

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ им.

В.П. Астафьева»

(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт математики, физики и информатики  
Кафедра физики, технологии и методики обучения

Радыгин Александр Максимович  
**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

**Использование 3D-технологий в проектной и исследовательской  
деятельности обучающихся**

Направление подготовки 44.04.01 Педагогическое образование  
Направленность (профиль) образовательной программы Физическое и  
технологическое образование в новой образовательной практике

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой физики, технологии и методики  
обучения, к.п.н.

С.В.Латынцев

« 15 » 06 2026 Подпись 



Руководитель магистерской программы  
д.п.н., профессор кафедры физики, технологии  
и методики обучения

В.И. Тесленко

« 22 » 05 Подпись 


Научный руководитель

кандидат педагогических наук

Е.А. Песковский

« 25 » 05.2026 Подпись 

Обучающийся А.М. Радыгин

« 18 » 05.2026 Подпись 

Дата защиты « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2026 г.

Оценка отлично

Красноярск 2026

**РЕФЕРАТ**  
**К магистерской диссертации**  
**«Использование 3D-технологий в проектной и исследовательской деятельности обучающихся»**

Магистерская диссертация состоит из введения, двух глав, включающих десять подразделов, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 75 страницах, содержит 51 источник литературы, в том числе зарубежные публикации, 8 таблиц, 4 рисунка и 2 приложения.

**Целью** работы является разработка, теоретическое обоснование и апробация образовательного курса, обеспечивающего вовлечение обучающихся в проектную и исследовательскую деятельность посредством использования 3D-технологий как инструмента реализации самостоятельно выбранных практико-ориентированных проектов.

Для достижения поставленной цели были определены следующие **задачи**:

1. Проанализировать научно-педагогическую литературу по вопросам проектной и исследовательской деятельности обучающихся.
2. Рассмотреть роль инженерного мышления в современной технологической подготовке обучающихся.
3. Провести анализ современных образовательных программ и подходов в обучении 3D-технологиям.
4. Разработать образовательный курс, основанный на использовании 3D-технологий в проектной и исследовательской деятельности обучающихся.
5. Провести апробацию разработанного курса в условиях дополнительного образования.
6. Проанализировать результаты реализации курса и определить направления его дальнейшего совершенствования.

**Объект исследования** – образовательные практики проектной и исследовательской деятельности обучающихся.

**Предмет исследования** – использование 3D-технологий как инструментального и содержательного контекста организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся.

**Гипотеза исследования** заключается в предположении о том, что эффективность проектной и исследовательской деятельности обучающихся будет выше, если образовательный процесс строится на использовании 3D-технологий как универсального инструмента реализации самостоятельно выбранных проектов, обеспечивающего обучающимся свободу выбора тематики деятельности, возможность создания практически значимого результата и высокий уровень личной вовлечённости в процесс обучения.

Для решения поставленных задач использовались следующие методы исследования:

- теоретические – анализ научной и методической литературы, анализ образовательных программ и нормативных документов, сравнительный анализ и обобщение теоретических данных;
- эмпирические – педагогическое проектирование образовательного курса, педагогическое наблюдение, апробация курса в условиях дополнительного образования, анализ продуктов деятельности обучающихся и результатов проектной работы.

**Новизна и практическая значимость исследования:**

Теоретически обоснована возможность использования 3D-технологий как универсального средства интеграции проектной и исследовательской деятельности обучающихся.

Разработан образовательный курс, основанный на последовательном освоении инженерного моделирования, творческого моделирования, технологий 3D-сканирования и самостоятельной проектной деятельности.

Предложен подход, предусматривающий предоставление обучающимся возможности самостоятельного выбора тематики проектов и инструментов их реализации, что способствует повышению мотивации и вовлечённости в образовательный процесс.

Практическая апробация курса подтвердила эффективность использования 3D-технологий для развития инженерного мышления, самостоятельности, проектных и исследовательских навыков обучающихся.

Результаты исследования могут быть использованы в системе дополнительного образования, технологической подготовке школьников, а также в деятельности центров цифрового и инженерного образования.

**PAPER**  
**to the Master's Thesis**  
**“Use of 3D Technologies in Students’ Project and Research Activities”**

The master's thesis consists of an introduction, two chapters including ten sections, a conclusion, a list of references, and appendices. The thesis is presented on 75 pages and contains 51 references, including foreign publications, 8 tables, 4 figures, and 2 appendices.

The purpose of the study is to develop, theoretically substantiate, and test an educational course aimed at engaging students in project-based and research activities through the use of 3D technologies as a tool for implementing independently selected practice-oriented projects.

To achieve this **goal**, the following objectives were defined:

1. To analyze scientific and pedagogical literature on students’ project-based and research activities.
2. To examine the role of engineering thinking in modern technological education.
3. To analyze contemporary educational programs and approaches to teaching 3D technologies.
4. To develop an educational course based on the use of 3D technologies in students’ project and research activities.
5. To conduct a practical approbation of the developed course in the context of supplementary education.
6. To analyze the results of the course implementation and identify directions for its further improvement.

**The object of the research** is educational practices of students’ project-based and research activities.

**The subject of the research** is the use of 3D technologies as both an instrumental and content-related context for organizing students’ project-based and research activities.

**The research hypothesis** is based on the assumption that the effectiveness of students' project and research activities will be higher if the educational process is built around the use of 3D technologies as a universal tool for implementing independently chosen projects. Such an approach provides students with freedom in selecting project topics, opportunities to create practically significant outcomes, and a high level of personal engagement in the learning process.

The following research methods were used:

- theoretical methods – analysis of scientific and methodological literature, analysis of educational programs and regulatory documents, comparative analysis, and generalization of theoretical data;
- empirical methods – instructional design of the educational course, pedagogical observation, practical approbation of the course in supplementary education, analysis of students' project products, and analysis of project activity outcomes.

Scientific novelty and practical significance of the research:

The possibility of using 3D technologies as a universal means of integrating project-based and research activities has been theoretically substantiated.

An educational course based on the sequential освоение of engineering modeling, creative modeling, 3D scanning technologies, and independent project work has been developed.

An educational approach providing students with the opportunity to independently choose project topics and implementation tools has been proposed, contributing to increased motivation and engagement in the educational process.

The practical approbation of the course confirmed the effectiveness of 3D technologies in developing engineering thinking, independence, and students' project and research skills.

The research results can be applied in supplementary education, technological training of school students, as well as in digital and engineering education centers.

<b>Оглавление</b>	3
<b>Введение</b>	3
<b>ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТНОЙ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ</b>	8
1.1 Проектная деятельность в обучении: история, сущность и педагогический потенциал	8
1.2 Исследовательская деятельность в обучении: сущность, цели и педагогический потенциал	11
1.4 Инженерное мышление как образовательный результат современной технологической подготовки	17
1.5 Анализ современных образовательных программ и подходов в обучении 3D-технологиям	21
1.6 Потенциал 3D-технологий в организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся	25
Выводы по первой главе	29
<b>ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КУРСА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТНОЙ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ</b>	31
2.1 Теоретическое и методическое обоснование структуры образовательного курса	31
2.2 Структура и содержание курса на основе 3D-технологий	37
2.3 Организация и апробация курса	45
2.4 Анализ результатов реализации курса	52
Заключение	61
Список литературы	66

## Введение

Современный этап развития образования характеризуется активным внедрением цифровых технологий в образовательный процесс и возрастающими требованиями к подготовке обучающихся к жизни и профессиональной деятельности в условиях технологически насыщенного общества. Федеральные государственные образовательные стандарты ориентируют образовательные организации не только на формирование предметных знаний, но и на развитие у обучающихся способности самостоятельно решать практические задачи, осуществлять проектную и исследовательскую деятельность, применять полученные знания в различных жизненных ситуациях.

Особое значение в современных условиях приобретает развитие инженерного мышления, пространственного воображения, навыков проектирования и конструирования. Одним из перспективных средств решения данных задач выступают 3D-технологии, включающие трёхмерное моделирование, цифровое проектирование, прототипирование и сканирование объектов. Использование данных технологий позволяет организовать деятельность обучающихся таким образом, чтобы процесс обучения был связан не только с освоением теоретических знаний, но и с созданием реальных цифровых продуктов и решением практических задач.

В последние годы наблюдается активное внедрение курсов и образовательных программ, связанных с изучением 3D-моделирования и цифровых технологий. Данные направления представлены как в системе общего, так и дополнительного образования, а также реализуются в рамках деятельности технопарков, центров цифрового образования и различных образовательных проектов. Вместе с тем анализ существующих образовательных практик показывает, что во многих случаях обучение сводится преимущественно к освоению отдельных программных средств и технических инструментов. При этом возможности использования 3D-

технологий для организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся реализуются не в полной мере.

Дополнительную актуальность исследованию придаёт необходимость поиска эффективных способов интеграции проектной и исследовательской деятельности в образовательный процесс. Несмотря на значительный педагогический потенциал данных подходов, их практическая реализация нередко сопровождается рядом трудностей. Проектная деятельность может приобретать формальный характер и ограничиваться созданием конечного продукта без глубокого анализа поставленной задачи. Исследовательская деятельность, напротив, зачастую оказывается сложной для обучающихся и не всегда позволяет увидеть практическую значимость полученных результатов. В связи с этим возникает необходимость поиска образовательных средств, способных объединить сильные стороны проектного и исследовательского подходов в рамках единой образовательной среды.

Одним из таких средств могут выступать 3D-технологии, позволяющие обучающимся не только изучать цифровые инструменты, но и использовать их для решения практических задач, разработки собственных проектов, проверки гипотез и создания объектов, имеющих прикладную ценность. Использование 3D-технологий способствует формированию инженерного мышления, развитию самостоятельности и мотивации обучающихся, а также создаёт условия для реализации практико-ориентированного обучения.

Таким образом, актуальность исследования обусловлена противоречием между высоким образовательным потенциалом 3D-технологий в организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся и недостаточной разработанностью педагогических подходов к их комплексному использованию в образовательной практике.

**Проблема исследования** заключается в определении возможностей использования 3D-технологий как средства организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся.

**Объект исследования** – образовательные практики проектной и исследовательской деятельности обучающихся.

**Предмет исследования** – использование 3D-технологий как инструментального и содержательного контекста организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся.

**Цель исследования** – разработать, теоретически обосновать и апробировать образовательный курс, обеспечивающий вовлечение обучающихся в проектную и исследовательскую деятельность посредством использования 3D-технологий как инструмента реализации самостоятельно выбранных практико-ориентированных проектов.

Для достижения поставленной цели были определены следующие задачи исследования:

1. Проанализировать научно-педагогическую литературу по вопросам проектной и исследовательской деятельности обучающихся.
2. Рассмотреть роль инженерного мышления в современной технологической подготовке обучающихся.
3. Провести анализ современных образовательных программ и подходов в обучении 3D-технологиям.
4. Разработать образовательный курс, основанный на использовании 3D-технологий в проектной и исследовательской деятельности обучающихся.
5. Провести апробацию разработанного курса в условиях дополнительного образования.
6. Проанализировать результаты реализации курса и определить направления его дальнейшего совершенствования.

**Гипотеза исследования** заключается в предположении о том, что эффективность проектной и исследовательской деятельности обучающихся будет выше, если образовательный процесс строится на использовании 3D-технологий как универсального инструмента реализации самостоятельно выбранных проектов, обеспечивающего обучающимся свободу выбора

тематики деятельности, возможность создания практически значимого результата и высокий уровень личной вовлечённости в процесс обучения. Предполагается, что в этих условиях повышается учебная мотивация обучающихся, их самостоятельность, устойчивость интереса к обучению и качество проектных результатов по сравнению с программами, ориентированными преимущественно на освоение отдельных программных средств и выполнение типовых заданий.

Для решения поставленных задач были использованы следующие методы исследования:

**Теоретические методы:**

- анализ научной и методической литературы по проблеме исследования;
- анализ современных образовательных программ и подходов в области обучения 3D-технологиям;
- анализ нормативных документов, регламентирующих организацию образовательной деятельности;
- сравнительный анализ существующих подходов к организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся;
- обобщение и систематизация теоретических данных.

**Эмпирические методы:**

- педагогическое проектирование образовательного курса по использованию 3D-технологий в проектной и исследовательской деятельности обучающихся;
- педагогическое наблюдение за деятельностью обучающихся в процессе реализации курса;
- апробация разработанного образовательного курса в условиях дополнительного образования;
- анализ продуктов деятельности обучающихся, выполненных в процессе проектной работы;
- анализ результатов проектной и исследовательской деятельности обучающихся.

**Практическая значимость исследования** заключается в разработке образовательного курса по использованию 3D-технологий в проектной и исследовательской деятельности обучающихся, который может быть использован в системе дополнительного образования, технологической подготовке школьников, а также в деятельности центров цифрового и инженерного образования.

**База исследования:** центр дополнительного образования «Октопус» МАОУ «Гимназия №1» г. Сосновоборска.

# ГЛАВА 1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТНОЙ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ

В первой главе рассматриваются теоретические основы проектной и исследовательской деятельности обучающихся, анализируется их педагогический потенциал и возможности применения в современном образовании. Особое внимание уделяется инженерному мышлению как важному результату технологической подготовки обучающихся, а также анализу существующих образовательных программ в области 3D-технологий. На основе проведённого анализа обосновывается необходимость использования 3D-технологий как средства интеграции проектной и исследовательской деятельности.

## 1.1 Проектная деятельность в обучении: история, сущность и педагогический потенциал

Проектная деятельность как педагогический метод имеет исторически сложившиеся теоретические основания, восходящие к концу XIX – началу XX века. В научной литературе её становление традиционно связывается с идеями прагматической педагогики Дж. Дьюи и их дальнейшим развитием в работах У. Килпатрика [1; 2]. В рамках данного подхода ключевое значение придаётся принципу «обучение посредством деятельности» (*learning by doing*), согласно которому усвоение знаний рассматривается как результат активного взаимодействия обучающегося с окружающей средой и решения практически значимых задач.

