

МИНИСТЕРСТВО ПРОСВЕЩЕНИЯ 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

Ахметов Никита Сергеевич

МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

3D-моделирование как дидактический инструмент профориентационной
работы в условиях современной цифровой школы

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

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой
доцент, кандидат педагогических наук
С.В. Латынцев

15.05.2026

(дата, подпись)

Руководитель магистерской программы
профессор, доктор педагогических наук
В.И. Тесленко

22.05.26

(дата, подпись)

Руководитель
доцент, кандидат педагогических наук
С.В. Латынцев

25.05.2026

(дата, подпись)

Дата защиты

Обучающийся

Н.С. Ахметов

18.05.2026

(дата, подпись)

Оценка

отлично

(прописью)

Красноярск 2026

РЕФЕРАТ

К магистерской диссертации «3D-моделирование как дидактический инструмент профориентационной работы в условиях современной цифровой школы»

Данная работа посвящена формированию профессионального самоопределения и базовых компетенций в области трёхмерного моделирования у обучающихся 8–11 классов с помощью пропедевтического элективного курса на основе программы Blender.

Объем и структура диссертации. Магистерская диссертация состоит из введения, двух глав (первая глава содержит два параграфа, вторая – три параграфа), заключения, библиографического списка и приложения. Работа изложена на 72 страницах, библиографический список содержит 36 наименований, использовано 12 рисунков и 1 таблица.

Целью данной работы является разработка и апробация элективного курса по основам трёхмерной графики в программе Blender для обучающихся 8–11 классов.

Для достижения цели решаются следующие **задачи**:

1. Охарактеризовать 3D-графику как основной инструмент множества цифровых профессий будущего: проанализировать историю, основные направления, возможности, перспективы развития.
2. Раскрыть профориентационную сущность 3D-моделирования в контексте элективного курса средней и старшей школы.
3. Разработать программу, содержание и основные методические идеи элективного курса «Основы трёхмерной графики в программе Blender».
4. Разработать и апробировать рекомендации по реализации курса.

Объект исследования – процесс обучения учащихся основам 3D-графики.

Предметом работы является формирование у обучающихся 8-11 классов основных компетенций по основам трехмерной графики с помощью элективного курса в программе Blender

Гипотеза исследования: реализация разработанного элективного курса будет способствовать получению новых специализированных навыков работы с инструментарием 3D-пакетов, а также профессиональному самоопределению обучающихся.

Методы исследования: теоретические (изучение нормативных документов, анализ психолого-педагогической и научно-методической литературы, обобщение методического опыта), эмпирические (сравнение, наблюдение, педагогический эксперимент, анкетирование, анализ практических работ), статистические (обработка полученных данных).

Теоретическая значимость работы состоит в обосновании возможности использования элективного курса по основам трехмерной графики в качестве средства профессионального самоопределения выпускников.

Практическая значимость работы заключается в методической разработке и внедрении в процесс обучения элективного курса для обучающихся средней и старшей школы, а также в создании готового к применению учебно-методического комплекса (учебно-тематический план, инструкционные карты, презентации, набор референсов, методические рекомендации для педагога).

Апробация работы. Разработан и апробирован элективный курс «Основы трёхмерной графики в программе Blender». Апробация работы осуществлялась в ходе педагогической деятельности автора в ИТ-школе «KIBERone» г. Канск в 2025–2026 годах.

Основные результаты были **представлены** на педагогической конференции КГПУ им В.П. Астафьева, а именно:

- Ахметов, Н. С. Формирование базовых компетенций в области трехмерной графики с помощью элективного курса на основе программы Blender // Образование и наука в XXI веке: математика, физика, информатика и технологии в смарт. — 2026.

- Ахметов, Н.С., Латынцев, С.В. 3D-МОДЕЛИРОВАНИЕ КАК ДИДАКТИЧЕСКИЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОФИОРИЕНТАЦИОННОЙ РАБОТЫ В УСЛОВИЯХ СОВРЕМЕННОЙ ЦИФРОВОЙ ШКОЛЫ // IX Всероссийская научно-практическая конференция: ОБРАЗОВАНИЕ РОССИИ И АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ. — 2026.

PAPER

To the master's thesis "3D modeling as a didactic tool for career guidance in a modern digital school "

This work is devoted to developing professional self-determination and basic competencies in 3D modeling among students in grades 8–11 through a propaedeutic elective course based on Blender.

Scope and Structure of the Dissertation. The master's dissertation consists of an introduction, two chapters (the first chapter contains two paragraphs, the second chapter contains three paragraphs), a conclusion, a bibliography, and an appendix. The work is 72 pages long, with 36 references in the bibliography, 12 figures, and one table.

The goal of this work is to develop and test an elective course on the fundamentals of 3D graphics using Blender for students in grades 8–11.

To achieve this goal, the following **objectives** are addressed:

1. To characterize 3D graphics as a key tool for many digital professions of the future: analyze its history, main trends, opportunities, and development prospects.
2. To reveal the career-oriented nature of 3D modeling in the context of an elective course for middle and high school students.
3. To develop the program, content, and key methodological concepts for the elective course "Fundamentals of 3D Graphics in Blender."
4. To develop and test recommendations for course implementation.

The object of this study is the process of teaching students the fundamentals of 3D graphics.

The subject of this work is the formation of basic competencies in 3D graphics among students in grades 8-11 using an elective course in the Blender program.

Research hypothesis: The implementation of the developed elective course will contribute to the acquisition of new

specialized skills in working with 3D software tools, and the professional self-determination of students.

Research methods: theoretical (study of regulatory documents, analysis of psychological, pedagogical, and scientific-methodological literature, generalization of methodological experience), empirical (comparison, observation, pedagogical experiment, questionnaire, analysis of practical work), and statistical (processing of the obtained data).

The theoretical significance of the work lies in substantiating the possibility of using an elective course on the basics of three-dimensional graphics as a means of professional self-determination for graduates.

The practical significance of this work lies in the methodological development and implementation of an elective course for middle and high school students, as well as the creation of a ready-to-use teaching and learning toolkit (a curriculum plan, instructional maps, presentations, a set of references, and methodological recommendations for teachers).

Piloting the work. An elective course, "Fundamentals of 3D Graphics in Blender," was developed and piloted. The piloting took place during the author's teaching career at the KIBERone IT School in Kansk in 2025–2026.

The main results were **presented** at a pedagogical conference at V.P. Astafyev Kansk State Pedagogical University, namely:

- Akhmetov, N. S. Formation of basic competencies in 3D graphics using an elective course based on the Blender program // Education and Science in the 21st Century: Mathematics, Physics, Computer Science, and Smart Technologies. — 2026.
- Akhmetov, N. S., Latyntsev, S. V. 3D MODELING AS A DIDACTIC TOOL FOR CAREER GUIDANCE IN A MODERN DIGITAL SCHOOL // IX All-Russian Scientific and Practical Conference: EDUCATION IN RUSSIA AND TOPICAL ISSUES OF MODERN SCIENCE. — 2026

Содержание

ВВЕДЕНИЕ.....	1
ГЛАВА I. 3D-ГРАФИКА КАК ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОФЕССИЙ БУДУЩЕГО.....	6
§ 1.1. 3D-графика: сущность, появление, эволюция, перспективы развития.....	6
§ 1.2. Профориентационная сущность 3D моделирования в контексте элективного курса общеобразовательной школы.....	21
ГЛАВА II. ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ ОБУЧЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ.....	38
§ 2.1. Основы обучения 3D графике: принципы образовательного процесса в рамках элективного курса.....	38
§ 2.2. Обзор курса для обучения основам работы с трехмерной графикой в условиях общеобразовательных учреждениях для школьников 8-11 классов.....	56
§ 2.3. Эксперимент о результатах внедрения в практику обучения...	64
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	72
БИБЛИОГРАФИЯ.....	73
ПРИЛОЖЕНИЕ.....	78

ВВЕДЕНИЕ

Необходимость данного исследования обусловлена тем, что в условиях современной социально-экономической реорганизации, характеризующейся процессами глобальной цифровизации, компьютерные технологии стали неотъемлемым компонентом подавляющего большинства профессий — от бухгалтерского учета до проектирования авиационных двигателей. Образовательная система, являясь ключевым институтом социализации и подготовки кадров, закономерно интегрирует цифровые инструменты в учебный процесс. Однако наблюдается существенный структурный разрыв между техническим потенциалом образовательных учреждений и их кадровыми возможностями для реализации профориентационной функции в отношении перспективных профессий цифровой экономики. Несмотря на наличие в школах базовых технических ресурсов, система образования на текущем этапе не в полной мере способна познакомить учащихся с профессиями будущего ввиду дефицита педагогических кадров, обладающих соответствующей квалификацией. В результате учащиеся зачастую не информированы о широком спектре современных специальностей, которые могли бы соответствовать их индивидуальным склонностям и желаниям.

В этой связи задача школы как профориентационной единицы заключается не только в ознакомлении с классическими и социально значимыми профессиями, но и в демонстрации существования креативных, нестандартных специальностей, требующих нетривиального, проектного подхода и при этом являющихся высоко востребованными на рынке труда. К числу таких профессий относятся художественно-дизайнерские направления (2D/3D-художники, motion- и VFX-дизайнеры), инженерно-технические специальности (CAD-специалисты,

специалисты по аддитивным технологиям) и межпрофессиональные области, такие как биоинженерия. Данные направления требуют владения специализированным программным обеспечением и комплексом смежных навыков. Хотя некоторые вузы предлагают курсы, связанные с 3D-графикой, они, как правило, носят узкопрофильный характер и ориентированы на решение конкретных отраслевых задач, но не на формирование широкого понимания области. Таким образом, ключевым мотивом предлагаемого внутришкольного курса выступает не подготовка к решению узкоспециализированных задач, а формирование системного представления о возможностях 3D-графики в целом и демонстрация многообразия смежных профессий, что способствует осознанному профессиональному самоопределению.

Содержательное ядро обучения основам 3D-дизайна базируется на синтезе художественной теории, математических знаний и навыков чтения технических чертежей. Формируемые в процессе обучения компетенции являются новыми для большинства учащихся и развивают когнитивные стороны, слабо задействованные в традиционной системе обучения, такие как объемно-пространственное мышление, визуальная грамотность и итеративный(циклический) проектный подход. Основная педагогическая сложность заключается здесь не в интеллектуальной нагрузке, а в необходимости освоения сложных интерфейсов профессиональных программных пакетов и применения адекватных педагогических методик. Анализ существующих на рынке образовательных услуг курсов выявляет преобладание сугубо практико-ориентированной модели обучения по репродуктивному принципу «повторяй за мной». Данный подход, хотя и приводит к быстрому получению конкретного результата, является методологически ограниченным, поскольку формирует у обучающихся навык механического копирования, не развивая способность к самостоятельному творческому и техническому манипулированию инструментарием. В противовес этому, предлагаемая модель обучения

утверждает необходимость сбалансированного подхода, где фундаментальный теоретический базис является обязательной основой для последующей проектной деятельности. Основная миссия преподавателя в рамках такого курса — не столько научить нажимать нужные кнопки, сколько привить учащимся навык трёхмерного видения, познакомить их с логикой цифрового моделирования и дать им возможность применять эти знания в самостоятельной работе над проектами разной направленности.

Существенным дидактическим преимуществом курса является его адаптивность: он может функционировать как в качестве элективного предмета в рамках школьной программы, так и в виде отдельного курса дополнительного образования, при этом допуская очный, дистанционный или гибридный режим работы. Такая вариативность даёт возможность учитывать специфику и ресурсы конкретного учебного заведения. При этом курс не предполагает наличия у учащихся каких-либо специальных предварительных знаний. Его содержание может быть одинаково актуально и доступно для классов с различными профилями, поскольку направлено на формирование новых, специальных компетенций, лежащих в междисциплинарной плоскости. Таким образом, разработка и внедрение системного школьного курса по основам 3D-дизайна, построенного на сбалансированном сочетании теории и практики и направленного на широкую профориентацию, представляется актуальной и практически значимой задачей современного образования, способствующей формированию у учащихся уникального набора навыков, необходимых для успешной адаптации в условиях цифровой экономики.

Таким образом возникает **противоречие** между потребностью современной экономики в специалистах в различных областях 3D-графики и невозможностью школы удовлетворить эту потребность в силу

отсутствия квалифицированных педагогов и методологически выверенных образовательных программ.

В свою очередь, **проблема исследования** состоит в необходимости методически проработанной модели школьного курса по основам 3D-графики, который носил бы пропедевтический характер, сочетал в себе теоретический базис с проектным подходом и был дидактически гибким, способным адаптироваться под условия различных общеобразовательных учреждений.

