить схему сборки, возможно, я пропустил этап

Блок 2. Конструктивное мышление

1. У вас сломалась пластиковая деталь от конструктора. Как ее лучше восстановить?

А) Выбросить и купить новую

Б) Попробовать склеить

В) Отсканировать или измерить, создать 3D-модель и напечатать новую

2. Какая правильная последовательность создания детали на 3D-принтере?

А) Печать → Поиск модели → Подготовка файла

Б) Поиск модели → Печать → Подготовка файла

В) Поиск/создание модели → Подготовка файла → Печать

3. Ты проектируешь кронштейн для настольной лампы. Какой из подходов наиболее правильный?

А) Нарисовать красивый эскиз и сразу печатать

Б) Создать 3D-модель, проверить ее на виртуальные нагрузки

В) Сделать грубый макет из картона, чтобы оценить размеры и форму

4. Твоя сборная конструкция получилась слишком хлипкой. Что будешь укреплять в первую очередь?

А) Утолщу все детали сразу

Б) Добавлю больше декоративных элементов для жесткости

В) Проанализирую, в каком месте происходит изгиб или кручение, и укреплю именно эти узлы

Блок 3. Исследовательское мышление

1. Напечатанная деталь получилась с дефектами. Ваши действия?

А) Сделать вид, что так и было задумано

Б) Напечатать еще раз без изменений

В) Проанализировать, почему так получилось, и изменить настройки печати

2. Созданный вами прототип оказался недостаточно прочным. Что делать?

А) Забыть про этот проект

Б) Сделать его еще раз таким же

В) Проанализировать слабые места и усилить конструкцию

3. Ты тестируешь два разных типа пластика на прочность. Твои образцы различаются и по цвету, и по материалу. Результат разный. Что можешь заключить?

А) Цвет влияет на прочность

Б) Разная прочность из-за разных материалов

В) Не могу сделать однозначный вывод, так как в эксперименте две переменные (материал и цвет). Нужно повторить тест с одинаковыми цветами

4. Твой робот, проходя лабиринт, всегда застревает в одном и том же месте. Твоя следующая гипотеза?

А) Робот глупый, нужно его перепрограммировать полностью

Б) Датчики в этом месте работают некорректно

В) В этом месте может быть особое освещение, магнитное поле или скользкое покрытие, мешающее датчикам или колесам

Блок 4. Экономическое мышление

1. Нужно сделать 20 одинаковых деталей. Что экономичнее?

А) Делать каждую деталь вручную

Б) Сделать одну деталь и размножить ее на 3D-принтере

В) Купить готовые детали в магазине

2. Как можно уменьшить стоимость детали, печатаемой на 3D-принтере?

А) Использовать самый дорогой пластик

Б) Увеличить толщину стенок

В) Уменьшить количество материала в модели

3. Для проекта нужно изготовить 10 корпусов. Есть 3D-принтер (медленно, но дёшево за материал) и фрезерный станок с ЧПУ (быстро, но дорогой материал). Как выбирать?

А) Всегда использовать 3D-принтер, это современно

Б) Рассчитать время и стоимость для каждого способа, включая свою работу

В) Выбрать ЧПУ, потому что это профессиональнее и быстрее

4. Ты проектируешь корпус для электронного устройства. Как можно снизить его вес и стоимость, не теряя прочности?

А) Сделать стенки максимально тонкими

Б) Использовать более дешевый, но тяжелый пластик

В) Продумать внутреннюю структуру с ребрами жесткости, позволяющую сделать стенки тоньше, но сохранить жесткость

Таблица баллов для оценки теста

Блок 1. Техническое мышление				Блок 2. Конструктивное мышление			
Вопрос	Вариант А	Вариант Б	Вариант В	Вопрос	Вариант А	Вариант Б	Вариант В
1	0	1	2	1	0	1	2
2	0	1	2	2	0	1	2
3	0	2	1	3	0	2	1
4	1	0	2	4	1	0	2
Блок 3. Исследовательское мышление				Блок 4. Экономическое мышление			
Вопрос	Вариант А	Вариант Б	Вариант В	Вопрос	Вариант А	Вариант Б	Вариант В
1	0	1	2	1	0	2	1
2	0	1	2	2	0	1	2
3	0	1	2	3	0	2	1
4	0	1	2	4	0	1	2

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Анкета для учащегося (до начала обучения по программе «Квантум Хайтек»)

Инструкция: пожалуйста, ответьте на следующие вопросы. Анонимность гарантируется. Результаты будут использованы только в обобщённом виде для улучшения образовательного процесса.