Современные исследования, посвящённые проектно-ориентированному обучению, подтверждают эффективность данного подхода и рассматривают её как одну из ключевых основ *learner-centered education*, ориентированного на активную позицию обучающегося и применение знаний в практической деятельности. В частности, отмечается, что *project-based learning*

способствует формированию компетенций XXI века, включая критическое мышление, коммуникацию, сотрудничество и креативность [17].

Анализ классических и современных педагогических подходов показывает, что обучение в логике проектной деятельности строится с опорой на личный опыт, познавательный интерес и практическую значимость изучаемого материала [1; 2]. При этом образовательный процесс рассматривается как деятельность, направленная на решение проблемной ситуации. В современных исследованиях уточняется, что эффективность проектной деятельности возрастает при наличии реальной проблемной основы, самостоятельности обучающихся и обязательной рефлексии результатов [18].

В современной педагогической науке проектная деятельность определяется как особая форма организации учебного процесса, при которой обучающиеся индивидуально или в группе решают практико-ориентированные задачи, направленные на достижение конкретного результата [3]. Ряд исследователей рассматривает её как деятельность, характеризующуюся целенаправленным планированием, ограниченностью ресурсов и сроков, а также обязательным наличием конечного продукта [4]. В отличие от традиционных форм обучения, проектная деятельность предполагает не только усвоение знаний, но и их преобразование в конкретный результат – модель, макет, цифровой продукт или иной объект [5]. Современные исследования подчёркивают, что важной характеристикой *project-based learning* является связь учебного содержания с реальными социальными или профессиональными задачами [19].

Сущность проектной деятельности раскрывается и через её структурную организацию. Обобщение различных подходов позволяет выделить этапы её реализации: инициация, планирование, реализация, контроль и завершение [6]. При этом современные исследования показывают, что чёткая структурированность проекта и педагогическое сопровождение являются ключевыми факторами его успешности в образовательной практике [18].

Целевые установки проектной деятельности связаны с формированием у обучающихся комплекса ключевых компетенций. В исследованиях подчёркивается её роль в развитии критического мышления, коммуникативных навыков и способности к самостоятельной организации деятельности [3; 7]. Кроме того, проектная деятельность способствует формированию гибких навыков, включая умение работать в команде, планировать время и эффективно использовать ресурсы. Современные эмпирические исследования также показывают, что участие в проектах повышает учебную мотивацию и уровень вовлечённости обучающихся [17].

Анализ педагогических исследований позволяет сделать вывод о выраженном метапредметном потенциале проектной деятельности. В процессе её реализации формируются умения постановки целей, поиска и анализа информации, планирования и рефлексии [7]. В зарубежной литературе отмечается, что *project-based learning* способствует более глубокому пониманию учебного материала за счёт включения обучающихся в осмысленную практическую деятельность [20].

Классификация проектов осуществляется по различным основаниям: предметной направленности, продолжительности, количеству участников и типу деятельности [6]. Соответственно, проекты могут быть монопредметными и межпредметными, краткосрочными и долгосрочными, индивидуальными и групповыми, а также исследовательскими, информационными, творческими и практико-ориентированными. В современных образовательных моделях особое значение приобретают междисциплинарные проекты, интегрированные с подходами STEM и STEAM, поскольку они обеспечивают связь знаний с практической деятельностью [19].

Особое значение имеет роль педагога, который в условиях проектного обучения выступает организатором, координатором и наставником образовательного процесса [8]. Его задача заключается в создании условий для самостоятельной деятельности обучающихся, поддержке их познавательной

активности и обеспечении рефлексии результатов. Исследования показывают, что качество педагогического сопровождения напрямую влияет на результативность проектной деятельности [18].

В условиях цифровой трансформации образования проектная деятельность приобретает новые возможности развития. Использование цифровых инструментов, платформ совместной работы и средств визуализации позволяет расширить образовательное пространство проекта и повысить его наглядность. Однако исследования показывают, что при недостаточной методической проработке проектная деятельность может приобретать формальный характер и сводиться к подготовке презентаций или текстовых отчётов [21].

Таким образом, проектная деятельность обладает высоким педагогическим потенциалом и является важным инструментом формирования метапредметных компетенций обучающихся. Вместе с тем её реализация в образовательной практике сопровождается рядом затруднений, связанных с формализацией проектов, недостаточной глубиной их проработки и ограниченной наглядностью результатов. Это обуславливает необходимость поиска эффективных педагогических средств, обеспечивающих более выраженный деятельностный и практико-ориентированный характер проектной деятельности, в том числе за счёт использования современных цифровых технологий.

## **1.2 Исследовательская деятельность в обучении: сущность, цели и педагогический потенциал**

Исследовательская деятельность обучающихся рассматривается в современной педагогической науке как одна из ключевых форм организации учебного процесса, направленная на развитие познавательной активности и формирование умений научного поиска. В отличие от традиционного обучения, ориентированного на усвоение готовых знаний, исследовательская

деятельность предполагает самостоятельное получение нового знания в процессе решения проблемной задачи [5].

В научной литературе исследовательская деятельность определяется как целенаправленный процесс, в ходе которого обучающийся проходит основные этапы научного познания: от постановки проблемы до формулирования выводов [5; 6]. При этом важной характеристикой является неопределённость результата, который заранее не задан и формируется в процессе работы. Данная особенность принципиально отличает исследовательскую деятельность от проектной, где конечный результат чаще всего предопределён и ориентирован на создание конкретного продукта.

Современные зарубежные исследования рассматривают исследовательскую деятельность в рамках подхода *inquiry-based learning*, который предполагает активное включение обучающихся в процесс постановки вопросов, выдвижения гипотез и проверки предположений. В работах отмечается, что такой подход способствует более глубокому пониманию учебного материала и формированию научного мышления [9; 10]. В частности, подчёркивается, что «обучение через исследование» эффективно при условии педагогической поддержки и структурирования процесса познания, поскольку полная самостоятельность обучающихся без сопровождения может приводить к снижению качества усвоения знаний [9].

Анализ педагогических исследований показывает, что исследовательская деятельность способствует формированию комплекса универсальных учебных действий. К числу ключевых умений относятся постановка проблемы, формулирование гипотез, выбор методов исследования, сбор и анализ информации, а также интерпретация полученных результатов [7]. Кроме того, исследовательская деятельность развивает критическое мышление, так как обучающиеся вынуждены оценивать достоверность информации, сопоставлять различные точки зрения и формулировать обоснованные выводы.

С точки зрения структуры исследовательская деятельность включает несколько последовательных этапов: постановка проблемы, выдвижение гипотезы, выбор методов исследования, сбор и анализ данных, формулирование выводов [5]. Современные модели *inquiry-based learning* дополняют данную структуру этапами обсуждения результатов, их интерпретации и рефлексии, что позволяет обеспечить более глубокое осмысление полученного знания [10].

В образовательной практике исследовательская деятельность реализуется в различных формах: выполнение учебно-исследовательских работ, участие в научных конференциях, выполнение проектно-исследовательских заданий, а также организация внеурочной исследовательской деятельности. При этом эффективность её реализации во многом зависит от уровня подготовки обучающихся и характера педагогического сопровождения [8].

Современные исследования в области образовательных технологий показывают, что исследовательская деятельность способствует повышению учебной мотивации и формированию устойчивого интереса к познанию. В частности, отмечается, что включение обучающихся в исследовательскую деятельность позволяет им лучше понимать причинно-следственные связи и развивать навыки самостоятельного решения проблем [9; 10]. Дополнительные исследования также указывают, что *inquiry-based learning* положительно влияет на академические результаты, особенно в естественно-научных дисциплинах [22].

Вместе с тем анализ научной литературы позволяет выявить ряд существенных затруднений, связанных с реализацией исследовательской деятельности в школьном обучении. Одной из ключевых проблем является её когнитивная сложность. Исследовательская деятельность требует от обучающихся высокого уровня сформированности познавательных умений, включая способность к самостоятельному поиску информации, анализу данных и формулированию выводов. В условиях недостаточной подготовки

это может приводить к перегрузке обучающихся и снижению эффективности обучения [23].

Другой значимой проблемой является абстрактный характер результатов исследовательской деятельности. В большинстве случаев полученные результаты представлены в виде текстовых выводов, аналитических отчётов или теоретических обобщений, что затрудняет их восприятие и снижает уровень вовлечённости обучающихся в процесс [5]. В отличие от проектной деятельности, где результат имеет более выраженное практическое воплощение, исследовательская деятельность нередко остаётся на уровне теоретического анализа.

Кроме того, в образовательной практике наблюдается тенденция к формализации исследовательской деятельности. В ряде случаев обучающиеся воспроизводят готовые решения или шаблонные структуры исследований без глубокого понимания сути научного поиска. Это связано как с недостаточной подготовкой обучающихся, так и с ограниченностью методических инструментов, используемых в учебном процессе [6].

Современные исследования подчёркивают, что повышение эффективности исследовательской деятельности возможно при использовании педагогических стратегий, направленных на снижение когнитивной нагрузки и поэтапное формирование исследовательских умений. В частности, важную роль играет использование *scaffolding* – поэтапной поддержки обучающихся в процессе выполнения исследовательских задач [9]. Дополнительно отмечается значимость применения цифровых инструментов, обеспечивающих визуализацию данных и результатов исследования, что способствует лучшему пониманию изучаемого материала [24].

Таким образом, исследовательская деятельность обладает значительным педагогическим потенциалом и играет важную роль в формировании у обучающихся научного мышления, критического анализа и метапредметных компетенций. Вместе с тем её реализация в образовательной практике сопряжена с рядом трудностей, связанных с высокой когнитивной

сложностью, абстрактностью результатов и риском формализации. Это обуславливает необходимость поиска таких педагогических средств, которые позволяли бы сделать исследовательскую деятельность более доступной, наглядной и практико-ориентированной, обеспечивая тем самым более эффективное включение обучающихся в процесс познания.

### 1.3 Сравнение проектной и исследовательской деятельности в обучении

Проектная и исследовательская деятельность являются важнейшими формами организации учебного процесса, направленными на развитие познавательной активности и самостоятельности обучающихся. Несмотря на общую направленность, данные виды деятельности имеют как сходства, так и принципиальные различия, определяющие особенности их применения в образовательной практике [3; 6].

К числу общих характеристик проектной и исследовательской деятельности относятся активная роль обучающегося, проблемный характер заданий, ориентация на самостоятельную деятельность и развитие метапредметных компетенций [3; 7]. В обоих случаях обучающийся выступает субъектом образовательного процесса, что способствует формированию навыков анализа, планирования и принятия решений.

Вместе с тем более детальный анализ позволяет выявить существенные различия между данными видами деятельности, представленные в таблице 1.

Критерий	Проектная деятельность	Исследовательская деятельность
Цель	Создание конкретного продукта	Получение нового знания
Результат	Предопределён, имеет практическое выражение	Неопределён, носит теоретический характер
Структура	Этапы реализации проекта (планирование, выполнение, презентация)	Этапы научного исследования (проблема, гипотеза, анализ)
Характер деятельности	Практико-ориентированный	Познавательно-аналитический

Когнитивная нагрузка	Умеренная	Повышенная [23]
Наглядность результата	Высокая	Низкая (часто абстрактная)
Основная проблема	Формализация, поверхностность [21]	Абстрактность, сложность [5; 23]

*Таблица 1 – Сравнительная характеристика проектной и исследовательской деятельности*

Представленные различия позволяют сделать вывод о том, что проектная деятельность обеспечивает практическую направленность обучения, однако может носить формальный характер и не всегда предполагает глубокую исследовательскую проработку. В свою очередь, исследовательская деятельность способствует развитию научного мышления, но характеризуется высокой когнитивной сложностью и недостаточной наглядностью результатов.

Современные исследования подчёркивают необходимость интеграции данных видов деятельности. Отмечается, что сочетание проектного и исследовательского подходов позволяет одновременно развивать исследовательские умения и обеспечивать создание практико-ориентированного результата [20; 25]. Однако в реальной образовательной практике такая интеграция реализуется недостаточно эффективно.

Анализ показывает, что проектная и исследовательская деятельность часто существуют изолированно: проекты выполняются без исследовательской составляющей, а исследования не завершаются созданием конкретного продукта. Это приводит к снижению их образовательной эффективности и формированию у обучающихся фрагментарного опыта деятельности [6].

Таким образом, в современной образовательной практике формируется противоречие между необходимостью комплексного развития исследовательских и практических умений обучающихся и отсутствием

универсальных инструментов, обеспечивающих их интеграцию в рамках единой деятельности.

Решение данной проблемы, согласно современным исследованиям, связано с использованием образовательных технологий, обеспечивающих визуализацию, моделирование и переход от теоретического знания к его практическому воплощению [24; 26]. Это позволяет рассматривать цифровые технологии как перспективное средство интеграции проектной и исследовательской деятельности.

Среди цифровых технологий особый интерес представляют средства трёхмерного моделирования, поскольку они позволяют одновременно организовывать исследование объекта, проектирование его структуры и создание практического результата. Данная особенность делает 3D-технологии перспективным инструментом интеграции проектной и исследовательской деятельности обучающихся.

#### **1.4 Инженерное мышление как образовательный результат современной технологической подготовки**

В условиях современной цифровой трансформации общества особое значение приобретает подготовка обучающихся к деятельности, связанной с решением сложных практико-ориентированных задач. Развитие технологий, автоматизации и цифрового производства обуславливает необходимость формирования у обучающихся не только предметных знаний, но и способности к инженерному анализу, проектированию и конструированию. В связи с этим в современной педагогической науке всё более активно рассматривается понятие инженерного мышления как одного из ключевых образовательных результатов технологической подготовки [27].

В научной литературе инженерное мышление рассматривается как особый тип мышления, направленный на анализ, проектирование и создание технических систем, объектов и решений [28]. Его специфика заключается в сочетании аналитического, пространственного, конструктивного и практико-ориентированного подходов к решению задач. Исследователи отмечают, что

инженерное мышление предполагает способность обучающегося выявлять проблему, анализировать условия её решения, моделировать возможные варианты и реализовывать их в виде конкретного результата [29].