Следовательно, **актуальность** настоящего исследования обусловлена необходимостью создания эффективной модели школьного курса по 3D-графике, который бы не только учил техническим навыкам, но и помогал школьникам в профессиональном самоопределении в условиях цифровой экономики.

Объектом работы является процесс обучения учащихся основам 3D-графики.

Предметом работы является формирование у обучающихся 8-11 классов основных компетенций по основам трехмерной графики с помощью элективного курса в программе Blender.

Целью данной работы является разработка и апробация элективного курса по основам трехмерной графики в программе Blender для обучающихся 8-11 классов.

Гипотеза исследования: реализация данного элективного курса по основам трехмерной графики в программе Blender для учащихся 8-11 классов будет способствовать получению новых, специализированных навыков для работы с инструментарием 3D пакетов, а также профессиональному самоопределению.

В связи с поставленной целью в данной работе решаются следующие **задачи:**

1. Охарактеризовать 3D-графику, как основной инструмент множества цифровых профессий будущего: проанализировать историю, основные направления, возможности, перспективы развития.
2. Раскрыть профориентационную сущность 3D моделирования в средней и старшей школе с помощью кейсов.
3. Разработать программу, содержания и основные методические идеи элективного курса «Основы трехмерной графики в программе Blender».
4. Разработать и апробировать рекомендации по реализации курса.

Для решения поставленных задач в выпускной квалификационной работе были использованы следующие **методы исследования**: теоретические (изучение нормативных документов, анализ психолого-педагогической и научно-методической литературы по теме исследования, обобщение методического опыта), эмпирические (сравнение, наблюдение, педагогический эксперимент).

Теоретическая значимость работы состоит в обосновании возможности использования элективного курса по основам трехмерной графики в качестве средства профессионального самоопределения выпускников.

Практическая значимость работы заключается в разработке и внедрении в процесс обучения с использованием элективного курса по основам трехмерной графики для обучающихся средней старшей школы, а также разработке профориентационных кейсов.

ГЛАВА I. 3D-ГРАФИКА КАК ОСНОВНОЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОФЕССИЙ БУДУЩЕГО.

Данная глава представляет собой теоретический анализ 3D-графики, как технологической основы и дидактического инструмента в контексте современной профориентации в условиях общеобразовательного учреждения. В главе рассматривается эволюция, ключевые направления, перспективы развития и профессиональный контекст 3D-технологий. Формируется целостное представление о месте и роли основ 3D-дизайна в системе общего образования, в частности, при создании различных элективных курсов и программ дополнительного образования в средней и старшей школе. Анализируется не только техническая составляющая, но и профориентационный потенциал данной области, которая открывает доступ к широкому спектру профессий будущего – от инженерного проектирования и биоинженерии, до цифрового искусства и медиапространства. Это создает фундамент для последующего проектирования педагогической модели, направленной на преодоление разрыва между быстро меняющимся рынком цифровых профессий и традиционным содержанием школьного образования.

§ 1.1. 3D-графика: сущность, появление, эволюция, перспективы развития.

3D-графика – это комплексная, научно-прикладная дисциплина, находящаяся на стыке вычислительно математики, теории моделирования и дизайна, обеспечивающая создание цифровых копий объектов реального мира и сред, для задач проектирования, анализа и обучения в современном технологическом мире.

Трехмерная компьютерная графика (3D-графика), одно из направлений в области CGI, представляет собой междисциплинарную

область знаний и технологий, занимающуюся синтезом, обработкой и визуальным представлением математических объектов в трехмерном пространстве с целью создания статических или динамических (анимированных) изображений. Для более полного понимания: 3D-графика – область CGI (от англ. Computer-Generated Imagery, «изображения, сгенерированные компьютером»), техника которой позволяет создавать графические объекты с эффектом глубины, при помощи специализированных программ, что делает их визуально похожими на объекты реального мира. С научно-технической точки зрения, её сущность раскрывается через несколько ключевых аспектов:

1. **Математическая основа.** В ядре любой 3D-сцены лежит абстрактное математическое описание. Объекты могут быть представлены в виде:

- **Геометрических моделей.** Чаще всего применяется полигональная сетка (mesh), состоящая из точек (vertices), ребер (edges), граней (faces), или параметрических поверхностей (NURBS, сплайны).
- **Системы координат.** Для позиционирования и манипуляции используется аппарат линейной алгебры – матрицы трансформации в системе глобальных (или локальных) координат.
- **Алгоритмов визуализации.** Процесс преобразования математической модели в плоское 2D-изображение, управляемый физическими или упрощёнными моделями (трассировка лучей, растеризация).

2. **Иерархическая модель данных.** 3D-сцена представляет собой сложную иерархическую структуру данных, которая включает в себя:

- **Геометрию объектов.**

- **Материалы и текстуры**, определяющие оптические свойства поверхностей (цвет, отражения, преломления, рельеф).
- **Источники освещения** с заданными параметрами.
- **Системы камер**, определяющие точку и параметры наблюдения за сценой.
- **Данные для анимации** (скелеты, ключевые кадры).

3. **Классификация по методам обработки.** С научной точки зрения, 3D-графика делится на два принципиально разных направления:

- **Графика предварительного рендеринга (pre-rendered).** Процесс визуализации, требующий значительных вычислительных ресурсов и времени для достижения максимального фотореализма или художественного качества. Применяется в *кинематографе, архитектурной визуализации, производстве печатной продукции.*
- **Графика реального времени (real-time).** Визуализация, ограниченная строгими временными рамками (не менее 25-60 кадров в секунду). Её разработка фокусируется на оптимизации алгоритмов и использовании специализированного аппаратного обеспечения для интерактивного взаимодействия пользователя с виртуальной средой. Лежит в основе *видеоигр, симуляторов, VR/AR-приложений.*

4. **Область применения как критерий научной классификации.** Методология работы с трехмерной графикой существенно варьируется в зависимости от предметной области и более подробно будет рассмотрено в следующей главе.

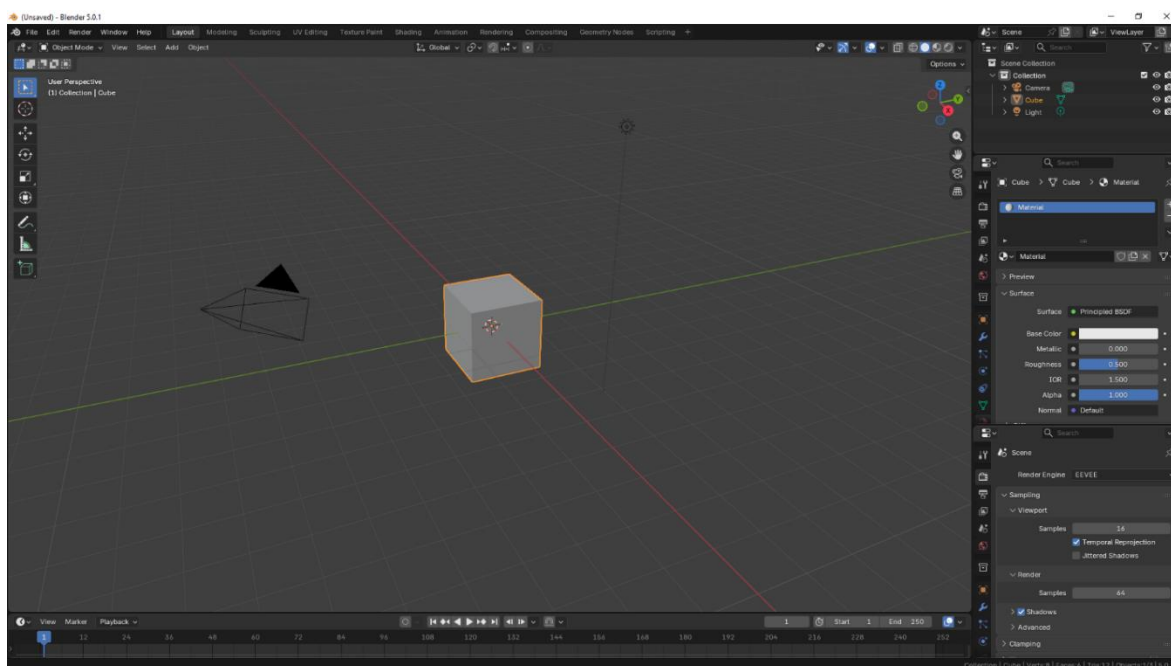


Рисунок 1. Начальная сцена в программе Blender

Эволюция развития трехмерной графики представляет собой крайне нелинейный процесс, движимый взаимодействием научных открытий, технологических прорывов в микроэлектронике и возникновением новых социально-экономических запросов. Прделанный трёхмерной графикой путь — от абстрактных каркасных моделей в закрытых инженерных системах до сложных, насыщенных данными объектов в открытых конвергентных средах — знаменует собой глобальный переход от инструментальной компьютеризации к цифровой трансформации всех сфер знания. Анализ этой эволюции в рамках магистерского исследования важен не только для выявления технологических изменений, но и для понимания сдвигов в подходах к мышлению у специалистов, взаимодействующих с цифровыми объектами. Это, в свою очередь, является ключевым условием для обоснованного прогнозирования развития цифрового проектирования, производства и искусства в среднесрочной перспективе.

Формирование концептуально-математического фундамента. Каркасные модели и геометрические примитивы (1960-е – начало 1980-е гг.). Начало трехмерной графики представляло из себя

безоговорочное доминирование математической абстракции над визуализацией. Технологические разработки велись преимущественно в академических и высокотехнологичных инженерных кругах, где приоритетом была точность вычислений, а не художественная выразительность. Использовались исключительно каркасные модели, а пространство объектов формировалось из базовых примитивов (куб, цилиндр, конус), которые дополнительно могли обрабатываться с помощью булевых операций — объединения и пересечения.

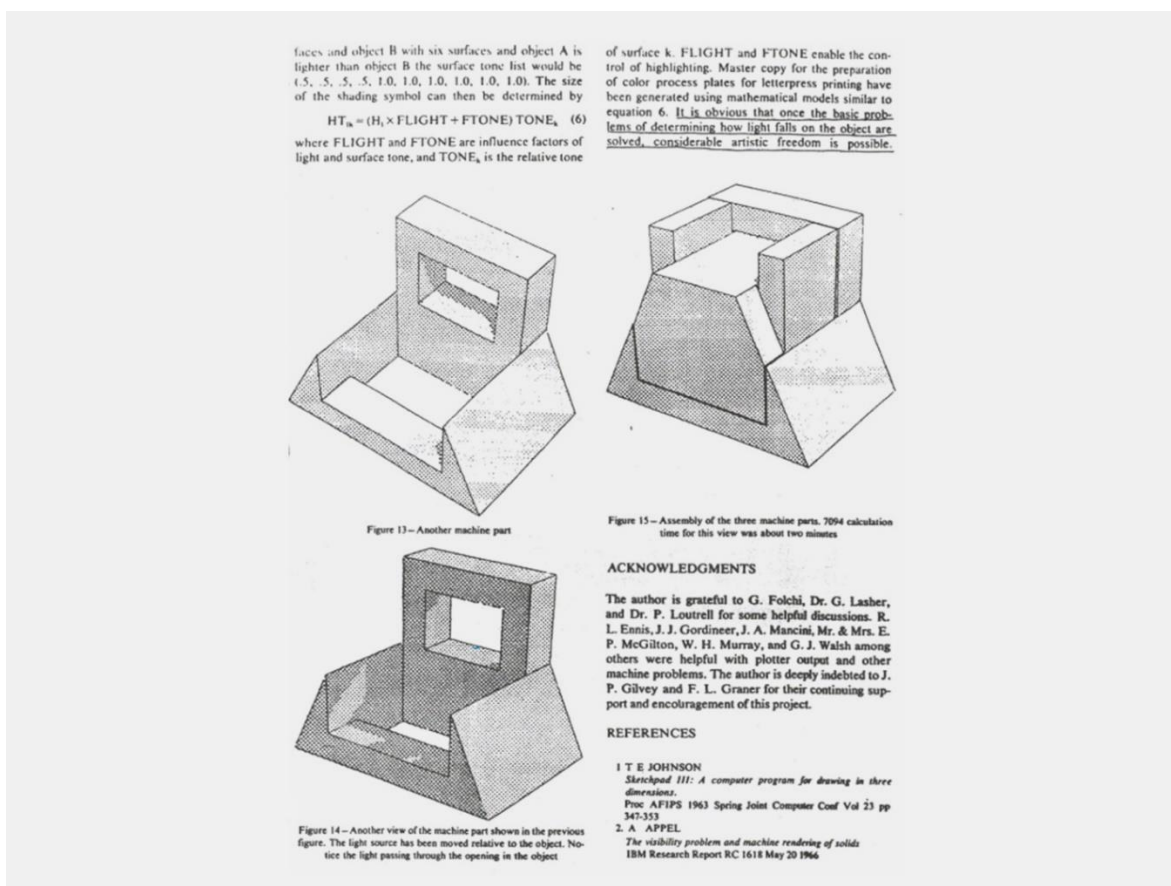


Рисунок 2. Arthur Appel / Some techniques for shading machine renderings of solids. Stanford University, 1968

Прорыв в развитии трёхмерной графики произошёл с появлением полигонального моделирования в 1970-е годы. Суть подхода заключалась в использовании плоских многоугольников в качестве универсальных структурных единиц: их совокупность образовывала сетчатую оболочку, задающую контуры объекта. За прошедшее время данная методика

претерпела множество улучшений, однако её базовые принципы сохраняются и в современных 3D-пакетах.