1. Знаете ли вы, какие профессии относят к инженерным?

А) Да, могу назвать несколько.

Б) Что-то слышал(а), но точно не назову.

В) Затрудняюсь ответить.

2. Можете ли вы назвать конкретную инженерную специальность, которая вас привлекает?

А) Да, привлекает специальность «_____» (напишите).

Б) Нет, не могу назвать.

В) Никогда не задумывался(лась) об этом.

3. Планируете ли вы в будущем связать свою профессиональную деятельность с инженерно-технической сферой?

А) Да, уже решил(а).

Б) Скорее да, чем нет.

В) Скорее нет, чем да.

Г) Нет, не планирую.

Д) Ещё не определился(лась).

4. Если вы выбрали вариант «А» или «Б» в вопросе 3, укажите, какая именно инженерная область вас привлекает (например, робототехника, 3D-моделирование, программирование, конструирование и т.п.): _____

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Авторский тест для педагогов (констатирующий эксперимент)

Уважаемый учитель!

Данный тест предназначен для оценки развития инженерного мышления у школьников на основе предложенных критериев. Пожалуйста, внимательно прочитайте каждый вопрос и выберите наиболее подходящий ответ, оценивая проявления ученика в рамках учебного процесса и проектной деятельности. Оценка ответов поможет определить сильные и слабые стороны в развитии инженерного мышления каждого ученика.

Инструкция:

Для каждого вопроса выберите один ответ, который наиболее точно отражает уровень развития ученика.

1. Техническое мышление:

Вопрос 1: Насколько хорошо ученик понимает принципы работы технических устройств и систем, с которыми он работает?

А. Демонстрирует глубокое понимание принципов работы технических устройств и систем, может объяснить их функционирование и найти оптимальные способы применения.

Б. Имеет общее представление о принципах работы технических устройств и систем, понимает основные функции, но нуждается в пояснениях при возникновении сложных вопросов.

В. Имеет поверхностное представление о принципах работы технических устройств и систем, в основном знаком с их внешним использованием

Г. Практически не знаком с принципами работы технических устройств и систем, использует их интуитивно

Вопрос 2: Как учащийся проявляет себя при сборе, анализе и интерпретации данных, необходимых для решения инженерных задач?

А. Самостоятельно собирает данные, анализирует их, делает обоснованные выводы и использует их для принятия решений.

Б. Собирает данные и анализирует их с помощью учителя или по четкой инструкции.

В. Испытывает трудности со сбором и анализом данных, нуждается в значительной помощи.

Г. Не проявляет интереса к сбору и анализу данных.

Вопрос 3: Как часто ученик проявляет инициативу в изучении новых технических решений и инструментов?

А. Регулярно ищет и изучает новые технические решения и инструменты, применяет их в своей работе.

Б. Проявляет интерес к новым техническим решениям только при предложении со стороны учителя.

В. Мало интересуется новыми техническими решениями и инструментами.

Г. Не проявляет интереса к изучению новых технических решений и инструментов.

Вопрос 4: Насколько хорошо ученик умеет диагностировать и устранять неполадки в работе технических устройств?

А. Самостоятельно диагностирует и устраняет большинство неполадок, связанных с используемым оборудованием.

Б. Диагностирует и устраняет неполадки только с помощью учителя или более опытных учеников.

В. Испытывает трудности с диагностикой и устранением неполадок.

Г. Не предпринимает попыток диагностировать и устранять неполадки.

2. Конструктивное мышление:

Вопрос 1: Насколько ученик способен визуализировать и работать с трехмерными объектами, представлять их в уме и на чертежах?

А. Легко визуализирует сложные трехмерные объекты, свободно работает с чертежами и моделями.

Б. Визуализирует простые трёхмерные объекты, работает с чертежами и моделями с небольшой помощью.

В. Испытывает затруднения при визуализации трехмерных объектов и работе с чертежами.

Г. Практически не способен визуализировать трехмерные объекты и работать с чертежами.

Вопрос 2: Как учащийся планирует свою работу над проектом, разбивает сложные задачи на более мелкие этапы и определяет последовательность действий?