Современные исследования подчёркивают, что инженерное мышление имеет междисциплинарный характер и формируется на стыке естественно-научной, технологической и проектной подготовки [30]. В отличие от традиционного репродуктивного обучения, инженерный подход ориентирован не на воспроизведение готовых знаний, а на создание нового решения в условиях практической задачи. Это делает инженерное мышление тесно связанным с деятельностными и практико-ориентированными подходами в образовании.

Структура инженерного мышления включает несколько взаимосвязанных компонентов. Одним из ключевых является пространственное мышление, обеспечивающее способность обучающихся воспринимать, анализировать и преобразовывать пространственные объекты и отношения между ними [31]. Исследования показывают, что уровень развития пространственного мышления напрямую влияет на успешность освоения инженерных дисциплин, проектирования и моделирования [32].

Другим важным компонентом является системное мышление, предполагающее понимание взаимосвязей между элементами объекта или процесса [33]. В инженерной деятельности решение задачи требует не только создания отдельного элемента, но и понимания его функционирования в составе более сложной системы. Формирование системного мышления позволяет обучающимся переходить от фрагментарного восприятия объектов к комплексному анализу их структуры и принципов работы.

С инженерным мышлением также тесно связаны навыки конструкторской деятельности, включающие моделирование, проектирование и преобразование объектов [34]. В образовательной практике данные навыки формируются преимущественно через выполнение практических заданий, связанных с созданием моделей, технических объектов и прототипов.

Исследования показывают, что именно практическая направленность деятельности обеспечивает наиболее эффективное развитие инженерного мышления [35].

В современной образовательной среде особую роль в формировании инженерного мышления играют цифровые технологии. Использование систем автоматизированного проектирования (CAD), средств трёхмерного моделирования и цифрового прототипирования позволяет обучающимся переходить от абстрактного представления объекта к его визуальному и практическому воплощению [36]. При этом цифровое моделирование способствует развитию пространственного мышления, пониманию геометрии объектов и формированию навыков инженерного анализа.

Отдельное значение приобретают технологии трёхмерного моделирования, так как они обеспечивают возможность создания и преобразования цифровых объектов в интерактивной форме. Исследования показывают, что работа с трёхмерными моделями способствует развитию способности к пространственному воображению, повышает уровень вовлечённости обучающихся и облегчает понимание сложных конструктивных связей [37]. В отличие от традиционных способов визуализации, 3D-моделирование позволяет обучающимся активно взаимодействовать с объектом, изменять его параметры и анализировать результат в режиме реального времени.

Среди современных инструментов формирования инженерного мышления особое место занимают CAD-системы, включая КОМПАС-3D и аналогичные программные комплексы. Их использование позволяет обучающимся осваивать принципы параметрического моделирования, инженерной логики построения объектов и конструкторской документации [38]. В процессе работы с подобными системами обучающиеся не только создают модели, но и формируют понимание взаимосвязи между конструкцией объекта, его параметрами и функциональным назначением.

Важной особенностью инженерного мышления является его связь с проектной и исследовательской деятельностью. Современные исследования подчёркивают, что наиболее эффективно инженерное мышление формируется в условиях решения практических задач, требующих анализа, проектирования и проверки различных решений [39]. При этом проектная деятельность обеспечивает практическую направленность обучения, а исследовательская – развитие аналитического и критического мышления.

Вместе с тем анализ образовательной практики показывает, что формирование инженерного мышления в школьном обучении нередко носит фрагментарный характер. Во многих случаях обучение ограничивается освоением отдельных цифровых инструментов без формирования целостного понимания инженерной деятельности [40]. Дополнительно отмечается, что существующие подходы часто ориентированы либо исключительно на техническую составляющую, либо на выполнение отдельных творческих заданий без системной интеграции проектной и исследовательской деятельности.

Современные исследования подчёркивают необходимость создания образовательных условий, обеспечивающих комплексное развитие инженерного мышления обучающихся [35; 39]. В качестве одного из наиболее перспективных направлений рассматривается использование 3D-технологий как универсального средства организации проектной и исследовательской деятельности. Их применение позволяет объединить анализ, моделирование, проектирование и практическую реализацию результата в рамках единой образовательной среды.

Таким образом, инженерное мышление представляет собой важный образовательный результат современной технологической подготовки, включающий пространственное, системное и конструктивное мышление, а также способность к практическому решению задач. Использование 3D-технологий и средств цифрового моделирования создаёт благоприятные условия для его формирования за счёт обеспечения наглядности,

практической направленности и интеграции проектной и исследовательской деятельности обучающихся.

### **1.5 Анализ современных образовательных программ и подходов в обучении 3D-технологиям**

В последние годы использование 3D-технологий в образовательной практике получило широкое распространение, что связано с развитием цифрового производства, технологий моделирования и инженерного образования. В образовательной среде активно внедряются программы, ориентированные на обучение трёхмерному моделированию, цифровому проектированию и прототипированию. Вместе с тем анализ существующих образовательных решений показывает, что подходы к организации обучения 3D-технологиям существенно различаются как по содержанию, так и по педагогическим целям.

Одним из наиболее распространённых направлений является реализация программ дополнительного образования в рамках сети детских технопарков «Кванториум» [41]. Деятельность технопарков ориентирована на развитие инженерных и технических компетенций обучающихся посредством практической работы с современным оборудованием и цифровыми технологиями. В рамках направлений, связанных с промышленным дизайном, робототехникой и инженерным моделированием, обучающиеся осваивают основы 3D-моделирования, прототипирования и проектной деятельности.

Анализ образовательных программ «Кванториума» показывает, что их сильной стороной является практико-ориентированный характер обучения и использование современного оборудования [42]. Обучающиеся получают возможность работать с CAD-системами, 3D-принтерами и средствами цифрового производства, что способствует развитию технических навыков и повышению мотивации к обучению.

Вместе с тем исследования показывают, что в ряде случаев обучение в подобных программах ориентировано преимущественно на освоение отдельных технологий и выполнение технических заданий [43]. При этом

проектная деятельность нередко сводится к созданию демонстрационных моделей или конкурсных проектов, а исследовательская составляющая выражена недостаточно. Дополнительно отмечается, что вариативность образовательных траекторий обучающихся часто ограничена спецификой конкретного направления подготовки.

Другим значимым направлением развития дополнительного технологического образования являются центры цифрового образования «IT-Cube» [44]. Данные образовательные площадки ориентированы преимущественно на развитие цифровых компетенций обучающихся в области программирования, разработки цифровых продуктов и работы с современными информационными технологиями. В ряде направлений также используются технологии трёхмерного моделирования и цифрового проектирования.

Анализ содержания программ «IT-Cube» показывает, что они преимущественно ориентированы на развитие цифровых и прикладных навыков, связанных с конкретными программными средствами [45]. Использование 3D-технологий чаще рассматривается как отдельное техническое направление, не интегрированное в единую систему проектной и исследовательской деятельности. Кроме того, значительная часть программ ориентирована на освоение программных инструментов, тогда как вопросы формирования инженерного мышления и системного подхода раскрываются ограниченно.

Существенное распространение получили также различные курсы и кружки по обучению Blender и другим средствам трёхмерного моделирования. Анализ существующих программ показывает, что большинство подобных курсов ориентировано преимущественно на развитие навыков цифрового моделирования и визуализации [46]. В рамках обучения обучающиеся осваивают создание объектов, текстурирование, анимацию и визуальные эффекты.

Несмотря на высокий уровень вовлечённости обучающихся, подобные программы зачастую имеют выраженную инструментальную направленность. Основной акцент делается на освоении интерфейса и технических возможностей программного обеспечения, тогда как проектная и исследовательская деятельность выступают как второстепенные элементы обучения [47]. Кроме того, в ряде случаев содержание обучения ограничивается созданием визуальных объектов без связи с решением практических или инженерных задач.

Отдельное направление составляют образовательные программы, связанные с инженерным моделированием и использованием САД-систем, включая КОМПАС-3D, AutoCAD и SolidWorks [48]. Подобные курсы ориентированы на формирование навыков технического проектирования, чтения чертежей и параметрического моделирования.

Преимуществом данных программ является формирование у обучающихся инженерной логики построения объектов и понимания принципов конструирования [49]. Вместе с тем анализ показывает, что подобные курсы часто характеризуются высокой степенью регламентированности и ориентированы преимущественно на выполнение технических операций по заданному алгоритму. В результате обучающиеся осваивают инструменты моделирования, однако возможности для творческой, исследовательской и междисциплинарной деятельности оказываются ограниченными.

Современные образовательные исследования также рассматривают применение STEM- и STEAM-подходов как одного из перспективных направлений интеграции цифровых технологий в обучение [30]. В рамках данных подходов особое внимание уделяется объединению знаний из различных областей и их практическому применению в процессе проектной деятельности. Использование 3D-технологий в STEM-образовании способствует повышению наглядности обучения и развитию инженерных навыков [50].

Однако анализ существующих образовательных практик показывает, что даже в рамках STEM- и STEAM-подходов использование 3D-технологий нередко носит фрагментарный характер [51]. В большинстве случаев технологии применяются как дополнительный инструмент визуализации или прототипирования, а не как универсальная среда организации образовательной деятельности. Кроме того, во многих программах недостаточно реализована интеграция проектной и исследовательской деятельности, что ограничивает формирование целостного опыта решения практических задач.

Обобщение результатов анализа позволяет выделить ряд характерных особенностей существующих образовательных программ в области 3D-технологий:

1. преобладание инструментального подхода, ориентированного на освоение конкретного программного обеспечения;
2. недостаточная интеграция проектной и исследовательской деятельности;
3. ограниченная вариативность образовательных траекторий обучающихся;
4. фрагментарное формирование инженерного мышления;
5. недостаточная связь обучения с самостоятельным выбором и реализацией практических задач.

Таким образом, несмотря на активное развитие образовательных программ в области 3D-технологий, анализ показывает, что большинство существующих решений ориентировано либо на освоение отдельных цифровых инструментов, либо на выполнение ограниченного круга задач. При этом недостаточно реализуется потенциал 3D-технологий как универсального средства организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся.

Выявленные ограничения обуславливают необходимость разработки образовательного подхода, обеспечивающего интеграцию инженерного

мышления, проектной и исследовательской деятельности, а также предоставляющего обучающимся возможность вариативного выбора направлений практической реализации 3D-технологий.

Проведённый анализ позволяет сделать вывод, что при всех различиях рассмотренных программ их объединяет ориентация преимущественно на освоение отдельных технологий. В меньшей степени внимание уделяется созданию условий для самостоятельного выбора обучающимися тематики проектов и способов их реализации.

Особого внимания заслуживает тот факт, что в большинстве рассмотренных программ тематика и содержание проектной деятельности определяются образовательной организацией или педагогом. Возможности самостоятельного выбора обучающимися направления проектной деятельности зачастую ограничены. Вместе с тем именно данный фактор может оказывать существенное влияние на уровень вовлечённости обучающихся и их заинтересованность в реализации проектов.

### **1.6 Потенциал 3D-технологий в организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся**

В современных условиях развития образования проектная и исследовательская деятельность рассматриваются как ключевые механизмы реализации требований к метапредметным результатам обучения. Федеральные государственные образовательные стандарты ориентируют образовательный процесс на формирование у обучающихся универсальных учебных действий, включая способность к самостоятельному познанию, критическому мышлению и практическому применению знаний [3; 7].

Анализ существующих образовательных программ, проведённый в предыдущем разделе, показал, что несмотря на активное использование 3D-технологий в образовательной практике, их потенциал как средства организации проектной и исследовательской деятельности реализуется не в полной мере. В связи с этим возникает необходимость рассмотрения

возможностей 3D-технологий не только как объекта изучения, но и как инструмента построения образовательной деятельности обучающихся.

Анализ педагогических исследований показывает, что проектная и исследовательская деятельность обладают значительным потенциалом для достижения указанных целей. Их применение способствует развитию навыков планирования, анализа информации, коммуникации и рефлексии, а также формированию способности к решению практических задач [6; 7]. В образовательной практике данные виды деятельности реализуются через выполнение учебных проектов, исследовательских работ, участие в конкурсах, олимпиадах и научно-практических конференциях.

Вместе с тем, как показано в предыдущих параграфах, каждая из рассматриваемых форм деятельности имеет свои ограничения. Проектная деятельность, несмотря на практическую направленность, в ряде случаев приобретает формальный характер и не обеспечивает достаточной глубины проработки учебного содержания [21]. Исследовательская деятельность, напротив, способствует развитию научного мышления, однако характеризуется высокой когнитивной сложностью и абстрактностью результатов, что затрудняет её восприятие обучающимися [5; 23].

Таким образом, в образовательной практике формируется устойчивое противоречие: с одной стороны, существует необходимость формирования у обучающихся как исследовательских, так и практико-ориентированных компетенций, а с другой – отсутствуют эффективные педагогические средства, обеспечивающие их одновременную реализацию в рамках единой деятельности.

Дополнительным фактором, усиливающим данное противоречие, является недостаточная наглядность результатов учебной деятельности. В большинстве случаев как проектная, так и исследовательская деятельность завершаются созданием текстовых отчётов или презентаций, что ограничивает возможность практического осмысления полученных результатов и снижает уровень вовлечённости обучающихся [21]. Это свидетельствует о

необходимости поиска таких инструментов обучения, которые обеспечивали бы не только интеллектуальную, но и деятельностную вовлечённость обучающихся.

Современные образовательные концепции, включая STEM и STEAM-подходы, подчёркивают необходимость интеграции знаний из различных областей и их применения в практической деятельности [19]. В рамках данных подходов особое значение приобретают технологии, позволяющие объединить исследовательскую и проектную деятельность за счёт перехода от анализа к созданию конкретного продукта.