Этап реалистичной визуализации: поверхности, полигоны и глобальное освещение (1980-е – 1990-е годы). Отличительной чертой данного этапа стало резкое возрастание запроса на сложные формы и фотореалистичную визуализацию, что спровоцировало разделение трёхмерной графики на две ветви — инженерно-проектировочную (САПР) и художественно-визуализационную (CGI).

Для первой было характерно активное применение NURBS-технологии, основанной на математическом аппарате неоднородных рациональных B-сплайнов. Управление формой осуществлялось через контрольные точки и весовые коэффициенты, что позволяло достигать высокой точности при воспроизведении сложных органических контуров — например, кузовных панелей, авиационных фюзеляжей или корпусов бытовой техники.

Вторая ветвь, ориентированная на графику реального времени, делала ставку на полигональное моделирование. Объект здесь представлялся как сетка из плоских многоугольников — треугольников или четырёхугольников. Несмотря на меньшую математическую точность, этот подход оказывался предпочтительным с точки зрения производительности и скорости обработки.

Важной вехой стало исследование Джона Тёрнера Уиттеда (1980), который предложил метод рейтрейсинга — трассировки лучей, позволяющий значительно улучшить качество моделирования освещения.

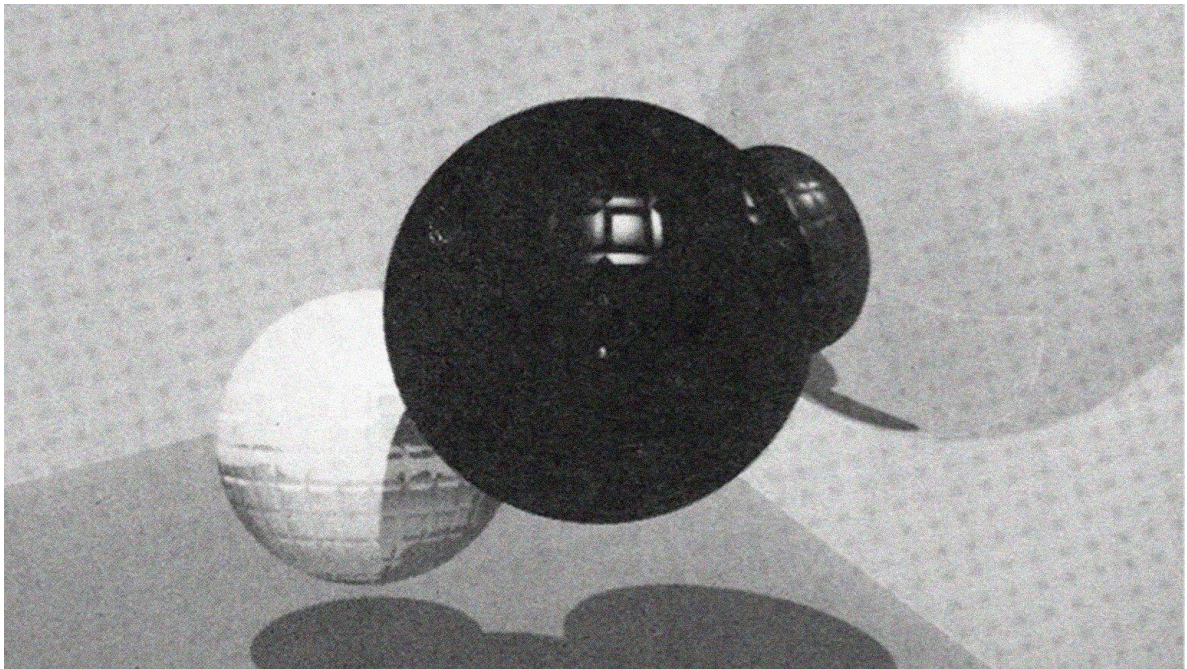


Рисунок 3. Turner Whitted / An improved illumination model for shaded display. 1980

Текстурирование — еще одна ключевая инновация этого периода. В 1983 году Джеймс Блинн предложил метод наложения двумерных изображений (текстур) на поверхности 3D-объектов. Это позволило значительно повысить детализацию моделей без увеличения количества полигонов.

Появление доступных графических рабочих станций (Silicon Graphics) и программных пакетов для ПК (3D Studio, LightWave 3D, позже Maya и Softimage) создало рынок цифровых художников. Индустрия разделилась: САПР развивала параметрическое проектирование на основе точных поверхностей, а индустрия развлечений работала с полигональными сетками, разрабатывая техники их оптимизации (LOD) и сжатия.

Параметризация и процедурная генерация: от геометрии к данным и правилам (конец 1990-х – 2020-е годы). Третий этап ознаменовал переход от манипуляции геометрией как таковой к работе с процессами ее создания и семантическими данными, ее описывающими. Это была эра, когда ключевым объектом управления стал не конечный результат, а цепочка правил, зависимостей и параметров, которые его

порождали. Центральным концептом стало процедурное моделирование, где объект генерировался алгоритмически на основе набора начальных условий и математических функций. Это позволило создавать невероятно сложные, часто стохастические формы, которые было бы невозможно или экономически нецелесообразно создавать вручную.

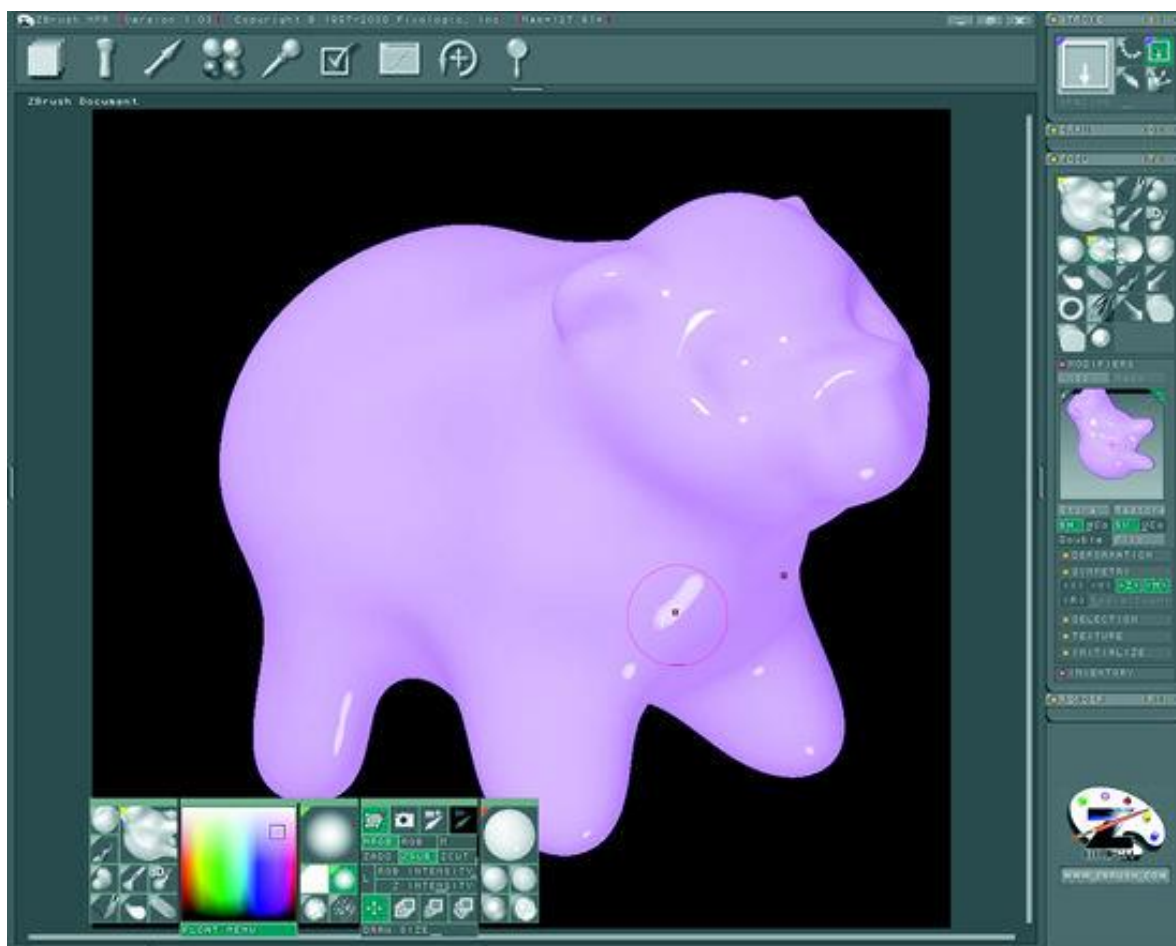


Рисунок 4. ZBrush 1.0 Review October 2000

В то же время на потребительском рынке уже существовал ряд программ для трёхмерного моделирования, таких как Caligari 24 (1992), Atari (1993) и TrueSpace (1994), однако их функционал был существенно ограничен по сравнению с профессиональными инструментами. Даже такая впоследствии влиятельная платформа с открытым кодом, как **Blender** (впервые представленная в 1994 году), обрела статус полнофункционального универсального пакета для создания трёхмерной графики лишь в результате многолетней эволюции, значительно позже указанного периода.

Начало 2000-х годов стало периодом революционных преобразований в области рендеринга — ключевого этапа графического конвейера, ответственного за создание конечного изображения на основе трёхмерного описания сцены. Данный этап ознаменовался формированием нового поколения алгоритмических и вычислительных методов визуализации, принципы которых продолжают составлять концептуальную и техническую основу современных систем компьютерной графики.

Начало 2000-х годов также ознаменовалось критическим переходом к программируемому шейдерному конвейеру, который позволил осуществлять аппаратно-ускоренный расчёт параметров освещения и визуальных свойств поверхностей на уровне отдельных вершин и пикселей. Этапным продуктом, реализовавшим потенциал новых технологий, стала игра *Half-Life 2* (2004), продемонстрировавшая комплексное применение продвинутых систем физического моделирования и реалистичной лицевой анимации, что определило новый отраслевой стандарт качества.

Несмотря на растущую распространённость персональных компьютеров в 1990-е годы, профессиональные технологии рендеринга оставались прерогативой специализированной индустрии. Вычислительные задачи визуализации выполнялись на высокопроизводительных рабочих станциях, чья мощность на порядок превосходила возможности бытовых ПК.

Знаковым событием, ускорившим сближение стандартов и повышение доступности, стал выход четвёртых версий популярных движков — *Unity* (2012) и *Unreal Engine* (2014). Движки начали активно применяться в неигровых областях, включая архитектурную визуализацию, промышленный дизайн, кинопроизводство и создание

иммерсивных симуляций, что свидетельствует о его переходе в универсальную платформу для создания интерактивного 3D-контента.

Чем больше становилось создателей соответствующего контента, тем больше появилось и разнообразных стилей в области 3D-графики. Помимо вышеупомянутого стремления к гиперреализму, не меньшей популярностью пользовались различного рода *стилизации*, в том числе *сел-шейдинг*.

Вершиной авторских экспериментов с 3D-графикой прошлого десятилетия вполне можно считать сериал-антологию «Любовь, смерть и роботы» (рис. 5), первый сезон которого вышел в 2019 году.



Рисунок 5. "Любовь. Смерть. Роботы"

Современный этап: интеллектуальные экосистемы и контекстуальная интеграция (2020-е годы – настоящее время). Последнее десятилетие ознаменовалось революционными изменениями в сфере 3D-графики, которые не только трансформировали существующие технологии, но и открыли принципиально новые направления развития. Понимание этих тенденций позволяет представить, какой будет трехмерная графика в ближайшем будущем.