А. Самостоятельно разрабатывает подробный план действий, эффективно распределяет время и ресурсы.

Б. Разрабатывает план действий с помощью учителя или по предоставленному шаблону.

В. Испытывает трудности с планированием и организацией работы над проектом.

Г. Не способен разработать план действий.

Вопрос 3: Насколько хорошо ученик умеет вносить изменения в конструкцию, учитывая функциональные требования и ограничения?

А. Легко адаптирует и модифицирует конструкции, учитывая все требования и ограничения.

Б. Вносит изменения в конструкцию только при наличии четких указаний и ограничений.

В. Испытывает трудности при внесении изменений в конструкцию.

Г. Не может самостоятельно вносить изменения в конструкцию.

Вопрос 4: Как ученик оценивает соответствие разработанной конструкции заданным требованиям и функциональность?

А. Самостоятельно оценивает соответствие конструкции всем требованиям и функциональность, предлагает улучшения.

Б. Оценивает соответствие конструкции требованиям и функциональность с помощью учителя или по заранее определенным критериям.

В. Испытывает трудности с оценкой соответствия конструкции требованиям.

Г. Не может оценить соответствие конструкции требованиям.

3. Исследовательское мышление:

Вопрос 1: Насколько хорошо ученик умеет анализировать задачи, выявлять ключевые проблемы и находить эффективные решения?

А. Быстро анализирует задачи, выявляет проблемы и предлагает несколько эффективных решений.

Б. Анализирует задачи и находит решения с помощью учителя или подсказок.

В. Испытывает трудности при анализе задач и поиске решений.

Г. Не может самостоятельно анализировать задачи и находить решения.

Вопрос 2: Как часто ученик предлагает оригинальные идеи и подходы к решению инженерных задач, выходящие за рамки стандартных решений?

А. Часто предлагает оригинальные и инновационные идеи, генерирует нестандартные решения.

Б. Предлагает новые идеи и подходы только при стимулировании со стороны учителя.

В. Редко предлагает оригинальные идеи, предпочитает использовать стандартные решения.

Г. Не проявляет интереса к поиску новых идей.

Вопрос 3: Насколько ученик способен критически оценивать свои решения и подходы, выявлять ошибки и находить способы их исправления?

А. Самостоятельно и критически оценивает свои решения, выявляет ошибки и эффективно их исправляет.

Б. Оценивает свои решения и исправляет ошибки с помощью учителя или по чёткой инструкции.

В. Испытывает трудности с критической оценкой своих решений и исправлением ошибок.

Г. Не склонен к самоанализу и исправлению ошибок.

Вопрос 4: Как учащийся реагирует на неудачи и ошибки в процессе работы над проектом, насколько он готов учиться на них и продолжать работу?

А. Воспринимает неудачи как возможность для обучения, анализирует ошибки и настойчиво продолжает работать над задачей.

Б. Испытывает разочарование при неудачах, но продолжает работать с поддержкой учителя.

В. Демонстрирует нежелание продолжать работу после неудач.

Г. Легко сдается при возникновении трудностей.

4. Экономическое мышление:

Вопрос 1: Насколько хорошо ученик умеет оценивать стоимость проекта, учитывать затраты на материалы, рабочую силу, оборудование и другие ресурсы?

А. Самостоятельно оценивает стоимость проекта, учитывая все необходимые ресурсы и затраты.

Б. Оценивает стоимость проекта с помощью учителя или на основе предоставленной информации.

В. Испытывает затруднения в оценке стоимости проекта.

Г. Не учитывает экономические аспекты при работе над проектом.

Вопрос 2: Как учащийся подходит к использованию ресурсов (материалов, энергии, времени) для достижения поставленных инженерных целей, стремится ли он к оптимизации?

А. Самостоятельно находит оптимальные способы использования ресурсов, минимизирует затраты и отходы.

Б. Старается использовать ресурсы эффективно, но нуждается в подсказках для оптимизации.

В. Не обращает внимания на эффективное использование ресурсов.

Г. Не умеет эффективно использовать ресурсы.

Вопрос 3: Насколько ученик способен оценить экономические выгоды от реализации инженерного решения и сопоставить их с затратами на внедрение?

А. Самостоятельно проводит анализ затрат и выгод, оценивает экономическую эффективность проекта.

Б. Проводит анализ затрат и выгод с помощью учителя или по предоставленной методике.