В последние годы в научной литературе всё более активно рассматривается роль цифровых технологий как средства повышения эффективности образовательного процесса. Исследования показывают, что использование цифровых инструментов способствует развитию познавательной активности обучающихся, повышению их мотивации и формированию навыков самостоятельной работы [24]. При этом особую значимость приобретают технологии, обеспечивающие визуализацию и моделирование, так как они позволяют снизить уровень абстрактности учебного материала и сделать его более доступным для восприятия.

Среди современных цифровых инструментов особое место занимают 3D-технологии, включающие трёхмерное моделирование, визуализацию и аддитивное производство. В научной литературе отмечается, что использование 3D-технологий в образовательном процессе способствует развитию пространственного мышления, формированию инженерных и конструкторских навыков, а также повышению уровня учебной мотивации [12; 14].

В отличие от традиционных форм представления результатов учебной деятельности, 3D-технологии позволяют обучающимся создавать наглядные и материальные объекты, отражающие результаты их работы. Это обеспечивает переход от абстрактного знания к его практическому воплощению, что особенно важно в условиях интеграции проектной и исследовательской

деятельности. Исследования показывают, что применение технологий трёхмерного моделирования и прототипирования способствует более глубокому пониманию изучаемого материала и формированию устойчивых знаний [16; 26].

Кроме того, использование 3D-технологий позволяет снизить когнитивную нагрузку, характерную для исследовательской деятельности, за счёт визуализации сложных процессов и объектов [24]. Это делает исследовательскую деятельность более доступной для обучающихся и способствует их более активному включению в процесс познания.

Вместе с тем анализ существующих исследований показывает, что потенциал 3D-технологий в образовательной практике реализуется не в полной мере. В большинстве случаев они используются фрагментарно, преимущественно в рамках отдельных задач, связанных с 3D-моделированием или печатью, без системной интеграции в образовательный процесс [12]. Кроме того, отмечается недостаточная методическая разработанность вопросов их применения, в частности отсутствие универсальных моделей интеграции 3D-технологий в проектную и исследовательскую деятельность обучающихся [26].

Таким образом, можно констатировать, что в современной образовательной практике существует противоречие между высоким потенциалом 3D-технологий как средства интеграции проектной и исследовательской деятельности и недостаточной разработанностью педагогических подходов к их эффективному использованию.

Указанное противоречие определяет актуальность настоящего исследования и обосновывает необходимость разработки и анализа подходов к использованию 3D-технологий как инструмента, обеспечивающего интеграцию исследовательской и проектной деятельности, повышение наглядности результатов и формирование у обучающихся целостного опыта практико-ориентированной деятельности.

## Выводы по первой главе

В результате проведённого теоретического анализа установлено, что проектная и исследовательская деятельность обладают значительным педагогическим потенциалом и играют важную роль в формировании у обучающихся метапредметных компетенций, критического мышления, самостоятельности и способности к практическому решению задач. Вместе с тем анализ научной литературы показал, что реализация данных видов деятельности в образовательной практике сопровождается рядом ограничений.

Выявлено, что проектная деятельность нередко приобретает формальный характер и ориентируется преимущественно на создание внешнего результата без достаточной глубины анализа и исследования. Исследовательская деятельность, напротив, способствует развитию научного мышления, однако характеризуется высокой когнитивной сложностью, абстрактностью результатов и недостаточной наглядностью, что затрудняет вовлечение обучающихся в процесс познания.

Сравнительный анализ проектной и исследовательской деятельности позволил установить, что в современной образовательной практике данные подходы зачастую реализуются изолированно, что приводит к формированию у обучающихся фрагментарного опыта деятельности. В связи с этим возникает необходимость поиска образовательных средств, обеспечивающих интеграцию исследовательской и проектной деятельности в рамках единого практико-ориентированного подхода.

Анализ современных представлений об инженерном мышлении показал, что его формирование является одним из значимых направлений современной технологической подготовки обучающихся. Инженерное мышление включает пространственный, системный и конструктивный компоненты и развивается наиболее эффективно в условиях практической деятельности, связанной с моделированием, проектированием и решением прикладных задач. Важным проявлением инженерного мышления является способность анализировать

результаты собственной деятельности, выявлять ошибки проектных решений и вносить изменения в конструкцию на основе полученного опыта.

Проведённый анализ современных образовательных программ и подходов в области обучения 3D-технологиям позволил установить, что большинство существующих решений ориентировано преимущественно на освоение отдельных цифровых инструментов или выполнение ограниченного круга технических задач. При этом недостаточно реализуются возможности интеграции проектной и исследовательской деятельности, формирования инженерного мышления и организации вариативной практико-ориентированной образовательной среды.

Установлено, что 3D-технологии обладают значительным потенциалом как средство визуализации, моделирования и практической реализации результатов деятельности обучающихся. Их использование позволяет обеспечить переход от абстрактного знания к созданию конкретного продукта, повысить наглядность обучения и создать условия для интеграции проектного и исследовательского подходов.

Таким образом, результаты теоретического анализа подтверждают необходимость разработки образовательного подхода, рассматривающего 3D-технологии не как отдельный объект изучения, а как универсальный инструмент организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся. Реализация данного подхода, структура разработанного курса и результаты его апробации представлены во второй главе исследования.

## **ГЛАВА 2. РАЗРАБОТКА И АПРОБАЦИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО КУРСА ПО ИСПОЛЬЗОВАНИЮ 3D-ТЕХНОЛОГИЙ В ПРОЕКТНОЙ И ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Во второй главе представлено теоретическое и методическое обоснование разработанного образовательного курса, раскрываются его структура, содержание и особенности организации обучения. Описывается процесс апробации курса в условиях дополнительного образования, анализируются результаты его реализации, педагогические эффекты, выявленные трудности и перспективы дальнейшего совершенствования разработанного подхода.

### **2.1 Теоретическое и методическое обоснование структуры образовательного курса**

Разработка образовательного курса, направленного на организацию проектной и исследовательской деятельности обучающихся с использованием 3D-технологий, осуществлялась с учётом результатов теоретического анализа, представленного в первой главе исследования. В ходе анализа было установлено, что существующие подходы к организации проектной и исследовательской деятельности обладают рядом ограничений, включая формальный характер выполнения проектов, недостаточную наглядность результатов, высокую когнитивную сложность исследовательской деятельности и слабую интеграцию различных видов деятельности в рамках единой образовательной среды.

Дополнительно проведённый анализ современных образовательных программ в области 3D-технологий показал, что большинство существующих решений ориентировано преимущественно на освоение отдельных цифровых инструментов или выполнение ограниченного круга технических задач. При этом недостаточно реализуются возможности формирования инженерного мышления, вариативной проектной деятельности и самостоятельного практического применения полученных знаний.

В связи с этим при разработке курса была поставлена задача создания образовательной среды, в рамках которой 3D-технологии рассматривались бы не как самостоятельный объект изучения, а как универсальный инструмент организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся.

В качестве ключевого принципа проектирования курса была выбрана высокая степень вариативности образовательной деятельности. Предполагалось, что предоставление обучающимся возможности самостоятельно выбирать тематику проектов и способы их реализации позволит повысить уровень вовлечённости в образовательный процесс и создать условия для более осознанного освоения 3D-технологий.

Методической основой курса стал принцип постепенного перехода от освоения базовых инструментов к самостоятельной реализации практико-ориентированных проектов. Подобный подход обусловлен необходимостью поэтапного формирования у обучающихся как технических навыков, так и способности к самостоятельной организации деятельности. В отличие от краткосрочных курсов, ориентированных преимущественно на изучение отдельных функций программного обеспечения, разработанный подход предполагал создание целостной образовательной среды, обеспечивающей развитие инженерного мышления, проектных навыков и способности к решению практических задач.

Структура курса была организована по модульному принципу. Выбор данной модели обусловлен необходимостью последовательного формирования различных типов деятельности и постепенного расширения возможностей обучающихся. Модульная организация курса позволила разделить процесс обучения на взаимосвязанные этапы, каждый из которых выполнял собственную педагогическую функцию.

Первым этапом курса стало освоение инженерного трёхмерного моделирования на базе системы КОМПАС-3D. Выбор данного программного обеспечения обусловлен тем, что инженерное моделирование формирует у обучающихся понимание принципов построения объектов, логики

конструирования и взаимосвязи параметров модели. В отличие от более свободных систем моделирования, инженерные CAD-системы требуют точного задания размеров, понимания последовательности построения геометрии и осмысленного подхода к созданию объектов.

Дополнительным фактором выбора КОМПАС-3D стала его близость к школьному курсу черчения и графики. Обучающиеся 8–10 классов уже обладают базовыми представлениями о геометрических построениях и проекциях, что позволяет использовать данные знания как основу для перехода к цифровому моделированию. Таким образом, инженерное моделирование рассматривалось не только как освоение цифрового инструмента, но и как средство формирования инженерного мышления, пространственного восприятия и понимания логики построения объектов.

Организация курса через первоначальное освоение инженерного моделирования также связана с уровнем сложности различных типов 3D-деятельности. Параметрическое моделирование и работа с точной геометрией требуют более высокого уровня понимания структуры объекта, чем работа со свободными формами в системах полигонального моделирования. В связи с этим было принято решение выстраивать обучение по принципу перехода от более сложной инженерной логики к более свободным и творческим формам моделирования.

Следующим этапом курса стало освоение *Blender* как универсального инструмента трёхмерного моделирования и визуализации. В отличие от инженерных CAD-систем, *Blender* предоставляет обучающимся значительно большую свободу в создании форм, работе с визуальной составляющей и реализации творческих идей. Использование данного программного обеспечения позволило расширить спектр возможных направлений проектной деятельности и повысить вариативность образовательной среды.

Включение *Blender* в структуру курса обусловлено также его доступностью. Программное обеспечение распространяется бесплатно и обладает широкими возможностями для моделирования, визуализации и

анимации, что делает его удобным инструментом для образовательной практики. При этом использование *Blender* не противопоставлялось инженерному моделированию, а рассматривалось как дополнение к нему. Если КОМПАС-3D формировал у обучающихся понимание точности, параметризации и инженерной логики, то *Blender* создавал условия для развития гибкости мышления, творческого подхода и визуального проектирования.

Предполагалось, что после освоения инженерного моделирования переход к *Blender* будет восприниматься обучающимися значительно легче. Это позволяет повысить уверенность обучающихся в собственных возможностях и поддерживать высокий уровень мотивации на следующих этапах обучения.

Отдельным элементом курса стало использование технологий трёхмерного сканирования. Включение данного направления носило во многом экспериментальный характер и было связано с возможностью практического использования оборудования в образовательном процессе. Практическая реализация курса показала, что технологии 3D-сканирования обладают значительным потенциалом как средство исследования и анализа объектов, однако их применение в рамках конкретной образовательной модели оказалось ограниченным.

Основной причиной этого стала высокая сложность последующей обработки получаемых моделей и ограниченное количество задач, в которых сканирование действительно обеспечивало существенное преимущество. Вместе с тем в отдельных случаях, связанных с анализом сложной геометрии объектов и последующей модификацией моделей, технологии сканирования показали высокую эффективность. Это позволило рассматривать данный инструмент как дополнительное средство расширения исследовательской составляющей курса, однако не как его центральный элемент.

Несмотря на ограниченную востребованность в большинстве учебных проектов, включение технологий 3D-сканирования позволило расширить

представления обучающихся о современных цифровых производственных технологиях и познакомить их с альтернативными способами получения трёхмерных моделей.

Заключительным этапом курса стала проектная деятельность обучающихся. Размещение данного блока во втором полугодии было обусловлено необходимостью предварительного формирования базовых технических навыков и понимания возможностей используемых технологий. Практический опыт реализации курса показал, что переход к самостоятельной проектной деятельности без предварительной подготовки существенно затрудняет организацию работы обучающихся и приводит к снижению качества результатов.

В рамках разработанного подхода проектная деятельность рассматривалась не как отдельный элемент обучения, а как средство интеграции ранее освоенных знаний и навыков. После завершения базовой подготовки обучающиеся получали возможность самостоятельно выбирать направления проектной деятельности, определять тематику проектов и способы их реализации.

Одной из ключевых особенностей курса стала высокая степень вариативности проектной деятельности. В отличие от традиционных образовательных моделей, предполагающих выполнение одинаковых заданий, обучающимся предоставлялась возможность реализовывать проекты в различных направлениях в зависимости от их интересов. В рамках курса были реализованы проекты, связанные с интерьерным дизайном, инженерным моделированием, разработкой механизмов, созданием игровых объектов и прикладных изделий для последующей 3D-печати.

Подобный подход позволил обеспечить высокий уровень вовлечённости обучающихся за счёт возможности самостоятельного выбора направления деятельности. Вместе с тем практическая реализация курса показала, что чрезмерно высокая вариативность проектов может создавать определённые организационные сложности. Значительное различие тематик и уровней

сложности проектов затрудняло сопровождение отдельных обучающихся и увеличивало продолжительность реализации некоторых работ.

Анализ результатов практической деятельности позволил сделать вывод о необходимости более тщательного отбора и структурирования проектных кейсов. В частности, было установлено, что выполнение нескольких относительно небольших и завершённых проектов способствует поддержанию мотивации обучающихся в большей степени, чем длительная работа над одним сложным объектом. Кроме того, практический опыт показал перспективность проектов, ориентированных на решение реальных прикладных задач, связанных с окружающей средой обучающихся, включая создание интерьерных решений, органайзеров, держателей и других функциональных объектов.

Организация образовательного процесса также изменялась в зависимости от этапа курса. В первой половине года обучение строилось преимущественно по модели сочетания теоретического объяснения и выполнения практических заданий, направленных на освоение отдельных инструментов и методов работы. Во второй половине года деятельность приобретала характер наставнического сопровождения проектной работы. Основное внимание уделялось постановке задач, декомпозиции крупных проектов, планированию этапов работы и совместному поиску способов решения возникающих проблем.

Подобная модель организации деятельности позволила приблизить образовательный процесс к условиям реальной проектной практики. В ряде случаев обучающиеся и педагог совместно анализировали способы реализации отдельных элементов проектов, что способствовало развитию исследовательского подхода и формированию навыков самостоятельного поиска решений.