Одним из главных прорывов стало внедрение искусственного интеллекта и машинного обучения в различные аспекты работы с 3D. Нейронные сети используются для:

- **Интеллектуальной оптимизации рендеринга** — системы определяют, где требуется больше вычислительных ресурсов для достижения качественного результата.
- **Денойзинга** — удаление шума на изображениях, что позволяет значительно сократить время рендеринга.
- **Апскейлинга** — увеличение разрешения изображений с сохранением деталей.
- **Генерации текстур и материалов** — создание фотореалистичных поверхностей на основе небольшого количества референсов.
- **Автоматической анимации** — синтез естественных движений персонажей на основе простых описаний.

В развитии технологий трёхмерной графики прослеживается прямая взаимосвязь между темпами прогресса и расширением спектра их применения. На начальных этапах разработки были жёстко привязаны к узкоспециализированным задачам — например, к созданию чертежей для нужд оборонно-промышленного комплекса. Однако на сегодняшний день трёхмерная графика превратилась в универсальный инструмент, востребованный в самых разных областях — от инженерии до искусства. Параллельно с этим существенно снизился порог входа в данную сферу: современные технологии стали значительно доступнее, что позволило широкому кругу пользователей осваивать соответствующие навыки.

На данный момент область 3D графики можно разбить на несколько ключевых направлений:

- 1) **Техническое проектирование и инженерия.** Это направление ориентировано на создание точных, функциональных и

оптимизированных объектов, подчиняющихся законам физики и требованиям производства.

- **Инженер-конструктор (CAD-специалист):** разрабатывает 3D-модели деталей, узлов и сложных сборок (например, двигателей, корпусов устройств). Использует системы автоматизированного проектирования (САПР/CAD) — Kompas-3D, SolidWorks, Autodesk Inventor. Ключевые компетенции: знание инженерной графики, теории машин и механизмов, материаловедения.
- **Специалист по аддитивным технологиям (3D-печати):** готовит модели для печати, выбирает материалы, оптимизирует конструкцию для снижения веса и затрат, обслуживает 3D-принтеры. Работает в тесной связке с инженерами-конструкторами.
- **Специалист по BIM (Building Information Modeling):** создаёт не просто модель здания, а комплексную информационную базу данных о нем, включая архитектуру, конструкции, инженерные системы, сроки и стоимость. Использует Revit, ArchiCAD. Востребован в строительстве и архитектуре.

2) **Архитектура, градостроительство и дизайн среды.** Направление ориентировано на проектирование и 3D-моделирование ландшафтов, интерьеров и архитектуры.

- **Архитектор:** создаёт объемные модели зданий и сооружений, прорабатывает планировочные решения, фасады, взаимодействует с ландшафтом. Использует ArchiCAD, Revit, SketchUp.

- **Ландшафтный дизайнер:** проектирует и визуализирует парки, сады, общественные пространства, используя 3D-модели растений, малых архитектурных форм и рельефа.
- **Дизайнер интерьеров:** разрабатывает и визуализирует внутреннее пространство помещений, подбирая и расставляя мебель, отделочные материалы, освещение. Использует 3ds Max, Blender, Corona Renderer.

3) **Медиа, развлечение и игровая индустрия (Gamedev development).** Одно из самых популярных и творческих направлений, сочетающий в себе точное создание реальных или вымышленных предметов, персонажей, техники, эффектов для реализации в фильмах, сериалах, играх.

- **3D-художник (моделлер):** создаёт полигональные сетки персонажей, существ, техники и объектов окружения для видеоигр, кино и анимации. Ключевые программы: Maya, Blender, ZBrush.
- **Художник по текстурам и материалам (Texture Artist):** "Раскрашивает" 3D-модели, создавая текстуры, которые имитируют различные материалы (кожу, металл, дерево), делая объект реалистичным или стилизованными.
- **Визуализатор (3D Generalist):** создаёт фотореалистичные или стилизованные изображения и анимации для, кино, игр, архитектурных проектов. Отвечает за весь цикл: моделирование, текстурирование, освещение, рендеринг.
- **Художник по VFX (Visual Effects):** создаёт 3D-эффекты для кино и игр — взрывы, огонь, дым, магические заклинания, разрушения с помощью специализированного ПО (Houdini).

4) **Промышленный и потребительский дизайн.** Проектирование технологически верных и в то же время удобных и визуально приятных предметов и техники.

- **Промышленный дизайнер:** проектирует внешний вид и пользовательский интерфейс бытовой техники, гаджетов, мебели, автомобилей. Его задача — сделать продукт не только красивым, но и удобным, технологичным в производстве. Использует Fusion 360, Rhino, SolidWorks.
- **Дизайнер-эргономист:** специализируется на создании 3D-моделей продуктов, которые идеально подходят под анатомию и психофизиологию человека.

5) **Маркетинг и реклама.** Создание привлекательных моделей для маркетинга.

- **3D-дизайнер для рекламы:** создаёт привлекательные 3D-визуализации продуктов для каталогов, сайтов и рекламных роликов, когда реальная съёмка невозможна или слишком дорога.

6) **Наука и медицина.** Прикладное и быстроразвивающееся направление, где 3D-моделирование решает жизненно важные задачи.

- **Биомедицинский инженер:** создаёт 3D-модели костных имплантатов и протезов, точно соответствующих анатомии конкретного пациента, на основе данных КТ и МРТ.
- **Специалист по медицинской визуализации:** преобразует данные диагностических исследований в точные 3D-модели органов для планирования сложных операций и обучения студентов.

- **Молекулярный дизайнер/Биоинформатик:** визуализирует сложные молекулярные структуры (белки, ДНК) для научных исследований и разработки новых лекарств.

Взяв за основу все вышесказанное можно выделить основные **перспективы развития 3D графики** в общем, а также в контексте обучения в школе.

Дальнейшее развитие трёхмерной графики обусловлено схождением нескольких основных технологических изменений. Ведущую роль среди них играет ориентация на фотореалистичный рендеринг в режиме реального времени, чему способствует как прогресс в области аппаратного ускорения, так и постоянное совершенствование вычислительных алгоритмов.

Одновременно с этим всё более активное внедрение получает искусственный интеллект: нейросетевые алгоритмы берут на себя оптимизацию процессов создания контента, а также открывают новые возможности в сфере апскейлинга и реконструкции изображений (DLSS, нейросетевой рендеринг).

Нельзя обойти вниманием и геополитический контекст, который оказывает существенное влияние на технологическую повестку. В частности, в кино-и-игроиндустрии всё более отчётливо проявляется запрос на создание независимых производственных цепочек и оригинальных технологических решений — от интерактивных сред до специализированных графических инструментов. Это, в свою очередь, делает крайне актуальной задачу подготовки национальных кадров в сфере компьютерной графики, визуальных эффектов и смежных областей.

Для школы ценность 3D-графики заключается в её дидактическом ресурсе: она помогает сделать абстрактный материал более доступным для восприятия и позволяет смоделировать процессы, которые в реальных условиях трудно или невозможно продемонстрировать.

Ключевым направлением является переход от пассивного потребления готовых 3D-моделей к активной творческо-конструкторской деятельности учащихся в доступных средах (**Blender**). Это формирует основы пространственного и алгоритмического мышления, а также способствует пониманию фундаментальных принципов компьютерной графики и математического моделирования.

Значительный потенциал заключается в методическом расширении инструментов геймификации, где 3D-графика выступает основой для создания серьезных образовательных игр, симуляторов и интерактивных квестов. Такие среды, моделирующие реальные профессиональные задачи (проектирование, научное исследование), способствуют повышению учебной мотивации, развитию личных навыков и ранней профессиональной ориентации в сферах, связанных с дизайном, IT и инжинирингом.

Интеграция с технологиями виртуальной и дополненной реальности (VR/AR) позволяет создавать интерактивные образовательные симуляции в естественно-научных дисциплинах (физика, химия, биология) и истории, обеспечивая эффект присутствия и безопасное проведение виртуальных экспериментов.

Таким образом, 3D-графика сегодня выходит за рамки узкой специализации, становясь междисциплинарным средством обучения. Она открывает новые возможности для формирования у школьников системного взгляда на проблемы и умения работать со сложными задачами — а это напрямую созвучно современным мировым образовательным трендам и стратегическим ориентирам нашей страны в сфере технологий.

§ 1.2. Профориентационная сущность 3D моделирования в контексте элективного курса общеобразовательной школы.

Действующая в России система общего образования, опирающаяся на требования Федерального государственного образовательного стандарта (ФГОС), в качестве одного из главных приоритетов закрепляет необходимость формирования у обучающихся целого ряда качеств, востребованных в современном социуме. Среди них — развитие критического и творческого мышления, поддержка познавательного интереса к инновационной деятельности, а также воспитание готовности к самостоятельной проектной работе.

В данном контексте особую актуальность приобретает задача целостного развития личности обучающегося. Речь идет не только о целенаправленном формировании инженерно-технических навыков, но и о системном развитии творческих способностей и художественного восприятия у школьников. Такой комплексный подход лежит в основе эффективной ранней профориентации. Он позволяет учащимся еще в школе раскрыть свой потенциал, соотнести свои склонности с будущей профессиональной деятельностью и осознанно подойти к выбору траектории дальнейшего обучения, что в полной мере соответствует стратегическим целям ФГОС.

Профориентационная задача элективного курса 3D-моделирования заключается в предоставлении обучающимся инструмента для осознанного профессионального самоопределения через практическое творчество. Он действует как "катализатор", помогая ученику узнать о новых, современных профессиях, о которых не говорят в школе, понять, насколько интересна для них будет профессия 3D художника, а также опробовать свои силы в профессиональных задачах. Помимо этого, курс поможет получить базовые навыки, которые будут необходимы будущему профессионалу в любой из перечисленных профессий и поможет сформировать понимание личного образовательного маршрута (какие дисциплины на ЕГЭ сдавать, в какой ВУЗ поступать).

Первый ключевой аспект. Демонстрация множества профессий.

Курс по 3D-моделированию обладает значительным междисциплинарным потенциалом и не ограничивается сферой информационных технологий. Он служит наглядным примером того, как освоение одного универсального инструмента открывает путь к множеству современных профессий. Это позволяет учащимся на практике познакомиться с различными направлениями деятельности и сделать более осознанный выбор своей индивидуальной траектории для последующего углубленного образования. Конкретные примеры таких профессий, связанных с 3D-технологиями, были приведены в предыдущем параграфе.

Профориентационный результат курса заключается в следующем: обучающиеся не просто узнают о специальностях теоретически, а непосредственно видят типичные результаты труда представителей этих профессий — например, цифровые модели, визуализации или анимации. Эта практическая вовлеченность дает им возможность оценить специфику разных направлений работы, соотнести ее со своими интересами и склонностями, и, как следствие, самостоятельно определить наиболее подходящую для себя область дальнейшего профессионального развития.

Второй ключевой аспект. Развитие личностных навыков.

Курс рассчитан в первую очередь на получение навыков, как профессиональных, так и личностных. К этим навыкам относятся:

- *Проектное мышление.* Обучающийся научится строить у себя в голове поэтапный план создания 3D модели от эскиза (референса) до готового продукта.
- *Пространственное воображение.* Ключевой навык для большинства художников, инженеров, архитекторов. Помогает чувствовать расстояние, размеры и пропорции глядя на изначальный референс.

- *Внимание к деталям и точность работы.* Очень важно понимать техническую составляющую отдельной профессии. Неправильный размер или стык — и деталь нельзя напечатать или использовать в сборке. Недостаточная детализация предмета — промах по стилистике.

- *Решение проблем.* На пути 3D художника, во время производства, проблемы — нормальное явление. Важно знать, как они решаются и подходить к этому с правильно.

- *Креативность и техническая дисциплина.* Важно понимать баланс между творческим замыслом и техническими требованиями и/или ограничениями программной среды.

Третий ключевой аспект. Ранняя профессиональная проба.

Обучающийся получает возможность опробовать себя в профессии 3D художника: понять суть этой профессии изнутри, примерить на себя роль 3D художника и осознать свое отношение к это профессии. Он сможет ответить на вопросы: нравится ли мне эта профессия?

Реализация описанной профориентационной сущности элективного курса достигается не только через общую структуру занятий, но и через систему специально разработанных практических заданий — профессионально-ориентированных кейсов. Каждый такой кейс представляет собой мини-проект, моделирующий реальную задачу из конкретной профессиональной области (архитектура, геймдев, дизайн интерьеров, скульптинг, аддитивные технологии). В отличие от изолированных упражнений на освоение инструментов, кейс воспроизводит полный или фрагментированный производственный пайплайн: от анализа референсов и блокинга до UV-развёртки, текстурирования или подготовки к печати. Это позволяет учащемуся не просто узнать о профессии, а прожить типичный рабочий процесс, ощутив

уровень ответственности, характер мыслительных задач и специфику требований к результату.

В рамках разработанного элективного курса по Blender созданы три сквозных кейса, каждый из которых ориентирован на различные группы профессий и этапы формирования профессионального самоопределения.