В. Испытывает затруднения при проведении анализа затрат и выгод.

Г. Не проводит анализ затрат и выгод.

Вопрос 4: Насколько ученик стремится найти альтернативные, более дешёвые материалы или технологии, не снижающие качество решения?

А. Активно ищет и предлагает альтернативные материалы и технологии, стремясь снизить затраты.

Б. Рассматривает альтернативные материалы и технологии по предложению учителя.

В. Не задумывается об использовании альтернативных материалов и технологий.

Таблица баллов для оценки теста

Вариант А	Вариант Б	Вариант В	Вариант Г
2	1	0	0

ПРИЛОЖЕНИЕ Г

Авторский тест для школьников (контрольный эксперимент)

Блок 1: Техническое мышление

1. Вы печатаете сложную модель с большими выступами. Принтер начал печатать «воздух», и эти части испорчены. Что вероятнее всего произошло и что нужно сделать в первую очередь при печати следующей копии?

А) Увеличить температуру сопла, чтобы пластик лучше плавился.

Б) Включить в слайсере генерацию поддержек (support) для нависающих элементов.

В) Увеличить скорость печати, чтобы принтер работал стабильнее.

2. При лазерной гравировке на фанере изображение получилось очень бледным, почти невидимым. Какую настройку нужно изменить в первую очередь для следующего запуска?

А) Увеличить мощность лазера.

Б) Уменьшить скорость движения лазерной головки.

В) Заменить материал на более темный.

3. При 3D-сканировании блестящего металлического объекта программа плохо захватывает поверхность, появляются «дыры». Что нужно сделать?

А) Увеличить яркость проектора сканера в настройках ПО.

Б) Обработать объект матирующим спреем, чтобы убрать блики.

В) Сканировать объект в полной темноте.

4. Напечатанная деталь не прилегает к столу по краям, загибается. Стол автоматически калиброван. Что является наиболее вероятной причиной и решением?

А) Неправильно выбран тип пластика, нужно использовать более прочный.

Б) В помещении сквозняк или холодно, нужно обеспечить стабильную температуру и закрыть дверцы принтера (если есть).

В) Сопло принтера загрязнено, его нужно прочистить.

Блок 2: Конструктивное мышление

1. Вам нужно спроектировать в КОМПАС-3D крышку, которая будет точно надеваться на коробку с зазором 0.5 мм. Как вы поступите?

А) Нарисую эскиз коробки, затем создам новый эскиз крышки «на глаз», стараясь сделать его чуть больше.

Б) Использую эскиз коробки как основу и применю операцию «Смещение контура» на 0.5 мм наружу для создания контура крышки.

В) Создам крышку тех же размеров, что и коробка, а потом вручную подправлю размеры в свойствах эскиза.

2. Вы создали сборку из нескольких деталей в КОМПАС-3D, но одна из деталей при изменении положения других не двигается вместе с ними. Что вы упустили?

А) Не сохранили файлы деталей в одной папке.

Б) Не задали нужные геометрические зависимости (совпадение, сопряжение) между этой деталью и другими.

В) Эта деталь слишком сложная, компьютер не может ее обработать в сборке. (

3. При подготовке модели «Кубики Сома» для печати вы хотите, чтобы все детали напечатались за один раз, не касаясь друг друга. Какую функцию слайсера вы используете?

А) «Разместить» (Arrange) — программа сама разложит детали на столе.

Б) Напечатаю каждую деталь отдельно, меняя файлы.

В) Смоделирую общую подложку, на которой будут все детали.

4. Проектируя подставку для телефона, вы понимаете, что она получается слишком хрупкой в самом узком месте. Как усилить конструкцию, не меняя ее внешних габаритов?

А) Залить эту зону суперклеем после печати.

Б) Увеличить значение «Заполнения» (Infill) по всей модели в слайсере.

В) Добавить внутренние рёбра жёсткости (боксы) в самой модели в CAD-программе.

Блок 3: Исследовательское мышление

1. В лабораторной работе по лазерной гравировке вы получили несколько образцов с разными настройками. Какой анализ поможет сделать чёткий вывод о влиянии скорости на глубину гравировки?

А) Взять самый красивый образец и считать его оптимальным.

Б) Сравнить образцы, на которых менялась ТОЛЬКО скорость, а мощность и другие параметры были постоянными.