Таким образом, разработанная структура курса основана на принципах постепенного усложнения деятельности, интеграции инженерного и творческого моделирования, вариативности проектной среды и практико-

ориентированного применения технологий. Ключевой особенностью разработанного подхода является рассмотрение 3D-технологий не как набора отдельных цифровых инструментов, а как универсальной образовательной среды, обеспечивающей развитие инженерного мышления, исследовательских умений и способности обучающихся к самостоятельной проектной деятельности.

## **2.2 Структура и содержание курса на основе 3D-технологий**

В соответствии с разработанным методическим подходом была сформирована структура образовательного курса, направленного на организацию проектной и исследовательской деятельности обучающихся средствами 3D-технологий. Логика построения курса основывалась на постепенном переходе от освоения инженерных и творческих инструментов моделирования к самостоятельной реализации проектов, отражающих интересы обучающихся и ориентированных на решение практических задач. Такой подход позволял рассматривать 3D-технологии не как цель обучения, а как средство реализации собственных идей и проектов.

### **Структура курса**

Курс был организован по модульному принципу и включал четыре взаимосвязанных блока:

1. Модуль 1. Основы инженерного трёхмерного моделирования
2. Модуль 2. Универсальные инструменты трёхмерного моделирования и визуализации
3. Модуль 3. Технологии трёхмерного сканирования и обработки моделей
4. Модуль 4. Проектная и исследовательская деятельность на основе 3D-технологий

Данная структура обеспечивает постепенный переход от освоения базовых инструментов к самостоятельной реализации проектной деятельности.

### **Временная организация курса**

Курс реализовывался в течение учебного года и был распределён по модулям следующим образом:

Период	Модуль	Основное содержание
Сентябрь – середина ноября	Модуль 1	Основы инженерного моделирования
Середина ноября – конец декабря	Модуль 2	Универсальное 3D-моделирование
Январь – начало февраля	Модуль 3	3D-сканирование
Середина февраля – май	Модуль 4	Проектная деятельность

Таблица 2 – Основные модули курса

### Содержание модулей

#### Модуль 1. Основы инженерного трёхмерного моделирования

Целью данного модуля являлось формирование у обучающихся представлений о принципах построения точных цифровых моделей и освоение базовых навыков инженерного моделирования.

В рамках модуля изучались:

1. основы параметрического моделирования;
2. построение геометрии с использованием размеров и ограничений;
3. создание деталей и сборок;
4. принципы конструирования объектов в реальных инженерных условиях.

Особое внимание уделялось формированию понимания того, как создаются объекты в реальной практике, что позволило заложить основу для дальнейшей проектной деятельности.

#### Модуль 2. Универсальные инструменты трёхмерного моделирования и визуализации

Данный модуль был направлен на освоение более гибких инструментов моделирования и развитие творческого подхода к созданию объектов.

В рамках модуля обучающиеся осваивали:

1. работу с полигональной сеткой;
2. создание и редактирование моделей;

3. базовые принципы анимации;
4. применение материалов и текстур;
5. визуализацию и рендеринг.

В отличие от инженерного моделирования, данный блок позволял обучающимся работать с более свободными формами и реализовывать творческие идеи, что расширяло спектр возможных проектных решений.

### Модуль 3. Технологии трёхмерного сканирования и обработки моделей

Целью модуля являлось ознакомление обучающихся с современными технологиями цифрового захвата объектов и их последующей обработки.

В рамках модуля рассматривались:

1. принципы работы 3D-сканеров;
2. процесс сканирования объектов;
3. обработка полученных моделей;
4. подготовка моделей для дальнейшего использования.

Особое внимание уделялось анализу применимости технологии в различных задачах, что способствовало формированию критического отношения к выбору инструментов.

### Модуль 4. Проектная и исследовательская деятельность

Заключительный модуль был направлен на реализацию проектной деятельности обучающихся.

На данном этапе:

1. обучающиеся самостоятельно выбирали направления проектов;
2. формировали идеи и разрабатывали концепции;
3. анализировали аналоги и подбирали референсы;
4. реализовывали проекты с использованием освоенных инструментов.

Проектная деятельность включала различные направления:

1. инженерные проекты;
2. дизайнерские решения;
3. игровые объекты;
4. прикладные разработки.

## **Типы заданий**

В процессе обучения использовались различные типы заданий:

1. обучающие задания – направленные на освоение инструментов;
2. тренировочные задания – закрепление навыков;
3. творческие задания – разработка собственных решений;
4. исследовательские задания – анализ объектов, поиск решений, сравнение подходов;
5. проектные задания – реализация полноценных проектов.

Такое разнообразие заданий обеспечивало постепенный переход от репродуктивной деятельности к продуктивной.

## **Организация проектной деятельности**

Переход к проектной деятельности осуществлялся после завершения базовой подготовки. Обучающимся предлагалось сформировать несколько идей проектов, которые затем обсуждались и отбирались для дальнейшей реализации.

Проектная работа строилась по следующей схеме:

1. выбор темы;
2. анализ и сбор информации;
3. моделирование;
4. доработка;
5. получение результата.

Работа организовывалась в индивидуальном формате или в малых группах (до 2 человек), что обеспечивало баланс между самостоятельностью и взаимодействием.

## **Управление и оценка деятельности**

В процессе реализации проектов использовались:

1. промежуточные контрольные точки;
2. декомпозиция задач;
3. элементы гибкого управления (распределение задач, планирование этапов).

Финальным этапом являлась защита проектов с презентацией результатов.

Оценка проектов осуществлялась по следующим критериям:

1. сложность;
2. степень проработки;
3. самостоятельность;
4. оригинальность идеи;
5. качество реализации.

### **Особенности разработанного подхода**

Ключевой особенностью курса являлось представление 3D-технологий как универсального инструмента деятельности, а не как отдельного объекта изучения.

В отличие от традиционного подхода:

- обучающиеся не ограничивались одним направлением;
- им предоставлялся выбор области применения технологий;
- создавались условия для междисциплинарной деятельности.

Это позволило сформировать образовательную среду, в которой проектная и исследовательская деятельность реализуются в интегрированном виде.

Цели модулей курса:

<b>Модуль</b>	<b>Педагогическая цель</b>	<b>Формируемые навыки</b>	<b>Роль в решении проблематики</b>
Основы инженерного трёхмерного моделирования (КОМПАС-3D)	Формирование базового понимания принципов построения точных моделей и инженерного мышления	Работа с параметрическими моделями, точность, понимание геометрии, логика построения объектов	Снижает формальность проектной деятельности за счёт понимания структуры объектов и осмысленного подхода к созданию моделей

Универсальные инструменты трёхмерного моделирования (Blender)	Развитие гибкости мышления и способности к творческому моделированию	Работа с сеткой, визуализация, композиция, базовая анимация	Устраняет ограниченность подходов и расширяет вариативность проектной деятельности, повышает мотивацию
Технологии трёхмерного сканирования	Ознакомление с современными методами цифрового захвата объектов и их анализа	Сканирование, обработка моделей, оценка качества данных	Позволяет интегрировать исследовательскую деятельность через анализ реальных объектов и их цифровое воспроизведение
Проектная и исследовательская деятельность	Реализация полученных знаний в рамках самостоятельной деятельности	Планирование, декомпозиция задач, анализ, создание продукта, презентация	Обеспечивает интеграцию проектной и исследовательской деятельности и формирует практико-ориентированный результат

Таблица 3 – цели модулей курса

### Учебно-тематический план (подробное содержание)

Сентябрь – ноябрь (КОМПАС)

Неделя	№	Тема	Содержание (инструменты и методы)
1 неделя сентября	1–2	Введение / Применение	Разбор курса, демонстрация проектов; метод: обсуждение, анализ кейсов, визуальная демонстрация
2 неделя сентября	3–4	Интерфейс / Эскизы	Работа с панелями, создание линий и окружностей; инструменты: эскиз, размеры; метод: пошаговое повторение
3 неделя сентября	5–6	Ограничения / Формы	Привязки, параметризация; инструменты: ограничения; метод: практическое закрепление

4 неделя сентября	7–8	Выдавливание / Вращение	Переход 2D→3D; инструменты: extrusion, revolve; метод: моделирование по образцу
1 неделя октября	9–10	Отверстия / Сборки	Создание технических элементов; инструменты: hole, assembly; метод: инженерная задача
2 неделя октября	11–12	Связи / Мини-проект	Ограничения между деталями; метод: решение задачи сборки
3 неделя октября	13–14	Чертежи / Практика	Проекция; инструменты: drawing; метод: перенос 3D→2D
4 неделя октября	15–16	Творческое / Анализ	Самостоятельное моделирование; метод: творческое задание + разбор
1 неделя ноября	17–18	Мини-проект / Контроль	Сборка модели; метод: самостоятельная работа

Таблица 4 – учебно-тематический план первой четверти

Ноябрь – декабрь (Blender)

Неделя	№	Тема	Содержание (инструменты и методы)
2 неделя ноября	19–20	Интерфейс / Примитивы	Навигация; инструменты: primitive objects; метод: демонстрация + повторение
3 неделя ноября	21–22	Edit Mode / Трансформации	Работа с вершинами; инструменты: move, scale; метод: практика
4 неделя ноября	23–24	Модификаторы / Детализация	Mirror, subdivision; метод: усложнение модели
1 неделя декабря	25–26	Практика / Материалы	Применение текстур; инструменты: materials; метод: создание сцены
2 неделя декабря	27–28	Освещение / Камера	Настройка сцены; инструменты: light, camera; метод: визуализация
3 неделя декабря	29–30	Рендер / Анимация	Итоговое изображение; инструменты: render, keyframes; метод: практика
4 неделя декабря	31–32	Мини-проект / Творческое	Свободная работа; метод: самостоятельное моделирование

5 неделя декабря	33–34	Практика / Анализ	Усложнение моделей; метод: разбор
6 неделя декабря	35–36	Мини-проект / Контроль	Финальная работа

Таблица 5 – учебно-тематический план второй четверти

Январь – февраль (Сканирование)

Неделя	№	Тема	Содержание (инструменты и методы)
2 неделя января	37–38	Введение / Интерфейс	Теория сканирования; инструменты: EinScan; метод: демонстрация
3 неделя января	39–40	Подготовка / Сканирование	Настройка объекта; метод: практика
4 неделя января	41–42	Обработка / Практика	Очистка модели; инструменты: mesh cleanup; метод: работа с ошибками
1 неделя февраля	43–44	Экспорт / Интеграция	Форматы; метод: перенос данных
2 неделя февраля	45–46	Практика / Анализ	Сравнение качества; метод: исследование
3 неделя февраля	47–48	Мини-проект / Контроль	Сканирование объекта

Таблица 6 – учебно-тематический план третьей четверти

Февраль – май (Проекты)

Неделя	№	Тема	Содержание (инструменты и методы)
4 неделя февраля	49–50	Введение / Идеи	Постановка задачи; метод: мозговой штурм
1 неделя марта	51–52	Анализ / План	Подбор референсов; метод: анализ аналогов
2 неделя марта	53–54	Декомпозиция / Начало	Разбиение задач; метод: планирование

3 неделя марта	55–56	Практика / Контроль	Моделирование; метод: индивидуальная работа
4 неделя марта	57–58	Доработка / Практика	Уточнение модели; метод: итерации
1 неделя апреля	59–60	Контроль / Финал геометрии	Завершение формы
2 неделя апреля	61–62	Детализация / Завершение	Улучшение
3 неделя апреля	63–64	Презентации / Репетиция	Подготовка
4 неделя апреля	65–66	Защита	Выступления
1 неделя мая	67–68	Защита / Анализ	Разбор
2 неделя мая	69–70	Доработка / Итоги	Исправления
3 неделя мая	71–72	Рефлексия / Завершение	Итог

Таблица 7 – учебно-тематический план четвертой четверти

Представленная структура курса обеспечивает последовательное развитие инженерных, творческих и исследовательских компетенций обучающихся. Каждый модуль выполняет собственную педагогическую функцию, при этом их совокупность создаёт условия для организации полноценной проектной деятельности. Интеграция различных типов 3D-технологий позволяет рассматривать курс как целостную образовательную систему, ориентированную на достижение практико-ориентированных результатов.