Кейс № 1 «Создание здания поста охраны»

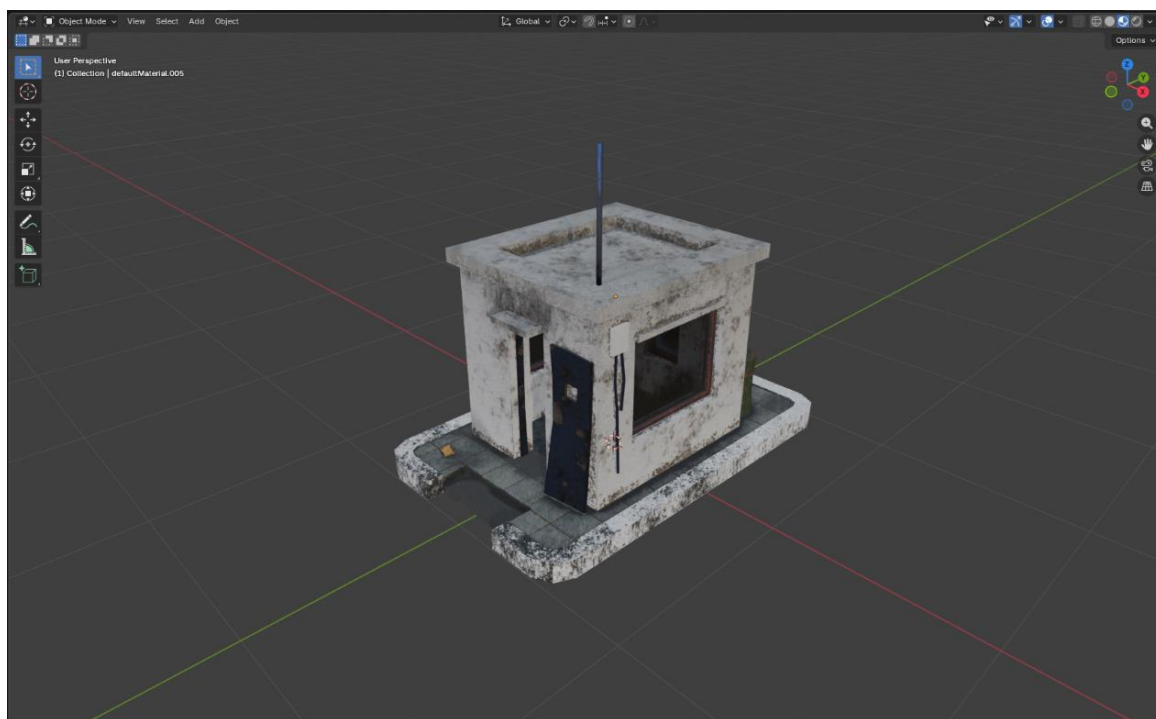


Рисунок 6. Кейс №1. КПП

Данный кейс нацелен на ознакомление с задачами архитектора, 3D-художника окружения (3D Environment Artist) и художника уровней (3D Level Artist). Учащийся проходит путь от сбора референсов и построения основных форм до детализации, UV-развёртки и текстурирования заброшенного сооружения. При этом особое внимание уделяется принципу «от общего к частному», работе с пропорциями, разумному использованию бесшовных текстур и декалей. Кейс демонстрирует, как одна и та же модель может рассматриваться с инженерной (архитектор) и художественно-игровой (художник окружения) точек зрения, помогая

ученику определить свою склонность — к точности и чертежам или к атмосферности и реализации истории объекта.

Первый этап. Формирование референсной базы (рефборд).

Учащийся ищет и систематизирует изображения объекта с разных ракурсов: фасад, вид сбоку, сверху, в трёхчетвертном повороте. Также собирает фотографии деталей, возможных текстур и окружающей обстановки.

Личностные навыки: развивается внимание к деталям, аналитическое мышление, умение структурировать визуальную информацию, критически оценивать качество источников.

Профессиональные навыки: формируется понимание принципов построения профессионального рефборда, различие подходов архитектора и художника окружения.

Второй этап. Блокинг.

На основе референсов ученик строит фундамент, стены, крышу из простых примитивов, строго контролируя пропорции. Использует в создании различные инструменты (Extrude, Loop cut).

Личностные навыки: активно задействуется пространственное мышление, развивается терпение, умение видеть структуру сложного объекта и планировать последовательность действий.

Профессиональные навыки: осваиваются инструменты работы с полигональной сеткой, закрепляется принцип «от общего к частному», отрабатывается навык работы с примитивами и базовыми модификаторами.

Третий этап. Детализация.

Учащийся добавляет мелкие объекты окружения (старые бочки, порванный картон, деформированную дверь) — всё то, что создаёт атмосферу «заброшенности». Выполняет скругление углов там, где это необходимо.

Личностные навыки: раскрывается креативность, чувство композиции, умение передавать настроение через окружение; воспитывается аккуратность и усидчивость.

Профессиональные навыки: приобретается опыт создания объектов окружения (prop), работа с модификатором Bevel, понимание баланса между достаточной детализацией и оптимизацией сцены.

Четвёртый этап. UV-mapping.

Обозначаются швы (Mark Seam) на скрытых или малозаметных рёбрах модели, затем выполняется развёртка (Unwrap) — поверхности раскладываются на плоскость для последующего наложения текстур.

Личностные навыки: требуется системное мышление, терпение, внимательность к тем частям модели, которые не будут видны конечному зрителю, а также логическое планирование разрезов.

Профессиональные навыки: закрепляется понимание принципов UV-маппинга, умение располагать швы на незаметных местах, минимизировать искажения, пользоваться UV-редактором Blender.

Пятый этап. Тримм Текстурирование.

Настраиваются шейдеры, подключаются бесшовные текстуры (триммы), UV-острова распределяются в двумерном пространстве текстурной карты.

Личностные навыки: развивается наглядно-образное мышление, чувство материала (металл, бетон, дерево), эстетический вкус, умение добиваться целостного визуального образа.

Профессиональные навыки: учащийся осваивает нодовую систему шейдеров Blender, применяет PBR-текстуры, настраивает масштаб и повторяемость материала, понимает разницу между подходом архитектора (чистые, условные материалы) и художника окружения (акцент на износ и атмосферу).

Итог по кейсу №1: учащийся проживает полный цикл создания архитектурно-игрового окружения, учится различать задачи архитектора (чертежи, точность размеров) и художника окружения (атмосферность, сторителлинг), что помогает ему определить свою склонность — к техническому или художественному направлению.

Кейс № 2. Создание 3D-модели барного стула

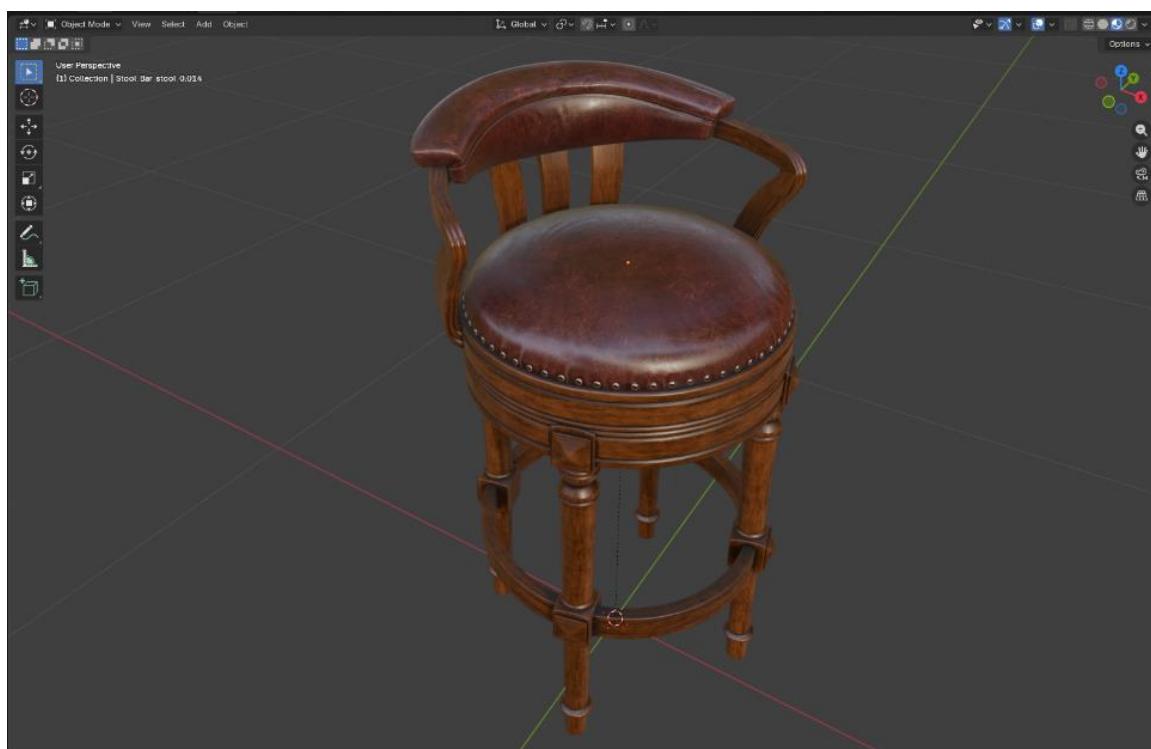


Рисунок 7. Кейс №2. Барный стул

Второй кейс погружает в деятельность дизайнера интерьеров и 3D-художника по объектам (3D Prop Artist). Задание акцентирует различия в подходах: если для дизайнера достаточно выразительной формы и «чистого» рендера с использованием готовых материалов, то художник по объектам должен продумать уникальное текстурирование и, при необходимости, оптимизацию сетки под игровые движки. На примере симметричного предмета мебели отрабатываются приёмы работы с модификаторами (Mirror, Array, Subdivision Surface), создание поддерживающих рёбер и построение качественной UV-развёртки. Таким

образом, учащийся не только осваивает технику, но и сравнивает две смежные специальности, что способствует более нюансированному профессиональному самоопределению.

Первый этап. Рефборд.

Ученик находит фотографии выбранного барного стула с разных ракурсов (при возможности — виды в ортогональной проекции). Дополнительно собирает изображения с характерными следами использования (царапины, потёртости, сколы), фактуры дерева, ткани, металла.

Личностные навыки: проявляется исследовательский интерес, внимательность, умение отбирать только качественные и релевантные изображения.

Профессиональные навыки: учащийся учится различать требования к референсам для дизайна интерьера (чистая, презентабельная форма) и для создания игрового пропа (износ, уникальность, текстура).

Второй этап. Блокинг.

Из примитивов (кубы, цилиндры, сферы) собирается общая форма стула. Используется модификатор Mirror по двум осям для симметричного создания ножек. Спинка моделируется методом выдавливания из плоскости.

Личностные навыки: активно работает пространственное воображение, планирование, умение аналитически разбить сложную форму на простые геометрические тела.

Профессиональные навыки: отрабатывается моделирование из примитивов, применение модификатора Mirror, техника выдавливания, позиционирование объектов для обеспечения идеальной симметрии.

Третий этап. Детализация.

Добавляются мелкие элементы: заклёпки, декоративные пирамидки на ножках, накладки. При этом используются как ручное моделирование, так и модификатор Array (массив) для повторяющихся деталей.

Личностные навыки: раскрывается креативность, внимание к деталям, терпение, умение эффективно работать с повторяющимися элементами.

Профессиональные навыки: закрепляется работа с модификаторами Array и Mirror; ученик понимает, в каких случаях уместно применить массив, а где требуется ручная проработка.

Четвертый этап. Подготовка к сглаживанию.

Сетка модели перестраивается так, чтобы она состояла преимущественно из четырёхугольников (квадров). Вдоль формообразующих граней добавляются поддерживающие петли рёбер (Support Loops) с помощью инструментов Bevel (ctrl+B) и Loop Cut, чтобы при применении модификатора Subdivision Surface не возникало артефактов, и форма оставалась чёткой.

Личностные навыки: требуется техническая дисциплина, аккуратность, терпение, строгая последовательность действий.

Профессиональные навыки: формируется понимание топологии сетки, умение пользоваться Bevel и Loop Cut, готовить модель к сглаживанию, различать mid-poly и high-poly пайплайны.

Пятый этап. UV-mapping

Наносятся швы, выполняется развёртка уникальной UV-карты для последующего текстурирования. Подчёркивается, что подход к текстурированию у дизайнера интерьера (использование готовых смарт-материалов) и у художника по объектам (создание уникальных текстур с нуля) будет разным, но UV-развёртка нужна в обоих случаях.