В) Усреднить все результаты и вывести общие рекомендации.

2. Сравнивая печать двух принтеров, вы обнаружили, что у одного лучше точность размеров, а у второго — качество поверхности. Какой вывод о выборе принтера для конкретной задачи будет верным?

А) Всегда использовать тот, у которого лучше качество поверхности, это важнее.

Б) Выбор зависит от задачи: для функциональной детали важна точность, для сувенира — внешний вид.

В) Нужно печатать на обоих и склеивать лучшие части.

3. Отсканированная 3D-модель получилась с «шумами» и лишними артефактами вокруг основного объекта. Ваши действия по её очистке?

А) Сразу отправить на печать — принтер сам разберётся.

Б) В ПО для обработки скана использовать инструменты «Удаление шума» и «Выделение лассо/прямоугольником» для стирания лишних элементов.

В) Увеличить яркость сканера и пересканировать объект заново, не пытаясь исправить эту модель.

4. Созданный вами прототип корпуса устройства треснул при сборке. Каков будет ваш следующий рациональный шаг?

А) Сделать его снова из того же материала, но печатать медленнее.

Б) Проанализировать место излома: усилить толщину стенки, изменить ориентацию модели на столе при печати или выбрать более прочный материал.

В) Склеить трещину и продолжить работу, это же всего лишь прототип.

Блок 4: Экономическое мышление

1. Вам нужно изготовить 50 одинаковых плоских табличек с логотипом. Какая технология будет наиболее экономически выгодной при наличии и лазерного станка, и 3D-принтера?

А) 3D-печать каждой таблички, так как это современнее.

Б) Лазерная резка из фанеры — быстро, дёшево за материал, за один проход можно разместить много деталей.

В) Сделать одну на 3D-принтере, а остальные отлить по ней из гипса.

2. Рассчитывая себестоимость детали, вы включаете стоимость пластика, электроэнергии и амортизацию (износ) оборудования. Почему важен последний компонент?

А) Чтобы цена выглядела солиднее.

Б) Это «виртуальные» деньги, которые никуда не платят.

В) Чтобы в будущем хватило средств на ремонт или замену принтера/станка, которые изнашиваются в процессе работы.

3. Как можно уменьшить стоимость 3D-печати крупной полой детали без потери её прочности?

А) Установить в слайсере минимальную плотность заполнения (5-10%) и увеличить толщину стенок (perimeters).

Б) Печатать с максимальной скоростью, чтобы быстрее потратить электричество.

В) Использовать самый дешёвый пластик, даже если он низкого качества.

4. Перед финальным проектом у вас есть выбор: сделать уникальный сложный корпус на 3D-принтере или простой, но функциональный из фанеры на лазере. При ограниченном времени и бюджете, какой фактор будет решающим?

А) Только личное желание сделать «круто и сложно».

Б) Соотношение «затраты (время/деньги) / результат»: что эффективнее приведёт к рабочему прототипу, демонстрирующему основную идею.

В) Мнение друзей о том, какая технология престижнее.

Таблица баллов для оценки теста

Блок 1. Техническое мышление				Блок 2. Конструктивное мышление			
Вопрос	Вариант А	Вариант Б	Вариант В	Вопрос	Вариант А	Вариант Б	Вариант В
1	0	2	1	1	0	2	1
2	2	1	0	2	0	2	1
3	0	2	1	3	2	0	1
4	0	2	1	4	0	1	2
Блок 3. Исследовательское мышление				Блок 4. Экономическое мышление			
Вопрос	Вариант А	Вариант Б	Вариант В	Вопрос	Вариант А	Вариант Б	Вариант В
1	0	2	1	1	0	2	1
2	0	2	1	2	0	1	2
3	0	2	1	3	2	0	1
4	0	2	1	4	0	2	1

ПРИЛОЖЕНИЕ Д

Авторский тест для педагогов (контрольный эксперимент)

Инструкция: Уважаемый учитель! Просим вас оценить изменения, которые вы заметили у ученика в его подходе к решению задач, проектной деятельности и освоению новых технологий после прохождения им курса в Кванториуме. Оценивайте, пожалуйста, проявление качеств в контексте общей учебной деятельности (на уроках, при выполнении проектов, в работе над заданиями). Для каждого вопроса выберите один вариант ответа.

Блок 1: Техническое мышление

1. Как изменилось умение ученика понимать и объяснять принципы работы технических устройств или систем, с которыми он сталкивается?