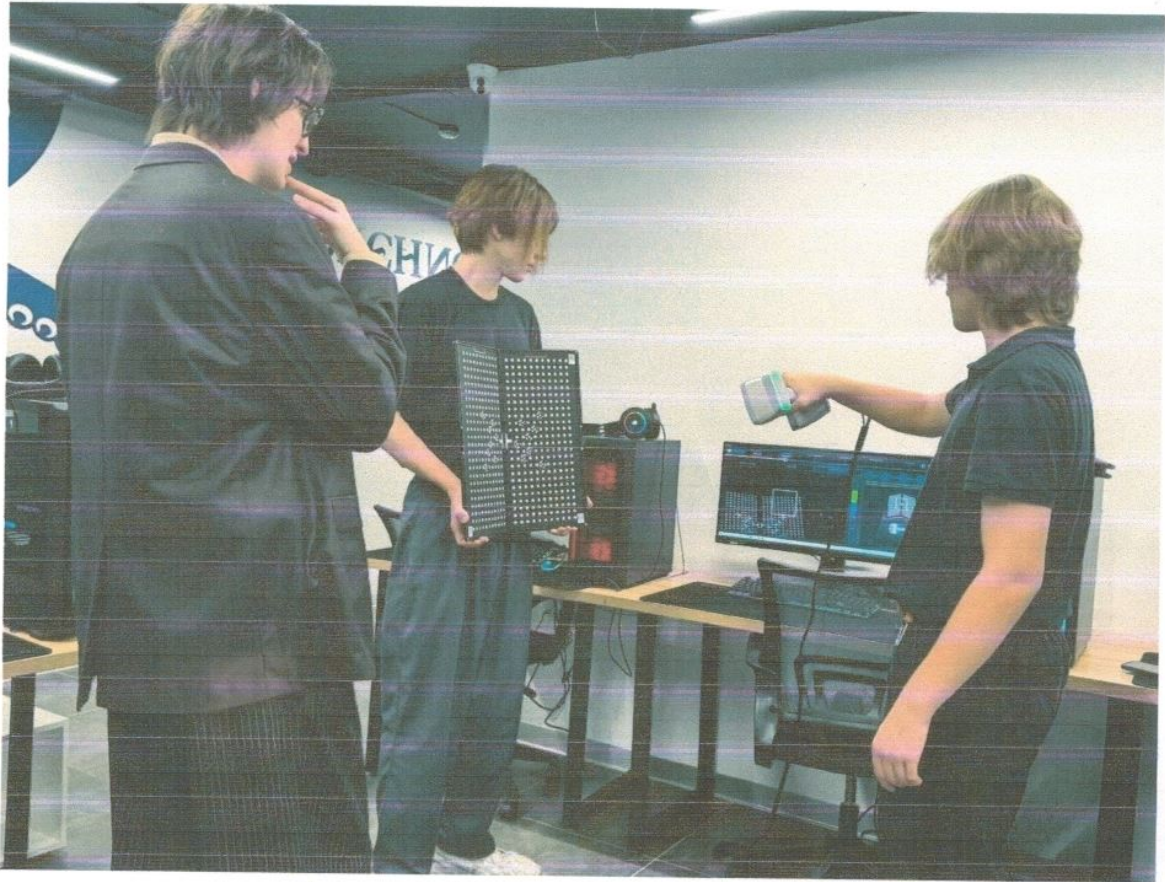
### 2.3 Организация и апробация курса

Практическая часть исследования была реализована на базе Муниципального автономного общеобразовательного учреждения «Гимназия

№1» г. Сосновоборска в рамках центра дополнительного образования «Октопус». Апробация разработанного образовательного курса осуществлялась в течение 2025–2026 учебного года и была направлена на проверку эффективности использования 3D-технологий как средства организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся, а также на оценку их влияния на уровень вовлечённости обучающихся в образовательный процесс, степень освоения образовательной программы, самостоятельность в решении практических задач и результаты проектной деятельности.

В исследовании приняли участие обучающиеся 8–10 классов в количестве 16 человек, распределённые на три учебные группы. Уровень первоначальной подготовки обучающихся был неоднородным. Большинство участников не имели опыта работы с 3D-технологиями, при этом у части обучающихся наблюдались отдельные базовые навыки, связанные с использованием графических редакторов, компьютерного моделирования или цифрового творчества.

Организация образовательного процесса осуществлялась в формате дополнительного курса с периодичностью два занятия в неделю продолжительностью по два академических часа. Общая продолжительность реализации курса составила один учебный год. Занятия проводились в специализированном учебном пространстве, оснащённом персональными компьютерами, программным обеспечением для трёхмерного моделирования и оборудованием для работы с цифровыми технологиями. В качестве основных программных средств использовались КОМПАС-3D и Blender. Дополнительно в рамках курса применялся 3D-сканер EinScan H1.



*Рисунок 1, Работа с 3D сканером на занятии*

Целью практической реализации курса являлась проверка эффективности образовательного подхода, основанного на предоставлении обучающимся возможности самостоятельно выбирать тематику и способы реализации проектов с использованием 3D-технологий. В ходе апробации исследовалось влияние данного подхода на вовлечённость обучающихся в образовательный процесс, уровень освоения программы, развитие самостоятельности, качество проектной деятельности и способность применять полученные знания при решении практических задач.

Для оценки результатов апробации использовался метод педагогического наблюдения. Наблюдение осуществлялось на протяжении всего периода реализации курса и включало анализ активности обучающихся на занятиях, характера их взаимодействия с учебными задачами, степени самостоятельности при выполнении практических и проектных работ, а также оценку итоговых результатов обучения, представленных в форме завершённых проектов и итоговой аттестации.

Критерий	Проявление
Вовлечённость	активность на занятиях, посещаемость, инициативность
Самостоятельность	количество обращений за помощью, способность искать решения
Освоение технологий	выполнение практических заданий и проектов
Проектные результаты	качество и завершённость проектов

*Таблица 8 критерии оценивания результатов апробации курса*

Организация обучения носила поэтапный характер. В первой половине учебного года образовательный процесс был ориентирован преимущественно на формирование базовых технических навыков и освоение инструментов трёхмерного моделирования. На данном этапе занятия строились по принципу сочетания теоретического объяснения и выполнения практических заданий. Основное внимание уделялось последовательному освоению инструментов моделирования, развитию пространственного мышления и пониманию логики построения цифровых объектов.

Практическая реализация курса показала, что наиболее сложным для обучающихся являлся этап инженерного моделирования в САД-системе КОМПАС-3D. В отличие от свободного моделирования, инженерный подход требовал точного задания размеров, понимания принципов параметризации и продуманной последовательности построения объектов. Вместе с тем именно данный этап обеспечивал формирование у обучающихся представлений о реальной инженерной логике проектирования и создавал основу для дальнейшей самостоятельной деятельности.

Дополнительным фактором, способствующим освоению инженерного моделирования, стала связь курса с изучением черчения и графики в школьной программе. Наличие у обучающихся базовых представлений о проекциях, размерах и геометрических построениях облегчало переход к цифровому моделированию и способствовало более осмысленному восприятию инженерных принципов построения объектов.

После освоения базовых принципов инженерного моделирования обучающиеся переходили к работе в *Blender*. Данный этап воспринимался обучающимися значительно легче, что связано с большей свободой моделирования и возможностью быстрого создания визуально выразительных объектов. Использование *Blender* позволило расширить вариативность деятельности обучающихся и создать условия для реализации более творческих и художественно ориентированных задач.

Отдельным элементом практической апробации стало использование технологий трёхмерного сканирования. Включение данного направления было связано с экспериментальной проверкой возможностей применения 3D-сканирования в образовательной практике. В процессе работы обучающиеся познакомились с принципами цифрового захвата объектов, обработкой моделей и интеграцией полученных данных в дальнейшую работу.

Практический опыт показал, что использование 3D-сканирования обладает ограниченной эффективностью в рамках большинства учебных задач, реализуемых в курсе. Основной причиной являлась высокая сложность последующей обработки моделей и ограниченное количество ситуаций, в которых сканирование действительно обеспечивало существенное преимущество. Вместе с тем технология показала высокую эффективность при работе с объектами сложной геометрии, включая отдельные элементы автомобильных деталей и технических конструкций.

Во второй половине учебного года образовательный процесс был ориентирован преимущественно на организацию проектной деятельности обучающихся. На данном этапе характер работы существенно изменялся: если в первой половине года педагог выполнял преимущественно функцию инструктора и демонстрировал способы работы с инструментами, то во второй половине деятельность приобретала форму наставнического сопровождения проектной работы.

Обучающиеся самостоятельно предлагали идеи проектов, определяли направления деятельности и выбирали способы реализации собственных

замыслов. В отличие от традиционного подхода, предполагающего выполнение одинаковых заданий, в рамках курса была реализована высокая степень вариативности проектной деятельности. Это обеспечивало высокий уровень вовлечённости обучающихся, так как большинство проектов напрямую соответствовало их личным интересам.

В отличие от большинства рассмотренных образовательных программ, обучающиеся не были ограничены заранее заданным перечнем проектов и имели возможность самостоятельно определять направление деятельности в соответствии со своими интересами и образовательными потребностями.

Тематика проектов существенно различалась. В рамках курса реализовывались проекты, связанные с разработкой интерьерных решений, созданием инженерных механизмов, моделированием декоративных объектов, проектированием игровых элементов и созданием прикладных изделий для последующей 3D-печати. Среди реализуемых проектов присутствовали инженерные шкатулки с механизмами, модели часовых механизмов, модель требушета, механическая игрушка-крокодил, собственная модель бластера *Nerf*, интерьерные решения и различные функциональные изделия бытового назначения.

Практическая реализация курса показала, что наибольшую вовлечённость обучающиеся демонстрировали в проектах, имеющих прикладную значимость и возможность практического применения результата. Особенно высокий интерес вызывали проекты, ориентированные на создание полезных объектов для дома, рабочего пространства или школьной среды. Подобные задачи обеспечивали более устойчивую мотивацию обучающихся и способствовали более глубокому погружению в проектную деятельность.

В процессе реализации проектной деятельности использовались элементы управления проектной работой, включая постановку целей, декомпозицию задач, распределение этапов работы и промежуточный контроль результатов. Практический опыт показал, что подобная организация

деятельности способствует развитию самостоятельности обучающихся и формированию навыков планирования.

Вместе с тем в ходе апробации были выявлены и определённые трудности. Одной из основных проблем стала чрезмерная сложность отдельных проектов. Практика показала, что длительная работа над крупными и технически сложными объектами может приводить к снижению мотивации обучающихся и затруднять сопровождение проектной деятельности. В результате был сделан вывод о целесообразности использования более компактных и реалистичных проектных кейсов, позволяющих обучающимся быстрее получить завершённый результат.

Дополнительной сложностью являлась высокая вариативность проектной деятельности. Вместе с тем именно высокая вариативность проектной деятельности обеспечивала высокий уровень личной вовлечённости обучающихся и являлась одной из ключевых особенностей разработанного курса. Значительное различие тематик и уровней сложности проектов затрудняло организацию сопровождения обучающихся и требовало постоянного поиска индивидуальных решений. В ряде случаев педагог и обучающиеся совместно анализировали способы реализации отдельных элементов проекта, что фактически придавало работе исследовательский характер.

По итогам реализации курса обучение завершили 16 обучающихся. Все обучающиеся, завершившие программу, приняли участие в итоговом отчётном мероприятии. В рамках итоговой аттестации было реализовано 5 крупных проектов, а также ряд небольших практических работ и мини-проектов, направленных на закрепление навыков и получение завершённого результата.

Результаты практической апробации показали высокий уровень вовлечённости обучающихся в образовательный процесс и успешное освоение основных разделов программы. В процессе реализации курса наблюдалось повышение самостоятельности обучающихся, развитие навыков инженерного

анализа и проектирования, а также расширение спектра выполняемых работ. Возможность самостоятельного выбора тематики проектов способствовала формированию устойчивой учебной мотивации и появлению значительного разнообразия проектных решений, охватывающих инженерные, дизайнерские, исследовательские и прикладные направления деятельности.

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что интеграция различных направлений 3D-технологий в рамках единого образовательного курса способствует повышению вовлечённости обучающихся в образовательный процесс, формированию практико-ориентированных компетенций и достижению более высоких образовательных результатов по сравнению с подходами, ориентированными преимущественно на изучение отдельных программных средств.

Для более детального рассмотрения выявленных педагогических эффектов и результатов реализации курса проведён их последующий анализ.

#### **2.4 Анализ результатов реализации курса**

Проведённая апробация разработанного образовательного курса позволила оценить эффективность использования 3D-технологий как средства организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся, а также выявить педагогические эффекты и ограничения предложенного подхода.

Анализ результатов апробации осуществлялся на основе данных педагогического наблюдения, проводимого на протяжении всего периода реализации курса. В качестве основных критериев оценки рассматривались уровень вовлечённости обучающихся в образовательный процесс, степень освоения изучаемых технологий, самостоятельность при выполнении практических и проектных заданий, разнообразие реализуемых проектов и результаты итоговой проектной деятельности.

Одним из наиболее значимых результатов реализации курса стало развитие у обучающихся самостоятельности при решении практических задач.

На начальном этапе обучения значительная часть обучающихся занимала пассивную позицию и ожидала получения готового решения от педагога. При возникновении затруднений вопросы зачастую формулировались в общем виде и сводились к констатации непонимания задачи без попыток самостоятельного анализа причин возникшей проблемы. В подобных ситуациях обучающиеся испытывали трудности с определением конкретного этапа работы, вызывающего затруднение, и нередко рассчитывали на получение готового алгоритма действий.

По мере освоения программного обеспечения и накопления практического опыта характер взаимодействия обучающихся с педагогом постепенно изменялся. Вопросы становились более конкретными и осмысленными, а обучающиеся всё чаще самостоятельно анализировали возникающие проблемы и предлагали варианты их решения. Наблюдалось снижение количества обращений, связанных с базовыми операциями моделирования, и увеличение числа обсуждений, направленных на поиск наиболее эффективных способов реализации поставленной задачи. Данная тенденция позволяет говорить о формировании у обучающихся навыков самостоятельной работы и постепенном переходе от репродуктивной деятельности к элементам исследовательского подхода.

Важным результатом реализации курса стало развитие пространственного и инженерного мышления обучающихся. На начальных этапах обучения выполнение заданий было связано преимущественно с освоением инструментов программного обеспечения и повторением предложенных алгоритмов действий. В дальнейшем содержание задач постепенно усложнялось. Обучающимся предлагались чертежи и модели с неоднозначной геометрией, требующие анализа пространственной структуры объекта, определения последовательности построения отдельных элементов и понимания взаимосвязи между ними.

Практический опыт показал, что к завершению обучения большинство обучающихся значительно увереннее ориентировалось в пространственных

объектах и демонстрировало более высокий уровень понимания логики их построения. При выполнении проектных работ обучающиеся начинали учитывать особенности конструкции изделия, способы соединения деталей и требования, связанные с дальнейшим изготовлением моделей.