Личностные навыки: логическое мышление, терпение, внимание к тем поверхностям, которые будут не видны конечному пользователю.

Профессиональные навыки: закрепляется построение UV-карты, расположение швов на скрытых рёбрах, минимизация искажений, подготовка модели к запеканию карт нормалей и текстурированию.

Итог по кейсу №2: учащийся осваивает «золотую середину» 3D-моделирования — предметный дизайн. Он понимает разницу между визуализацией для интерьера (скорость, презентабельность, готовые материалы) и созданием игрового пропа (оптимизация, уникальные текстуры, запекание). Это помогает определиться между более художественным (дизайнер) и более техническим (проп-артист) профилем внутри 3D-графики.

Кейс № 3. Скульптинг портрета человека

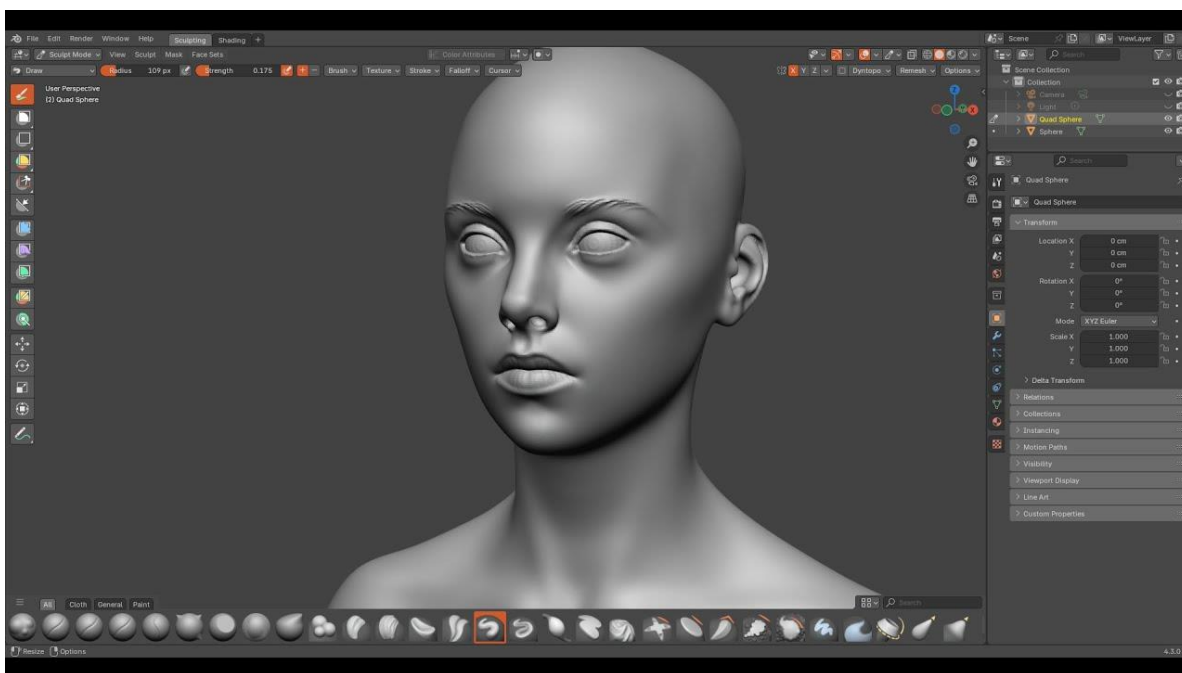


Рисунок 8. Кейс №3. Скульпт портрета человека.

Третий кейс знакомит учащихся с совершенно иным подходом к 3D-моделированию — цифровым скульптингом, который лежит в основе таких профессий, как художник по персонажам (3D Character Artist), скульптор и специалист по аддитивным технологиям. В отличие от полигонального моделирования, здесь на первый план выходят не столько технические приёмы, сколько анатомическая грамотность, способность чувствовать органическую форму и умение постепенно наращивать

детализацию — от общих объёмов к фактуре кожи, текстуре пор и микроморщинам. Кроме того, в рамках задания предусмотрена опциональная подготовка модели к 3D-печати, что открывает перед школьниками перспективу работы в сфере прототипирования и аддитивных производств.

Первый этап. Рефборд.

Ученик собирает фотографии лица человека в разных ракурсах, анатомические схемы мышц головы и шеи или же использует предложенные в рамках выполнения сквозного кейса.

Личностные навыки: развивается наблюдательность, появляется устойчивый интерес к анатомии, стремление к реализму, аналитический подход к живой форме.

Профессиональные навыки: формируется понимание роли именно анатомических референсов (не чертежи объёмов, а пластика живого тела); ученик отличает их от референсов для моделирования техники.

Второй этап. Блокинг.

Голова, шея, трапециевидные мышцы, уши создаются из простых примитивов (сфера, цилиндр, пирамида) с соблюдением основных пропорций (условное расположение глазниц, носа, рта).

Личностные навыки: требуется пространственное воображение, тонкое чувство пропорций, терпение.

Профессиональные навыки: осваивается сборка органической формы из простых мешей, предварительное позиционирование элементов, понимание необходимости сшивания геометрии для последующего скульптинга.

Третий этап. Низкоуровневый скульпт.

Все отдельные меши объединяются, выполняется сшивка сетки (Remesh или ДунТоро). Учащийся начинает работать с основными кистями скульптинга: Clay (добавление массы), Grab (перемещение

больших объёмов), Smooth (сглаживание), Inflate (надувание). Прорабатываются глазницы, скулы, нос, губы, крупные мышцы шеи.

Личностные навыки: воспитывается усидчивость, умение «не цепляться» за мелкие детали раньше времени, терпимость к несовершенству на ранних этапах, способность двигаться от общего к частному.

Профессиональные навыки: осваиваются базовые кисти скульптинга, навигация в скульпт-режиме Blender, закрепляется принцип работы крупными мазками без проработки мелких форм, контроль общего силуэта.

Четвертый этап. Среднеуровневый скульпт.

Начинается уточнение анатомии: формируются уникальные черты лица (форма носа, губ, разрез глаз), добавляются носогубные складки, прорабатывается челюсть, уши, сглаживаются и уточняются переходы между объёмами.

Личностные навыки: включается внимание к деталям на новом уровне, требуется анатомическая грамотность, художественный вкус, пластическое чутьё.

Профессиональные навыки: ученик осваивает работу с кистями разного размера и силы давления (динамика), учится добавлять анатомически достоверные объёмы, создавать выразительность портрета без излишней микродетализации.

Пятый этап. Микродетализация.

Прорабатывается фактура кожи: поры, мелкие морщины, текстура губ, любые уникальные дефекты (родинки, шрамы). Используются альфа-текстуры и кисти с высокой интенсивностью, но избирательно.

Личностные навыки: проявляется перфекционизм, максимальная усидчивость, терпение, а также умение вовремя остановиться (чувство меры в детализации).

Профессиональные навыки: закрепляется использование альфа-карт для пор, настройка интенсивности кистей и размера мазка, точная работа с микрообъёмами; формируется понимание, когда дальнейшая детализация становится избыточной для поставленной задачи.

Шестой этап. Подготовка к 3D-печати. (Опционально)

Модель проверяется на «манифолд» (замкнутость, отсутствие дырок), масштабируется, ориентируется на виртуальной платформе, экспортируется в формат STL.

Личностные навыки: ответственность за конечный физический продукт, технологическое мышление, понимание ограничений реального производства.

Профессиональные навыки: приобретаются основы аддитивных технологий, умение экспортировать модель в STL, проверять геометрию на готовность к печати, настраивать масштаб и положение.

Итог по кейсу №3: учащийся погружается в самую творческую и трудоёмкую область 3D-графики — цифровой скульптинг. Он осознаёт критическую важность анатомической базы, учится различать задачи художника персонажей и скульптора для кинематографа или 3D-печати. Кейс также даёт представление о профессии специалиста по аддитивным технологиям как отдельной нише.

Системное прохождение трёх кейсов формирует у обучающегося сквозные компетенции:

Личностные: пространственное мышление, креативность, внимание к деталям, терпение и усидчивость, способность планировать долгосрочную работу (проектное мышление), умение доводить начатое до завершённого результата, аналитическое мышление, самоконтроль, критическое восприятие референсов.

Профессиональные: полигональное моделирование, работа с примитивами и основными модификаторами (Mirror, Array, Bevel,

Subdivision Surface), UV-развёртка, нодовое текстурирование (базовый уровень), базовые техники скульптинга, основы освещения и рендера, экспорт под 3D-печать (ознакомительно).

Проведённый в данном параграфе анализ позволяет утверждать, что элективный курс по основам 3D-моделирования, реализуемый в средней и старшей школе, обладает глубокой профориентационной сущностью, которая раскрывается по трём взаимосвязанным направлениям.

Во-первых, курс выполняет функцию «навигатора» в мире современных профессий. Он демонстрирует учащимся, что владение одним универсальным инструментом (**Blender**) открывает доступ к десяткам специальностей в архитектуре, инженерии, геймдеве, дизайне интерьеров, медицине, рекламе и аддитивных технологиях. Учащийся не просто узнаёт названия профессий, а видит конкретные результаты труда представителей этих профессий — созданные своими руками цифровые модели, визуализации, скульпты.

Во-вторых, курс целенаправленно развивает у учащихся личностные качества, востребованные в любой сфере профессиональной деятельности. Среди них — умение мыслить пространственно и выстраивать логику проекта, скрупулёзное отношение к деталям, способность находить выход из нестандартных ситуаций и сочетать творческий подход с технической исполнительностью. Именно такие навыки, которым традиционная школа уделяет недостаточно внимания, в дальнейшем становятся основой для успешного включения выпускников в цифровую экономику.

В-третьих, курс обеспечивает раннюю профессиональную пробу — ученик не наблюдает за деятельностью специалиста со стороны, а сам проживает типичные производственные задачи: от анализа референсов и блокинга до UV-развёртки, текстурирования или подготовки модели к печати.

Предложенная система из трёх профессионально-ориентированных кейсов служит практической реализацией этих теоретических положений. Каждый кейс моделирует реальный пайплайн из конкретной отрасли и позволяет учащемуся осознанно сравнить разные специализации: архитектора и художника окружения, дизайнера интерьера и 3D-художника по объектам, художника персонажей и специалиста по 3D-печати.

Таким образом, профориентационная сущность 3D-моделирования в контексте школьного элективного курса заключается не в узком акцентировании на конкретную вакансию, а в создании условий для осознанного профессионального самоопределения через практическое знакомство с широким спектром цифровых профессий, развитие универсальных личностных качеств и формирование базовых профессиональных компетенций. Именно такой подход превращает элективный курс из простого факультатива по работе в программе в эффективный инструмент построения индивидуальной образовательной и карьерной траектории в условиях быстро меняющегося рынка труда.

Итоги главы

В первой главе решены следующие исследовательские задачи: охарактеризована трёхмерная компьютерная графика как базовый инструмент цифровых профессий (проанализированы история, эволюция, ключевые направления и перспективы), а также раскрыта профориентационная сущность 3D-моделирования применительно к элективному курсу в средней и старшей школе.

Показано, что 3D-графика прошла путь от узкоспециализированных инженерных приложений до междисциплинарной области, охватывающей архитектуру, геймдев, промышленный дизайн, медицину, маркетинг и аддитивные технологии. Современный этап характеризуется интеграцией

искусственного интеллекта, трассировкой лучей в реальном времени и распространением иммерсивных сред, что повышает спрос на квалифицированные кадры.

Профориентационный потенциал элективного курса реализуется по трём направлениям: демонстрация множества профессий, связанных с одним инструментом; формирование личностных навыков; обеспечение ранней профессиональной пробы через выполнение практических кейсов. Разработанные кейсы моделируют реальные производственные пайплайны и позволяют учащимся осознанно сравнить различные специализации.

ГЛАВА II. ОСНОВЫ И ПРИНЦИПЫ ОБУЧЕНИЯ ТРЕХМЕРНОЙ ГРАФИКИ.

Во второй главе представлено развернутое описание элективного курса «Основы трехмерной графики в программе Blender». Раскрыта техническая составляющая курса, обоснованы принципы организации образовательного процесса. Также изложены педагогические рекомендации по последовательному освоению курса с учетом возрастных особенностей учащихся 8–11 классов.

Отдельное внимание уделено результатам апробации курса: представлены данные педагогического наблюдения, сравнительный анализ учебных достижений и выполненных обучающимися проектов. На основе анализа конкретных работ учащихся сформулированы выводы об эффективности предлагаемой методики, выявлены типичные трудности и предложены пути их преодоления.

§ 2.1. Основы обучения 3D графике: принципы образовательного процесса в рамках элективного курса.