А) Заметно выросло. Теперь может не только описать работу устройства, но и предложить, как его можно улучшить или применить для своей задачи.

Б) Небольшой прогресс. Стал увереннее в общих объяснениях, но углубленный анализ вызывает затруднения.

В) Практически не изменилось. По-прежнему имеет поверхностное представление.

2. Как изменился подход ученика к решению технической проблемы (например, поломка, неоптимальная работа прибора)?

А) Перешел от пассивного ожидания к активному анализу. Сначала пытается сам диагностировать причину, проверить гипотезы, и только потом обращается за помощью.

Б) Стал более внимательным к деталям проблемы, но алгоритм поиска решения по-прежнему требует внешнего руководства.

В) Подход не изменился: либо игнорирует проблему, либо сразу ждет готового решения.

3. Как изменилось стремление ученика к освоению новых цифровых инструментов и технологий (программы, онлайн-сервисы, оборудование)?

А) Проявляет выраженную инициативу. Самостоятельно ищет и пробует новые инструменты для своих проектов, делится находками.

Б) Интерес есть, но нуждается в направлении или четкой учебной задаче, чтобы начать освоение.

В) Интерес к новым инструментам остался на прежнем, низком уровне.

4. Как изменилась способность ученика читать и интерпретировать техническую информацию (схемы, инструкции, чертежи)?

А) Стал делать это более осознанно и критически. Задает уточняющие вопросы по схеме, может предложить альтернативный вариант представления информации.

Б) Стал более внимательным и аккуратным при следовании готовой инструкции.

В) Умение работать с технической документацией не улучшилось.

Блок 2: Конструктивное мышление

1. Как изменилась способность ученика визуализировать идею, переходить от словесного описания к схемам, эскизам или цифровым макетам?

А) Заметно развилась. Идеи сразу облекает в наглядную форму (рисует, схематизирует, создает простые цифровые модели), использует это для обсуждения и улучшения замысла.

Б) Стал чаще использовать простые эскизы для пояснения своих мыслей, но делает это не систематически.

В) Продолжает опираться в основном на устное описание, визуализация затруднена.

2. Как изменилось умение ученика планировать сложную работу, разбивая ее на логические этапы и определяя последовательность действий?

А) Планирование стало более детальным и реалистичным. Учитывает не только «что делать», но и «как», «с помощью чего» и «сколько времени потребует каждый этап». (2 балла)

Б) Планирует лучше, но часто упускает из виду ресурсы (время, материалы), что приводит к корректировкам в процессе.

В) Планирование остается хаотичным или формальным, без связи с реальным процессом.

3. Как изменилось умение ученика вносить коррективы в свой проект или конструкцию, когда возникают ограничения или новые требования?

А) Воспринимает изменения как часть процесса. Анализирует новые условия и гибко перестраивает проект, предлагая адаптированные решения.

Б) Способен вносить изменения, но это вызывает затруднения, требует эмоциональной поддержки и обсуждения с учителем.

В) Новые требования часто приводят в тупик, ученик не знает, как изменить первоначальный замысел.

4. Как изменилась способность ученика оценивать результат своей работы (макет, модель, устройство) по заданным критериям и функциональности?

А) Проводит самокритичный анализ, сравнивая результат с изначальным замыслом и техническим заданием. Точно указывает на удачные и слабые места.

Б) Может дать общую оценку («получилось/не получилось»), но детальный анализ требует наводящих вопросов.

В) Оценка носит эмоциональный характер («нравится/не нравится») и не связана с объективными критериями.

Блок 3: Исследовательское мышление

1. Как изменился подход ученика к нестандартной или сложной задаче?

А) Проявляет исследовательский интерес: анализирует задачу, выдвигает гипотезы, пробует разные подходы, фиксирует результаты. Действует как экспериментатор.

Б) Стал более настойчивым, но стратегия решения по-прежнему строится по известному образцу или с прямой помощью.

В) Столкнувшись со сложностью, по-прежнему быстро теряет интерес или ожидает пошаговой инструкции.

2. Как изменилась готовность ученика предлагать оригинальные, собственные идеи и решения, выходящие за рамки предложенного образца?

А) Идеи стали более продуманными и обоснованными. Часто предлагает несколько вариантов решения, аргументируя их плюсы и минусы.