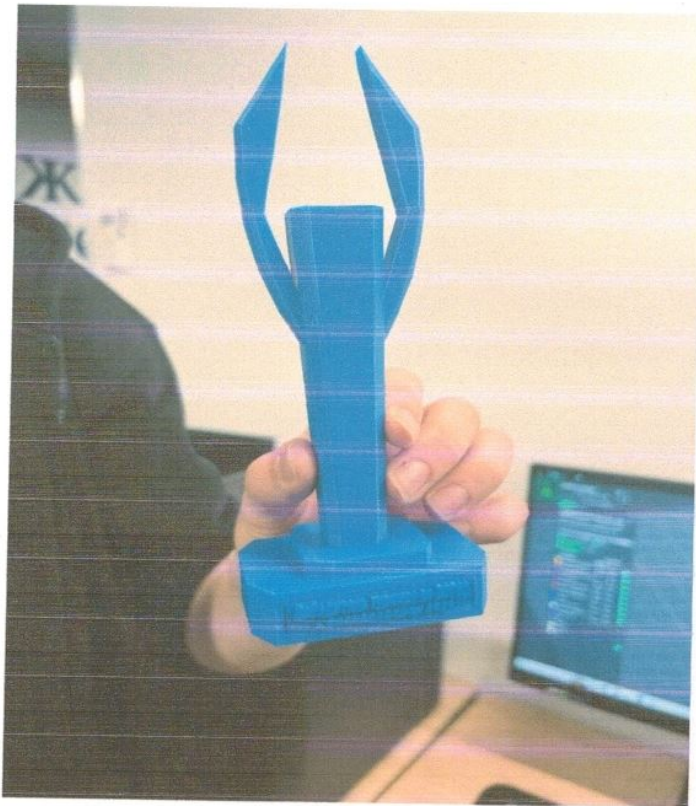
Особенно ярко развитие инженерного мышления проявилось в процессе реализации проектов, ориентированных на последующую 3D-печать. В ходе работы обучающиеся сталкивались с необходимостью учитывать реальные технологические ограничения производства и корректировать собственные решения в зависимости от результатов тестирования моделей. В отличие от учебных заданий, имеющих заранее известный результат, проектная деятельность требовала анализа ошибок, поиска причин возникающих проблем и многократной доработки конструкции.

Показательным примером является проект по разработке модели требушета. Изначально модель предполагала создание подвижного механизма, способного выполнять метание небольших грузов. В процессе практической реализации были выявлены проблемы, связанные с размерами осей, устойчивостью креплений и корректностью соединения отдельных элементов конструкции. Для устранения выявленных недостатков обучающаяся совместно с педагогом анализировала причины возникновения ошибок, вносила изменения в модель и повторно проверяла работоспособность конструкции. Подобная деятельность во многом соответствует реальным этапам инженерного проектирования и способствует формированию навыков технического анализа и конструкторского мышления.

Важным результатом проекта стало не только создание работоспособной модели, но и формирование у обучающейся представлений о цикле инженерного проектирования, включающем проектирование, тестирование, выявление ошибок и последующую доработку конструкции.

Аналогичные процессы наблюдались при выполнении проекта по созданию наградного кубка для школьного киберспортивного турнира. В ходе разработки обучающиеся столкнулись с необходимостью адаптации цифровой

модели к возможностям используемого оборудования. В частности, была предложена конструкция со сменной информационной табличкой, позволяющей использовать одну базовую модель для различных мероприятий. Реализация данной идеи потребовала проведения нескольких итераций тестирования и изменения размеров элементов модели с учётом ограничений технологии 3D-печати. В результате обучающиеся получили опыт решения реальной практической задачи и взаимодействия с ограничениями производственного процесса.

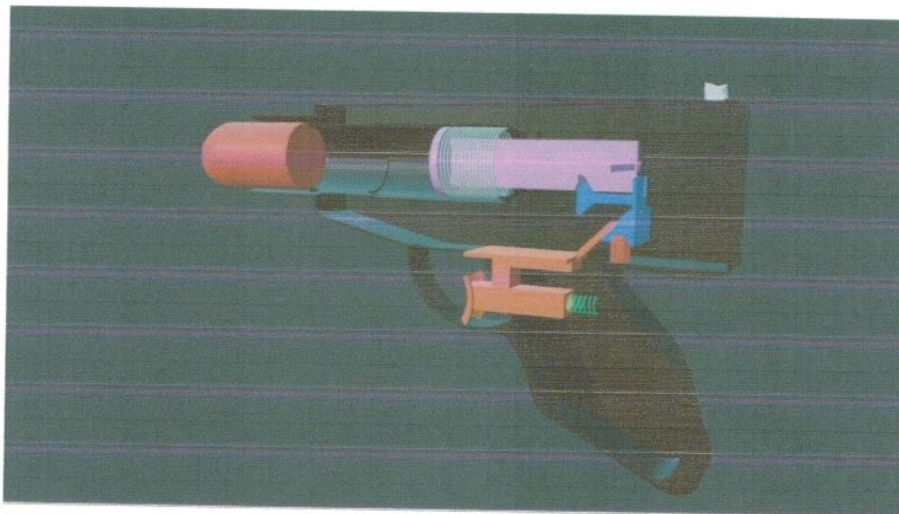


*Рисунок 2, Проект наградного кубка*

Анализ проектной деятельности показал, что одним из наиболее значимых факторов мотивации обучающихся является возможность самостоятельного выбора тематики проекта. В рамках апробации обучающимся предоставлялась высокая степень свободы при выборе направлений деятельности, что привело к появлению значительного разнообразия проектных работ. Среди реализованных проектов присутствовали инженерные механизмы, декоративные объекты, элементы интерьерного дизайна, игровые модели и изделия прикладного назначения.

Полученные результаты согласуются с гипотезой исследования и подтверждают, что высокая степень вариативности проектной деятельности является одним из ключевых факторов повышения вовлечённости обучающихся. Возможность самостоятельно определять тематику и содержание проекта способствовала сохранению интереса к обучению на протяжении всего периода реализации курса и формированию более осознанного отношения к результатам собственной деятельности.

Практический опыт показал, что наибольшую вовлечённость обучающиеся демонстрировали в тех случаях, когда тематика проекта была непосредственно связана с их личными интересами или решением конкретной практической задачи. Одним из наиболее показательных примеров стал проект по разработке аналога игрушечного бластера Nerf. Высокая мотивация обучающегося к выбранной тематике способствовала глубокой проработке конструкции изделия, изучению принципов работы существующих аналогов и созданию полноценной цифровой модели механизма. В рамках проекта были разработаны основные конструктивные элементы изделия, выполнена цифровая сборка модели, проведена проверка работоспособности механизма средствами компьютерного моделирования и подготовлен комплект деталей для последующей реализации. Следует отметить, что изготовление изделия методом 3D-печати не являлось целью данного этапа работы. Основной задачей проекта выступала разработка и инженерная проработка конструкции, с которой обучающийся успешно справился. Полученные результаты позволяют рассматривать проект как завершённый с точки зрения поставленных образовательных целей и одновременно создают основу для его дальнейшего развития в следующем учебном году.



*Рисунок 3, Проект Бластер Nerf*

Другим успешным примером является проект, связанный с разработкой интерьерного решения для школьной зоны отдыха. Особенность данного проекта заключалась в сочетании исследовательской и проектной деятельности. На первом этапе обучающиеся провели опрос среди учащихся школы с целью выявления существующих проблем и потребностей. На основе полученных данных были сформулированы основные требования к будущему пространству, после чего разработан и доработан цифровой макет интерьера. Данный проект продемонстрировал возможности интеграции исследовательского и проектного подходов в рамках единой образовательной деятельности.



*Рисунок 4, Проект интерьерного решения школьной зоны отдыха*

Результаты апробации позволили также оценить эффективность различных технологических инструментов, используемых в курсе. Практика

показала, что КОМПАС-3D успешно выполняет функцию формирования инженерной базы и способствует развитию навыков технического моделирования. Работа в данной системе требует понимания геометрии объектов, логики построения моделей и принципов параметрического проектирования. Вместе с тем освоение КОМПАС-3D оказалось наиболее сложным этапом обучения и потребовало значительного количества практических заданий.

Использование Blender, напротив, сопровождалось более высокой вовлечённостью обучающихся и позволяло реализовывать широкий спектр творческих задач. Возможность свободного моделирования, создания сложных форм и визуально привлекательных объектов положительно влияла на мотивацию обучающихся и расширяла спектр возможных проектных направлений.

Отдельного внимания заслуживает применение технологий трёхмерного сканирования. Несмотря на высокий интерес обучающихся к работе со специализированным оборудованием, результаты апробации показали ограниченную востребованность данного направления в рамках большинства проектов. За период реализации курса технологии 3D-сканирования были использованы преимущественно в рамках проекта, связанного с разработкой автомобильных бамперов. В остальных случаях использование сканера не обеспечивало существенных преимуществ по сравнению с традиционными методами моделирования. Это позволяет рассматривать 3D-сканирование как перспективный, но вспомогательный инструмент образовательной деятельности.

Полученные результаты подтверждают выводы, сделанные в ходе анализа существующих образовательных программ. Практика показала, что наибольший образовательный эффект достигается не за счёт углублённого изучения отдельного программного продукта, а благодаря сочетанию различных инструментов и технологий, позволяющих обучающимся

самостоятельно выбирать наиболее подходящие способы реализации собственных проектов.

Существенным преимуществом разработанного курса стала возможность выбора не только тематики проекта, но и инструментов его реализации. В зависимости от поставленных задач обучающиеся могли использовать инженерное моделирование, творческое моделирование, технологии трёхмерного сканирования либо сочетать несколько подходов в рамках одного проекта.

Анализ результатов обучения показал высокий уровень освоения обучающимися основных технологических инструментов курса. Все обучающиеся, завершившие обучение, овладели базовыми навыками инженерного моделирования в КОМПАС-3D и творческого моделирования в Blender, а также получили представление о возможностях технологий трёхмерного сканирования. Полученные навыки успешно применялись при выполнении самостоятельных проектных работ, что свидетельствует о достижении запланированных образовательных результатов программы.

Проведённый анализ позволил выявить и ряд ограничений разработанного курса. Одним из основных затруднений стала реализация чрезмерно сложных и длительных проектов. Практический опыт показал, что работа над крупными проектами может приводить к снижению мотивации обучающихся и увеличению риска незавершённости работы. В связи с этим перспективным направлением совершенствования курса является использование большего количества проектов средней сложности, позволяющих получать завершённый результат в более короткие сроки.

Дополнительным направлением совершенствования курса является разработка системы готовых проектных кейсов, ориентированных на решение реальных практических задач. Проведённая апробация показала, что проекты, связанные с окружающей средой обучающихся и имеющие прикладное значение, вызывают значительно больший интерес и обеспечивают более высокий уровень вовлечённости. К числу таких проектов могут относиться

интерьерные решения, органайзеры, держатели, элементы школьной инфраструктуры и другие объекты, имеющие практическую ценность.

Также результаты реализации курса показали целесообразность увеличения объёма работы в среде Blender. Несмотря на успешное освоение обучающимися базовых инструментов программы, практический опыт свидетельствует о том, что дополнительное время, посвящённое творческому моделированию и визуализации, позволит расширить спектр проектных работ и повысить вариативность образовательной деятельности.

По итогам реализации курса обучение завершили 16 обучающихся, все из которых приняли участие в итоговом отчётном мероприятии. В рамках курса было реализовано и представлено пять завершённых проектов, а также ряд промежуточных практических работ и мини-проектов. Все обучающиеся освоили базовые навыки работы как в КОМПАС-3D, так и в Blender, а также получили опыт проектной деятельности и практического применения полученных знаний.

Таким образом, результаты апробации подтверждают эффективность использования 3D-технологий в качестве средства организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся. Разработанный курс способствовал развитию самостоятельности, инженерного и пространственного мышления, формированию практико-ориентированных компетенций и повышению уровня вовлечённости обучающихся в образовательный процесс. Полученные результаты свидетельствуют о том, что сочетание различных направлений 3D-технологий и предоставление обучающимся возможности самостоятельного выбора как тематики проектов, так и инструментов их реализации позволяет достигать более высоких образовательных результатов по сравнению с подходами, ориентированными преимущественно на освоение отдельных программных средств. Несмотря на выявленные ограничения, предложенный подход обладает значительным потенциалом для дальнейшего развития и внедрения в систему дополнительного образования.

## Заключение

В условиях цифровой трансформации общества и активного внедрения современных технологий в различные сферы деятельности возрастает потребность в подготовке обучающихся, обладающих не только предметными знаниями, но и навыками решения практических задач, проектирования, анализа и самостоятельного поиска решений. Особую актуальность в данном контексте приобретает использование 3D-технологий, позволяющих объединять инженерную, исследовательскую и проектную деятельность в рамках единой образовательной среды.

Целью настоящего исследования являлась разработка, теоретическое обоснование и апробация образовательного курса, обеспечивающего вовлечение обучающихся в проектную и исследовательскую деятельность посредством использования 3D-технологий как инструмента реализации самостоятельно выбранных практико-ориентированных проектов.

В ходе исследования был проведён анализ научно-педагогической литературы по вопросам проектной и исследовательской деятельности обучающихся. Установлено, что данные подходы обладают значительным образовательным потенциалом и способствуют развитию самостоятельности, критического мышления, способности к анализу и решению практических задач. Вместе с тем выявлено, что в современной образовательной практике проектная и исследовательская деятельность зачастую реализуются разрозненно, что ограничивает возможности их эффективного применения в технологическом образовании.

Особое внимание в работе было уделено рассмотрению инженерного мышления как одного из значимых результатов современной технологической подготовки. Анализ научных источников показал, что формирование инженерного мышления требует включения обучающихся в деятельность, связанную с проектированием, моделированием, анализом и практической реализацией собственных решений. Установлено, что 3D-технологии обладают высоким потенциалом для решения данной задачи благодаря

сочетанию наглядности, практической направленности и возможности быстрого перехода от идеи к её цифровому воплощению.

Проведённый анализ существующих образовательных программ и курсов в области 3D-моделирования позволил выявить ряд характерных ограничений. Большинство рассмотренных программ ориентировано преимущественно на освоение отдельных цифровых инструментов либо выполнение ограниченного круга технических задач. При этом недостаточное внимание уделяется интеграции проектной и исследовательской деятельности, формированию инженерного мышления и созданию условий для самостоятельной практической деятельности обучающихся. Анализ показал необходимость разработки образовательного подхода, обеспечивающего большую вариативность деятельности обучающихся и более высокий уровень их личной вовлечённости в процесс обучения.