Процесс обучения основам трёхмерной графики характеризуется рядом специфических особенностей, обусловленных уникальной природой сферы 3D-моделирования как дисциплины, сочетающей художественные, инженерные и программно-технические навыки. Проведённый анализ научно-методической литературы свидетельствует о том, что на сегодняшний день отсутствуют целостные методические системы преподавания данной предметной области, адаптированные к условиям общеобразовательной школы. Данное обстоятельство актуализирует необходимость определения и обоснования ключевых требований и дидактических принципов организации образовательного

процесса, выстроенных с учётом возрастных особенностей, когнитивных возможностей и уровня технологической подготовки обучающихся средней и старшей ступени общего образования.

Во-первых, вхождение в индустрию трёхмерной графики характеризуется объективно высоким пороговым уровнем: профессиональное программное обеспечение, к разряду которого относится Blender, обладает внутренней логикой и интерфейсными решениями, далеко не очевидными для начинающего пользователя, а понимание фундаментальных принципов работы с трёхмерным пространством требует владения специализированными навыками, формирование которых сопряжено со значительными временными затратами и существенными интеллектуальными усилиями.

Учитывая данное обстоятельство, структура разработанного курса предусматривает развёрнутый теоретический модуль, неразрывно связанный с практическим освоением базовых инструментов и операций в программе; такая организация учебного процесса нацелена на обеспечение максимально плавного погружения в профессиональную среду, поскольку избыточная когнитивная нагрузка на начальном этапе способна вызвать резкое падение мотивации и, как следствие, отказ обучающихся от продолжения обучения.

Также в курсе реализован визуально-деятельностный подход с педагогической поддержкой интерфейса. Обучение строится на одновременной демонстрации действий педагогом и их немедленном выполнении учащимися. Из-за высокой сложности Blender вводится система тренировочных упражнений на запоминание горячих клавиш и понимание режимов работы.

Во-вторых, существенное значение в организации учебного процесса приобретает его практическая направленность, что обусловлено самой природой трёхмерной графики как проектно-ориентированной

области деятельности. Теоретические знания, не подкреплённые непосредственным практическим применением, утрачивают свою дидактическую ценность.

В этой связи в структуре курса значительный объём учебного времени целенаправленно отведён на практическое освоение инструментария Blender, что обеспечивает корректный перенос ранее усвоенных теоретических положений в плоскость реальных производственных задач.

Кроме того, выполнение практических заданий позволяет каждому обучающемуся не только закрепить формируемые навыки, но и осуществить первичную профессиональную апробацию — понять специфику и примерить на себя ту или иную профессиональную роль, востребованную в индустрии трёхмерной графики.

В-третьих, Непосредственный педагогический контроль выступает в качестве одного из ключевых условий успешного освоения курса, поскольку позволяет своевременно направлять учебную деятельность обучающегося, оперативно помогать в решении возникающих ошибок и оказывать адресную помощь в преодолении объективно сложных моментов. Принимая во внимание высокую когнитивную нагрузку, сопряжённую с изучением трёхмерной графики, в программу курса по основам 3D-моделирования в среде Blender намеренно заложен принцип непрерывного педагогического сопровождения, охватывающий все этапы практической работы учащихся и органично включающий в себя механизмы корректировки.

Методы такой корректировки могут варьироваться в зависимости от индивидуальных потребностей обучающихся: одни школьники нуждаются в дополнительных занятиях для отработки практических навыков, другие — в индивидуальных консультациях, направленных на углублённое понимание теоретического материала. Принципиально

важно отметить, что корректировочные воздействия не являются однонаправленными: их инициатором может выступать и сам обучающийся, предлагая преподавателю собственный способ интерпретации материала, облегчающий его восприятие. Кроме того, значимым ресурсом педагогической поддержки служит взаимное обучение, в ходе которого ученики обмениваются знаниями и практическим опытом.

В-четвертых, процесс обучения основам трёхмерной графики может носить итеративный характер. Первичное знакомство со сложными концепциями данной предметной области нередко сопряжено с трудностями, вследствие чего часть обучающихся оказывается не в состоянии усвоить материал с первого предъявления. Итеративное обучение предоставляет возможность многократного возвращения к ключевым темам до достижения устойчивого усвоения. Реализация этого принципа обеспечивается как за счёт систематического повторения материала в ходе лекционных и практических занятий, так и посредством привлечения дополнительных образовательных ресурсов, включая учебные пособия и специализированную литературу.

В-пятых, педагогический контроль выступает в качестве инструмента обратной связи, позволяющего как преподавателю, так и обучающимся объективно оценить достигнутый уровень понимания учебного материала. Для верификации степени усвоения знаний и сформированности практических навыков преподаватель может использовать различные формы контроля, включая тестирование, экзамены, домашние задания и практические проекты. Систематическое применение указанных форм обеспечивает своевременное выявление обучающимися собственных ошибок и пробелов в знаниях, а преподавателям, в свою очередь, предоставляет эмпирические основания для оперативной коррекции содержания и методики обучения, что в

конечном счёте способствует повышению качества всего образовательного процесса.

Вышеописанные принципы в полной мере могут покрыть требования к построению педагогического процесса при обучении основам трёхмерной графики. При их построении основной упор был сделан на сложность сферы и реальные способности учащихся выбранного диапазона (8-11 классы).

Практическая реализация целесообразность организации образовательного процесса в рассматриваемой предметной области находит своё выражение в обоснованной потребности её реализации в формате элективного курса. Ниже приводятся ключевые аргументы, показывающие важность внедрения данного элективного курса в учебный план:

1. Профориентационная самореализация. Курс создаёт условия для осознанного профессионального самоопределения обучающихся через погружение в реальные задачи CGI-индустрии, позволяя каждому учащемуся примерить на себя роли 3D-моделлера, визуализатора или художника по текстурам, что способствует формированию устойчивого профессионального интереса.

2. Подготовка будущих специалистов. Раннее освоение фундаментальных принципов трёхмерного моделирования закладывает кадровый потенциал для динамично развивающихся отраслей — игровой индустрии, кинопроизводства, архитектурной визуализации и промышленного дизайна, обеспечивая преемственность между школьным, вузовским и корпоративным этапами подготовки.

3. Развитие профессиональных и личностных навыков. Постоянная практика создания трёхмерных объектов даёт школьникам не только технические навыки, но и развивает ключевые личностные

качества: умение мыслить в объёме и алгоритмах, чувство формы и композиции, терпение и способность выстраивать длительные пошаговые процессы. Одновременно с этим вырабатываются универсальные компетенции, необходимые в любой профессиональной деятельности — самоорганизация, рефлексивный подход и умение укладываться в сроки.

4. Новые горизонты. Стартапы. Навыки работы в Blender открывают перед школьниками реальную возможность создавать собственные цифровые артефакты — будь то анимация, игровые модели или 3D-печатные прототипы. Это не только обогащает их портфолио, но и формирует деловое мышление: ученик учится видеть в своём увлечении потенциальный бизнес-продукт. Полученный опыт служит надёжной отправной точкой для участия в стартап-проектах или для запуска собственных инициатив в сфере цифрового производства.

5. Участие в исследованиях и конкурсах. Приобретённые навыки и знания открывают перед школьниками двери в широкий спектр конкурсных и научных мероприятий: олимпиады по компьютерной графике, хакатоны, конкурсы цифрового творчества, а также научно-практические конференции. Участие в них не только даёт возможность получить внешнюю оценку своих достижений, но и заметно усиливает учебную мотивацию, придавая образовательной деятельности дополнительный смысл.

Резюмируя вышеизложенное, можно заключить, что разработанный курс носит выраженный пропедевтический и профориентационный характер. Подобное сочетание представляется педагогически оправданным, поскольку оно обеспечивает плавное погружение в профессиональную сферу и предоставляет обучающимся возможность незамедлительно апробировать собственные силы в решении базовых задач, типичных для той или иной специальности индустрии трёхмерной графики. В ходе освоения программы учащиеся не только получают

системные представления о профессии и её актуальности на современном рынке труда, но и изучают её внутреннюю логику, а также применяют приобретённые навыки в практической плоскости.

Вместе с тем необходимо учитывать, что изучение трёхмерной графики является сложным многосоставным процессом, предъявляющим повышенные требования к концентрации внимания и уровню когнитивного развития обучающихся. Данное обстоятельство диктует ряд принципиальных организационно-педагогических условий.

Во-первых, прикладное освоение данной сферы с использованием профессионального инструментария может быть признано целесообразным исключительно для учащихся 8–11 классов. Попытка внедрения курса в более ранние возрастные периоды сопряжена с риском возникновения фундаментальных трудностей как в понимании теоретических концептов, так и в практическом оперировании программным обеспечением.

Во-вторых, объективная сложность учебного материала существенно ограничивает возможности реализации курса в дистанционном формате, особенно на начальных этапах обучения. Проведение занятий в удалённом или смешанном режиме допустимо лишь при условии, что педагог обладает высокой степенью уверенности в собственных профессиональных компетенциях и отдаёт себе отчёт в том, что способен эффективно разрешать любые проблемные ситуации, возникающие у обучающихся, без непосредственного физического вмешательства в их рабочую среду.

Помимо вышесказанного, необходимо подчеркнуть, что выполнение итогового самостоятельного задания, предполагающего элемент выбора, является обязательным требованием для успешного завершения курса каждым обучающимся независимо от возрастной группы. Данный компонент выступает интегрирующим звеном,

позволяющим объективировать степень овладения запланированными образовательными результатами.

Обобщая охарактеризованные потребности и особенности обучения основам трёхмерной графики, следует сделать вывод о том, что оптимальной формой организации учебного процесса выступает очная. Смешанный формат может рассматриваться в качестве допустимой альтернативы лишь при условии чёткого осознания преподавателем потенциальных сложностей и наличия у него инструментария для их оперативного устранения.

Очный формат обучения — это форма организации образовательного процесса, при которой обучающиеся и педагог находятся в непосредственном физическом контакте в одном месте и в одно время. В отличие от дистанционного (электронного) обучения, очная форма предполагает синхронное взаимодействие «лицом к лицу», что позволяет оперативно осуществлять демонстрацию практических действий, обеспечивать немедленную обратную связь, корректировать ошибки в реальном времени и поддерживать необходимую учебную дисциплину. Классическими признаками очной формы являются: регулярное посещение занятий в специально оборудованном помещении (компьютерный класс), непосредственный контакт педагога с каждым учащимся и возможность коллективного обсуждения возникающих проблем.

Очная форма обучения в рамках разработанного элективного курса признана единственно целесообразной в силу ряда взаимосвязанных факторов. Прежде всего, это высокая сложность первоначального освоения интерфейса и навигации в профессиональном 3D-пакете Blender. Большинство типичных ошибок, к которым относятся неправильное вращение камеры, путаница между объектным режимом и режимом редактирования, случайное выделение не тех элементов, наиболее

эффективно исправляются именно в момент их совершения — путём прямой демонстрации и комментария педагога.

Дистанционный формат, при котором обратная связь отсрочена, значительно повышает риск закрепления неверных навыков. Практическая часть курса, особенно этап совместного создания сцены, требует синхронного выполнения действий по образцу. Учащиеся должны повторять каждое действие преподавателя сразу после его демонстрации; любая временная задержка или асинхронность приводят к накоплению ошибок и резкому снижению темпа работы, что делает невозможным достижение запланированных образовательных результатов.

Существенное значение имеют требования к техническому контролю. Компьютерный класс, даже при наличии относительно слабых машин, позволяет унифицировать программное окружение: обеспечить единую версию Blender, одинаковые настройки интерфейса и предустановленные аддоны. При очном обучении педагог может оперативно проверить состояние рабочих станций и устранить технические неполадки на месте, тогда как в дистанционном формате подобная диагностика затруднена или требует дополнительных временных затрат.

К числу весомых доводов в пользу очного обучения относится и его социально-психологическая ценность. Совместная деятельность в аудитории создаёт среду, где возникает естественная конкуренция, взаимопомощь и обмен мнениями о выполненных работах, что непосредственно влияет на развитие проектного мышления и умения давать обоснованную оценку. В итоге именно очная форма позволяет максимально эффективно достичь заявленных целей — сформировать базовые навыки в области 3D-графики и помочь школьникам определиться с профессиональными ориентирами.

При проведении курса в очном формате нельзя исключать ряд организационных, технических и педагогических трудностей. Наиболее существенные из них связаны с разной скоростью усвоения материала, вероятностью сбоев оборудования и значительной нагрузкой на преподавателя. В каждом из этих случаев заранее предусмотрены меры, позволяющие либо полностью предотвратить негативные последствия, либо свести их к минимуму.