Б) Чаще высказывает свои идеи, но они не всегда проработаны или труднореализуемы в данных условиях.

В) Редко предлагает что-то свое, предпочитает следовать проверенному пути.

3. Как изменилась способность ученика критически оценивать свой результат, видеть ошибки и находить пути их исправления?

А) Развился навык саморефлексии. Способен самостоятельно найти недочет, понять его причину и предложить конкретный способ исправления для следующей попытки.

Б) Признает ошибки, когда на них указывают, и старается их исправить по предложенному алгоритму.

В) Затрудняется с самостоятельным анализом ошибок, может игнорировать их или списывать на внешние обстоятельства.

4. Как изменилось отношение ученика к неудачам и ошибкам в процессе работы?

А) Воспринимает их как ценный источник информации и неизбежную часть процесса создания чего-то нового. Неудача мотивирует его на поиск лучшего решения.

Б) Стал более устойчивым. После неудачи может продолжить работу, но нуждается в ободрении и переформулировании задачи.

В) Неудачи серьезно демотивируют, приводят к отказу от продолжения работы.

Блок 4: Экономическое мышление

1. Как изменилось понимание учеником того, что у любого проекта или изделия есть стоимость (материалы, время, усилия)?

А) Начал активно учитывать этот фактор. При обсуждении проектов сам задает вопросы о материалах, времени на изготовление, ищет более рациональные варианты.

Б) Понимает концепцию себестоимости, когда на нее обращают внимание, но самостоятельно не ищет пути оптимизации.

В) Экономические аспекты проекта по-прежнему не учитываются или считаются неважными.

2. Как изменился подход ученика к использованию ресурсов (материалов, своего времени, времени других) в учебных проектах?

А) Стал стремиться к оптимизации: экономнее расходует материалы, старается спланировать время так, чтобы уложиться в срок, ценит время команды.

Б) Стал более аккуратным и бережливым, но не всегда видит возможности для системной оптимизации процесса.

В) Подход к расходованию ресурсов не изменился, может быть расточительным или нерациональным.

3. Как изменилась способность ученика аргументировать выбор одного решения перед другим, учитывая не только результат, но и «цену» его достижения?

А) При сравнении идей или методов теперь может привести аргументы вида «этот способ дороже, но быстрее», «этот дешевле, но требует больше ручной работы».

Б) Может выделить самый дешевый или самый быстрый вариант, но комплексный анализ «цена/качество/время» дается с трудом.

В) Выбор обосновывает только с точки зрения конечного результата или личных предпочтений, ресурсные затраты не учитываются.

4. Заметили ли вы, что ученик стал применять более рациональный, «инженерно-экономический» подход в других сферах (в бытовых ситуациях, в планировании личного времени, в групповых внеучебных активностях)?

А) Да, регулярно. Стал чаще задавать вопросы: «А есть ли способ проще/дешевле/быстрее?», «Как мы можем использовать то, что уже есть?».

Б) Изредка, в знакомых или простых ситуациях.

В) Нет, не заметил(а) таких изменений.

Таблица баллов для оценки теста

Вариант А	Вариант Б	Вариант В	Вариант Г
2	1	0	0

ПРИЛОЖЕНИЕ Е

Анкета для учащегося (после освоения программы «Квантум Хайтек»)

Инструкция: ответьте, пожалуйста, на вопросы, основываясь на вашем опыте обучения в квантуме Хайтек.

1. Теперь вы знаете, какие профессии относят к инженерным? Можете назвать несколько?

- А) Да, знаю и могу назвать.
- Б) Знаю примерно, но назову с трудом.
- В) По-прежнему затрудняюсь.

2. Появилась ли у вас конкретная инженерная специальность, которая вас привлекает после прохождения курса?

- А) Да, привлекает специальность «_____» (напишите).
- Б) Пока не определился(лась).
- В) Нет, не появилась.

3. Как изменилось ваше отношение к выбору инженерной профессии в будущем?

- А) Я точно решил(а) стать инженером (в какой области – см. вопрос 2).
- Б) Склоняюсь к инженерной сфере, но пока не окончательно.
- В) Моё мнение не изменилось, инженерия меня не привлекает.
- Г) Затрудняюсь ответить.