На основе результатов теоретического анализа был разработан образовательный курс, основанный на последовательном освоении инженерного моделирования в КОМПАС-3D, творческого моделирования в Blender, знакомстве с технологиями 3D-сканирования и последующей реализации собственных проектов. Ключевой особенностью разработанного курса стало рассмотрение 3D-технологий не как самостоятельного объекта изучения, а как универсального инструмента организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся. Существенной особенностью курса стала возможность самостоятельного выбора обучающимися направлений проектной деятельности и способов реализации собственных идей.

Практическая апробация курса была проведена на базе центра дополнительного образования «Октопус» МАОУ «Гимназия №1» г. Сосновоборска. В исследовании приняли участие обучающиеся 8–10 классов. В ходе апробации использовался метод педагогического наблюдения, направленный на анализ уровня вовлечённости обучающихся, степени

освоения образовательной программы, самостоятельности в решении практических задач и результатов проектной деятельности.

Результаты апробации подтвердили выдвинутую гипотезу исследования и показали, что использование 3D-технологий в качестве основы проектной и исследовательской деятельности способствует повышению образовательных результатов обучающихся. В процессе реализации курса наблюдался устойчивый рост самостоятельности при выполнении практических заданий, повышение качества проектных решений и развитие навыков инженерного анализа. Обучающиеся демонстрировали способность применять полученные знания в новых ситуациях, самостоятельно находить пути решения возникающих проблем и адаптировать свои проекты с учётом реальных технических ограничений.

Особенно значимым результатом стало повышение уровня вовлечённости обучающихся в образовательный процесс. В отличие от программ, ориентированных преимущественно на освоение отдельных программных средств и выполнение типовых заданий, разработанный курс предоставлял обучающимся возможность самостоятельного выбора тематики проектов и способов их реализации. Это способствовало формированию устойчивой внутренней мотивации, сохранению интереса к обучению на протяжении всего периода реализации курса и появлению широкого спектра проектных работ, существенно различающихся по тематике и содержанию.

Проведённая апробация также показала эффективность интеграции различных направлений 3D-технологий в рамках единого образовательного курса. Освоение инженерного моделирования, творческого моделирования, технологий 3D-сканирования и проектной деятельности позволило сформировать у обучающихся комплексное представление о современных цифровых технологиях и создать условия для самостоятельного выбора инструментов в зависимости от целей и задач конкретного проекта. Такой подход обеспечил большую вариативность образовательных траекторий по

сравнению с программами, ориентированными на изучение одной CAD-системы или отдельного программного продукта.

Дополнительным подтверждением эффективности разработанного курса стали результаты итоговой проектной деятельности. Из 16 обучающихся, приступивших к освоению программы, все завершили обучение и приняли участие в итоговом отчётном мероприятии, представив проекты различной направленности. Анализ выполненных работ показал высокий уровень освоения изучаемых технологий, способность обучающихся к самостоятельной проектной деятельности и готовность применять полученные знания для решения практических и исследовательских задач.

Проведённое исследование также позволило выявить ряд направлений дальнейшего совершенствования курса. К ним относятся расширение банка готовых проектных кейсов, увеличение объёма работы в среде Blender, ориентация на проекты средней сложности, обеспечивающие получение завершённого результата в разумные сроки, а также дальнейшее развитие практико-ориентированных направлений деятельности, связанных с созданием объектов для реального применения.

Таким образом, результаты исследования подтверждают, что использование 3D-технологий в качестве средства организации проектной и исследовательской деятельности обучающихся позволяет не только формировать инженерное мышление и развивать навыки цифрового моделирования, но и способствует повышению учебной мотивации, вовлечённости в образовательный процесс и качества проектных результатов. Разработанный образовательный курс продемонстрировал свою эффективность как инструмент создания вариативной образовательной среды, в которой обучающиеся получают возможность реализовывать собственные идеи и самостоятельно выстраивать пути решения практических задач.

Поставленная цель исследования достигнута, задачи выполнены в полном объёме, а результаты апробации подтверждают целесообразность дальнейшего использования и развития разработанного образовательного

подхода в системе дополнительного образования и технологической подготовки обучающихся.

## Список литературы

1. Dewey J. *Experience and Education*. – New York: Macmillan, 1938.
2. Kilpatrick W. H. *The Project Method*. – Teachers College Record, 1918.
3. Полат Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. – М., 2007.
4. Беспалько В.П. Слагаемые педагогической технологии. – М., 1989.
5. Леонтович А.В. Исследовательская деятельность учащихся. – М., 2003.
6. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии. – М., 1998.
7. Хуторской А.В. Ключевые компетенции как компонент личностно-ориентированного образования. – 2003.
8. Тьюторство в образовательной практике / под ред. Т.М. Ковалёвой. – М., 2012.
9. Hmelo-Silver Cindy E., Duncan R.G., Chinn C.A. Scaffolding and Achievement in Problem-Based and Inquiry Learning // *Educational Psychologist*, 2007.
10. Pedaste Margus et al. Phases of inquiry-based learning: Definitions and the inquiry cycle // *Educational Research Review*, 2015.
11. Paulo Blikstein. Digital Fabrication and 'Making' in Education // *FabLabs and Education*, 2013.
12. Ford Simon, Minshall Tim. Invited review article: Where and how 3D printing is used in teaching and education // *Additive Manufacturing*, 2019.
13. Voogt J., Roblin N. A comparative analysis of international frameworks for 21st century competences // *Journal of Curriculum Studies*, 2012.
14. Blikstein P. Digital Fabrication and Making in Education // *FabLabs*, 2013.
15. Ford S., Minshall T. 3D printing in education // *Additive Manufacturing*, 2019.
16. Novak E., Wisdom S. Effects of 3D Printing on Student Learning // *Journal of Educational Technology*, 2018.
17. Rehman N. et al. Project-based learning as a catalyst for 21st-century skills. *Heliyon*, 2024.

18. Markula A., Aksela M. Characteristics of project-based learning. *Disciplinary and Interdisciplinary Science Education Research*, 2022.
19. Project-Based Learning in Science Education: A Literature Review. *International Journal of Environmental and Science Education*, 2023.
20. He P. et al. Project-based learning system. *Smart Learning Environments*, 2023.
21. Digital technologies and student engagement in PBL. *Smart Learning Environments*, 2025.
22. Lazonder A. W., Harmsen R. Meta-analysis of inquiry-based learning: Effects of guidance. *Review of Educational Research*, 2016.
23. Sweller J. Cognitive Load Theory. *Psychology of Learning and Motivation*, 2011.
24. Pedaste M. et al. Inquiry-based learning revisited: frameworks and digital tools. *Educational Research Review*, 2020.
25. Krajcik J., Blumenfeld P. Project-Based Learning. *Cambridge Handbook of the Learning Sciences*, 2006.
26. Blikstein P. Digital Fabrication in Education: Research and Practice, 2018.
27. National Academy of Engineering. The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century. – Washington: National Academies Press, 2004.
28. Dym C., Agogino A., Eris O. et al. Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning // *Journal of Engineering Education*, 2005.
29. Crompton D. Promoting Creativity and Innovation in Engineering Education // *Psychology of Aesthetics, Creativity, and the Arts*, 2015.
30. Kelley T., Knowles J. A Conceptual Framework for Integrated STEM Education // *International Journal of STEM Education*, 2016.
31. Sorby S. Developing 3-D Spatial Visualization Skills // *Engineering Design Graphics Journal*, 2009.
32. Uttal D., Meadow N. et al. The Malleability of Spatial Skills: A Meta-Analysis // *Psychological Bulletin*, 2013.

33. Richmond B. Systems Thinking: Critical Thinking Skills for the 1990s and Beyond // System Dynamics Review, 1993.
34. Schön D. The Reflective Practitioner: How Professionals Think in Action. – New York: Basic Books, 1983.
35. Crismond D., Adams R. The Informed Design Teaching and Learning Matrix // Journal of Engineering Education, 2012.
36. Bower M. Technology-mediated Learning Theory // British Journal of Educational Technology, 2019.
37. Lin Y., Chen Y. The Effects of 3D Modeling on Spatial Ability and Learning Achievement // Computers & Education, 2016.
38. Chester I. Teaching for CAD Expertise // International Journal of Technology and Design Education, 2007.
39. English L. Advancing Elementary and Middle School STEM Education // International Journal of Science and Mathematics Education, 2017.
40. Martin L. The Promise of the Maker Movement for Education // Journal of Pre-College Engineering Education Research, 2015.
41. Детские технопарки «Кванториум»: методические материалы и образовательные направления. – М.: Фонд новых форм развития образования, 2021.
42. Асмолов А.Г. Дополнительное образование детей в условиях технологической трансформации // Народное образование, 2021.
43. Блинов В.И., Сергеев И.С. Проектная деятельность в системе дополнительного технологического образования // Профессиональное образование в России и за рубежом, 2020.
44. Центры цифрового образования детей «IT-Cube»: концепция и образовательные практики. – М., 2022.
45. Роберт И.В. Цифровая трансформация образования: вызовы и перспективы. – М.: ИИО РАО, 2021.
46. Kent S. Blender Foundations: The Essential Guide to Learning Blender 3D. – Hoboken: Wiley, 2021.

47. Peron A. Teaching 3D Modeling in Digital Art Education // International Journal of Art & Design Education, 2020.
48. Жарков Н.В. КОМПАС-3D. Полное руководство. – СПб.: БХВ-Петербург, 2020.
49. Chester I. Teaching CAD and Technical Thinking in Engineering Education // International Journal of Technology and Design Education, 2007.
50. Yakman G. STEM vs STEAM Education and Student Creativity // The STEAM Journal, 2018.
51. Herro D., Quigley C. Exploring Teachers' Perceptions of STEAM Teaching Through Professional Development // Journal of Educational Research, 2017.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

Примеры проектных работ обучающихся

Рисунок А.1 – Проект школьной зоны отдыха





	<p>Проект школьной зоны отдыха – вид 1</p>
	<p>Проект школьной зоны отдыха – вид 2</p>
	<p>Проект школьной зоны отдыха – вид 3</p>
	<p>Проект школьной зоны отдыха – вид 4</p>

Рисунок А.2 – Проект бластера Nerf

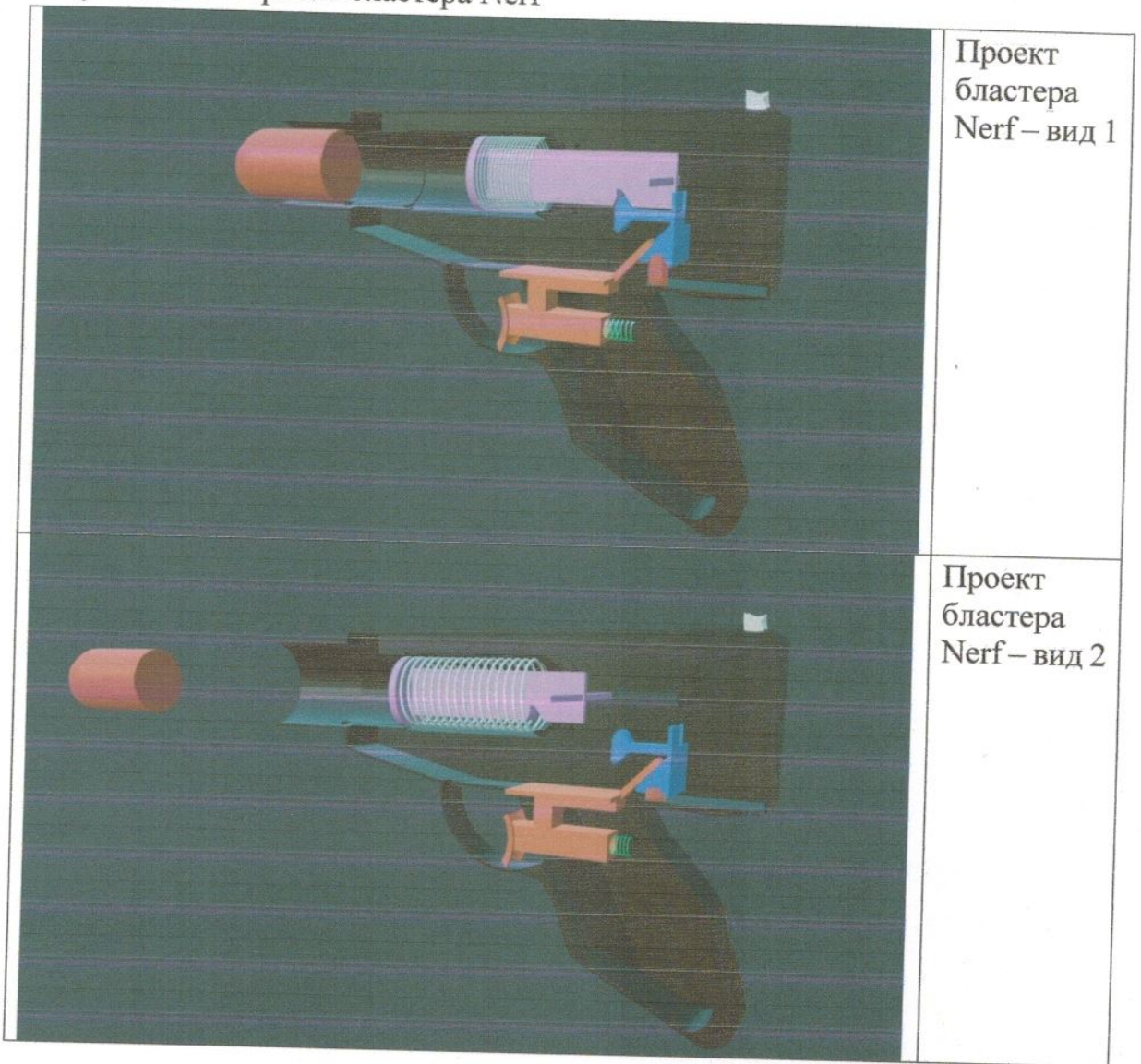


Рисунок А.3 – Проект наградного кубка



Проект наградного кубка – вид 1



Проект наградного кубка – вид 2

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б**  
Фотографии процесса обучения