4. Какую конкретную инженерную область вы бы хотели изучать дальше (напишите): _____

ПРИЛОЖЕНИЕ Ж

Результаты анкетирования (констатирующий эксперимент)

Таблица Ж1 – Результаты анкетирования

№ уч-ся	Вопрос 1	Вопрос 2 (специальность)	Вопрос 3	Вопрос 4 (область)	№ уч-ся	Вопрос 1	Вопрос 2 (специальность)	Вопрос 3	Вопрос 4 (область)
1	В	Б	Д	—	31	В	Б	Д	—
2	Б	Б	Д	—	32	Б	Б	Д	—
3	А	А (робототехника)	Б	робототехника	33	А	Б	Д	—
4	В	Б	Д	—	34	В	Б	Д	—
5	Б	Б	Д	—	35	Б	Б	Д	—
6	А	Б	Б	аддитивные технологии	36	А	Б	Б	нанотехнологии
7	В	Б	Д	—	37	В	Б	Д	—
8	Б	Б	Д	—	38	Б	Б	Д	—
9	А	А (конструирование)	Б	конструирование	39	В	Б	Д	—
10	В	Б	Д	—	40	Б	Б	Д	—
11	Б	Б	Д	—	41	А	Б	Б	энергетика
12	А	Б	Б	лазерные технологии	42	В	Б	Д	—
13	В	Б	Д	—	43	Б	Б	Д	—
14	Б	Б	Д	—	44	А	Б	Д	—
15	А	Б	Д	—	45	В	Б	Д	—
16	В	Б	Д	—	46	Б	Б	Д	—
17	Б	Б	Д	—	47	А	Б	Б	автоматизация
18	А	Б	Б	машиностроение	48	В	Б	Д	—
19	В	Б	Д	—	49	Б	Б	Д	—
20	Б	Б	Д	—	50	В	Б	Д	—
21	А	А (программирование)	Б	программирование	51	Б	Б	Д	—
22	В	Б	Д	—	52	В	Б	Д	—
23	Б	Б	Д	—	53	Б	Б	Д	—
24	А	Б	Б	электротехника	54	В	Б	Д	—
25	В	Б	Д	—	55	Б	Б	Д	—
26	Б	Б	Д	—	56	В	Б	Д	—
27	А	А (3D-моделирование)	Б	3D-моделирование	57	В	Б	Д	—
28	В	Б	Д	—	58	В	Б	Д	—
29	Б	Б	Д	—	59	В	Б	Д	—
30	А	Б	Б	авиастроение	60	Б	Б	Д	—

ПРИЛОЖЕНИЕ З

Результаты анкетирования (контрольный эксперимент)

Таблица 31 – Результаты анкетирования

№ уч-ся	Вопрос 1	Вопрос 2 (специальность)	Вопрос 3	Вопрос 4 (область)	№ уч-ся	Вопрос 1	Вопрос 2 (специальность)	Вопрос 3	Вопрос 4 (область)
1	В	В	В	—	31	А	А (специалист по лазерным технологиям)	А	лазерные технологии
2	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	32	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
3	В	Б	В	—	33	А	А (специалист по лазерным технологиям)	А	лазерные технологии
4	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	34	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
5	В	Б	Б	—	35	А	А (специалист по лазерным технологиям)	А	лазерные технологии
6	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	36	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
7	Б	В	Б	—	37	А	А (специалист по лазерным технологиям)	А	лазерные технологии
8	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	38	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
9	Б	В	Б	—	39	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника
10	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	40	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
11	Б	Б	Б	—	41	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника
12	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	42	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
13	Б	Б	Б	—	43	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника
14	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	44	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
15	Б	Б	А	—	45	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника
16	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	46	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
17	Б	Б	А	—	47	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника
18	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	48	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
19	А	В	А	—	49	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника
20	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	50	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
21	А	Б	А	—	51	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника
22	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	52	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
23	А	Б	А	—	53	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника
24	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	54	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
25	А	А (специалист по лазерным технологиям)	А	лазерные технологии	55	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника
26	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	56	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
27	А	А (специалист по лазерным технологиям)	А	лазерные технологии	57	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника
28	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	58	А	А (3D-моделирование и аддитивные технологии)	А	аддитивные технологии
29	А	А (специалист по лазерным технологиям)	А	лазерные технологии	59	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника
30	А	А (инженер-конструктор)	А	машиностроение	60	А	А (инженер-робототехник)	А	робототехника