Первый риск — неравномерный темп работы группы, когда одни учащиеся значительно опережают остальных, а другие, напротив, отстают. Решение данной проблемы предполагает применение уровневой дифференциации заданий. Более сильные учащиеся получают дополнительные задачи на детализацию моделей (например, проработку мелких элементов интерьера или создание вспомогательных объектов), что позволяет им не снижать познавательный интерес и углублять навыки. В то же время педагог оказывает индивидуальную помощь отстающим в тот момент, когда основная часть группы работает самостоятельно над базовыми элементами задания. Такая организация позволяет удерживать всех учащихся в «*зоне ближайшего развития*» без снижения общего темпа занятий.

Второй риск — технические сбои, включающие зависание компьютера, внезапное отключение питания или ошибки программного обеспечения. Для минимизации последствий таких сбоев учащиеся обучают правилу частого сохранения файлов: нажатие сочетания **Ctrl+S** после каждого завершённого этапа работы (создания блокинга, применения модификатора, настройки материалов) становится обязательной привычкой. Кроме того, в компьютерном классе предусматриваются резервные рабочие места (обычно два-три дополнительных компьютера), что позволяет учащемуся продолжить работу на другом терминале в случае выхода из строя основного. При этом

файл, сохранённый в локальной сети или на облачном носителе, остаётся доступным.

Третий риск — высокая нагрузка на педагога, который вынужден одновременно демонстрировать новый материал на проекторе и контролировать индивидуальную работу 10–15 учащихся. Для снижения этой нагрузки предлагается два организационных решения. Первое — привлечение помощника из числа студентов-старшекурсников, обучающихся по направлению «Педагогическое образование» или «Информатика», который может оперативно подходить к отстающим, помогать с навигацией и исправлять типичные ошибки, пока основной педагог ведёт фронтальную демонстрацию. Второе — частичная запись сложных этапов демонстрации (например, создание UV-развёртки или настройка материалов в нодовом редакторе) в формате коротких видео (до 3–5 минут). Такие видео могут быть поставлены на паузу или воспроизведены повторно, что позволяет педагогу уделять больше времени адресной помощи, не прерывая при этом общего объяснения. Третье — сокращение группы учащихся до необходимого минимума, не вызывающего сложностей у педагогов. Одно из ключевых преимуществ курса – не долговременность, а значит в течении года педагог может провести курс для 3-4 групп учащихся.

Реализация указанных мер позволяет существенно снизить организационные и педагогические риски, обеспечивая стабильное проведение занятий в очном формате и достижение запланированных результатов курса.

Для успешного проведения элективного курса в очном формате необходимо обеспечить ряд **технических условий**. Прежде всего, требуется компьютерный класс из расчёта один компьютер на одного учащегося. Каждый обучающийся должен иметь индивидуальное рабочее

место, что обусловлено необходимостью формирования личного пайплайна и личных навыков.

Далее, необходимо рабочее место педагога, оснащённое компьютером, подключённым к проектору или интерактивной панели. На этом компьютере должна быть установлена та же версия Blender, что и на учебных машинах, чтобы избежать расхождений в интерфейсе и наборе инструментов при демонстрации.

Одним из ключевых технических условий является наличие локальной сети, обеспечивающей быстрый обмен файлами между рабочими станциями. Такая сеть позволяет организовать приём выполненных работ как через общую сетевую папку, так и через облачные сервисы с синхронизацией, что исключает необходимость использования внешних накопителей и упрощает контроль за промежуточными и итоговыми результатами.

Кроме того, в аудитории должна быть предусмотрена акустическая система — колонки или звуковые панели — достаточной мощности для качественного озвучивания видеоинструкций. Это особенно актуально в тех случаях, когда отдельные этапы работы демонстрируются в записи: при повторном объяснении сложных разделов или в резервном режиме (например, при отсутствии педагога). Четкое звуковое сопровождение видеоматериалов с голосовыми комментариями существенно повышает их восприятие.

Совокупность перечисленных технических решений создаёт необходимую материально-техническую основу для полноценного проведения очных занятий и позволяет свести к минимуму сбои, которые могут негативно отразиться на достижении образовательных результатов.

Смешанный (гибридный) формат обучения — это организационная модель, сочетающая очное взаимодействие педагога и

учащихся с дистанционными элементами, реализуемыми в синхронном режиме (онлайн-занятия в реальном времени).

В рамках данного курса смешанный формат предполагает, что часть теоретического материала и некоторые практические задания осваиваются учащимися дистанционно посредством онлайн-уроков с педагогом (с использованием видеоконференцсвязи, демонстрации экрана и синхронного выполнения действий), а ключевые этапы — первичное освоение интерфейса, выполнение сквозных кейсов, промежуточные и итоговые защиты — проводятся очно. При этом синхронный дистанционный компонент сохраняет непосредственную обратную связь и возможность коррекции ошибок в реальном времени, хотя и уступает очному формату в полноте социального взаимодействия и техническом контроле. При этом асинхронный формат работы не допускается вовсе, в противном случае это вызывает колоссальное количество ошибок и проблем.

В отличие от сугубо очного формата, смешанный подход позволяет гибко использовать временной ресурс: перенос части занятий в онлайн-формат освобождает очные часы для индивидуальной работы с учащимися и разбора сложных ошибок, не требующих постоянного присутствия всей группы. Кроме того, данный формат учитывает разный темп усвоения материала: в ходе синхронных онлайн-занятий педагог может организовывать индивидуальные консультации в отдельных виртуальных комнатах, тогда как остальные учащиеся продолжают работу в общем потоке, что позволяет избежать задержек группы.

Помимо требований, предъявляемых к очному формату (компьютерный класс, рабочее место педагога, локальная сеть, акустическая система), смешанный формат обучения предъявляет ряд дополнительных условий. **Во-первых**, необходима платформа для видеоконференцсвязи (например, Яндекс.Телемост, Сферум, Discord) с

функцией демонстрации экрана, возможностью записи занятий и создания отдельных виртуальных комнат для групповой работы. **Во-вторых**, требуется система управления обучением или облачное хранилище (Google Drive, Яндекс.Диск) для размещения учебных материалов (инструкционных карт, файлов-заготовок) и приёма выполненных работ. **В-третьих**, необходимы средства оперативной коммуникации — чат во ВКонтakte или корпоративном мессенджере для оперативного информирования и ответов на вопросы между занятиями.

Внедрение смешанного формата в элективный курс по трёхмерному моделированию сопряжено с **рядом рисков** и организационных сложностей.

Прежде всего, это неравномерный доступ учащихся к техническим средствам и стабильному интернет-соединению: часть школьников может не располагать дома компьютером, способным запустить Blender, или иметь низкую скорость / нестабильное соединение, что ведёт к цифровому неравенству, увеличивает разрыв в темпе усвоения материала и делает невозможным полноценное участие в синхронных онлайн-занятиях.

С этим тесно связана проблема посещаемости и вовлечённости при дистанционном присутствии: отсутствие непосредственного контроля со стороны педагога нередко приводит к снижению дисциплины, отключению камеры и микрофона, отвлечению на посторонние действия, что снижает эффективность онлайн-части и нивелирует ожидаемую экономию очного времени. Кроме того, возможна техническая несовместимость программного обеспечения: разные версии Blender на домашних и школьных компьютерах вызывают расхождения в интерфейсе, наборе инструментов и форматах файлов, создавая дополнительные трудности для учащихся и педагога.

Среди рисков, присущих онлайн-формату, следует выделить возможное ухудшение обратной связи. Задержки в передаче данных и

невысокое разрешение экрана могут серьёзно затруднить восприятие тонких нюансов работы педагога, что критично при изучении навигации и модификаторов. Снизить эти риски позволяет продуманная организация процесса: строгое разделение тем на выносимые в онлайн и требующие очного присутствия, единая версия ПО для всех участников и чёткие правила поведения на занятии.

Кроме того, смешанный формат неизбежно приводит к потере социальной составляющей, которая так важна в очной группе. Переход части общения в цифровое пространство, даже если оно синхронное, снижает качество неформального общения между учащимися: у них меньше возможностей быстро перекинуться парой слов или сравнить свои работы. Особенно это чувствуется в начале курса, когда у школьников ещё нет устойчивых навыков работы в программе.

К числу организационных сложностей следует отнести существенное **увеличение нагрузки** на педагога, который вынужден не только проводить очные занятия, но и организовывать и вести синхронные онлайн-уроки (с демонстрацией экрана, управлением виртуальными комнатами, оперативным ответом в чате), настраивать платформу видеоконференцсвязи и систему управления обучением, а также оперативно отвечать на вопросы в мессенджерах между занятиями, что размывает границы рабочего времени.

Параллельно возрастает **риск** несамостоятельного выполнения заданий во время онлайн-занятий (использование готовых моделей из интернета на втором устройстве, помощь третьих лиц за кадром), поскольку педагог при видеоконференцсвязи лишён возможности непосредственно наблюдать за рабочим столом каждого учащегося и контролировать процесс создания модели в реальном времени.

В очной аудитории педагог имеет возможность мгновенно отреагировать на ошибку — подойти, показать правильное действие,

поправить руку. В дистанционном формате, даже если занятие идёт в режиме реального времени, этот механизм ломается: между тем, как учащийся совершил ошибку, и тем, как преподаватель её заметил (на экране или в присланном файле), возникает временной разрыв. За это время неправильный навык может успеть закрепиться.

Однако это не означает, что смешанный формат неприемлем. Он требует лишь более вдумчивого проектирования. Прежде всего, необходимо жёстко разделить темы: то, что связано с первичным освоением навигации и модификаторов, должно оставаться исключительно в очном поле. Дополнительно требуется продумать систему оперативного контроля. Внезапные вопросы, короткие задания с немедленной сдачей файла, а также обеспечить техническую поддержку — в частности, возможность для учащихся без домашнего оборудования заниматься в школьном компьютерном классе в свободное время.

Смешанный (гибридный) формат с синхронным дистанционным компонентом целесообразно применять в тех случаях, когда полное очное присутствие всех учащихся по объективным причинам невозможно — например, при карантинных ограничениях, неблагоприятных погодных условиях или временной нетрудоспособности части группы. Онлайн-занятия в таких ситуациях позволяют не прерывать образовательный процесс и сохранять единый темп прохождения материала. Кроме того, данный формат необходим для учащихся, которые по состоянию здоровья или семейным обстоятельствам не могут регулярно посещать школу: гибридная модель обеспечивает им полноценное участие в синхронных занятиях с демонстрацией экрана педагога и возможностью задать вопрос в чате или голосом.

Смешанный формат оказывается особенно удобным для проведения консультаций — как индивидуальных, так и групповых. Синхронные

онлайн-встречи дают возможность оперативно обсуждать ход работы над проектами, отвечать на возникающие вопросы и уточнять дальнейшие шаги, не тратя на это дополнительное очное время.

К такому формату имеет смысл прибегать и в тех случаях, когда количество помещений для занятий ограничен: это позволяет сохранить учебный план без дополнительной нагрузки на расписание. Кроме того, смешанный вариант оправдан для мотивированных учащихся, у которых есть стабильный интернет и необходимое оборудование дома, — для них онлайн-занятия могут оказаться даже удобнее с точки зрения экономии времени на дорогу.

При этом важно подчеркнуть, что смешанный формат не рекомендуется использовать для первичного освоения навигации, горячих клавиш, режимов редактирования, применения модификаторов и других операций, требующих немедленной коррекции ошибок и прямого тактильного контроля, — такие темы должны проводиться исключительно в очной форме.

Резюмируя. Критическая важность немедленной коррекции ошибок обусловлена тем, что при освоении интерфейса Blender, горячих клавиш, режимов редактирования и модификаторов любая задержка в обратной связи приводит к закреплению неправильного навыка. В очном формате педагог подходит к учащемуся и в течение нескольких секунд исправляет действие, показывая правильный вариант на его компьютере, тогда как в онлайн-формате даже при демонстрации экрана задержка соединения и отсутствие физического контакта делают такую коррекцию крайне затруднительной. Кроме того, очный формат обеспечивает полный контроль самостоятельности: 3D-моделирование — это практическая деятельность, где легко подменить работу (скачать готовую модель, попросить выполнить задание друга). В очном классе педагог наблюдает

процесс создания модели в реальном времени, видит, как учащийся строит полигоны, применяет модификаторы, исправляет ошибки, что гарантирует, что итоговая работа отражает реальный уровень ученика.

Важным преимуществом выступает также эффективная взаимопомощь и социальное научение: в очном формате учащиеся естественным образом общаются, подглядывают друг у друга, задают вопросы соседу, что ускоряет освоение и создаёт здоровую конкуренцию, тогда как при удалённой работе эффект «виртуального соседа» отсутствует. Очный формат полностью нивелирует проблему цифрового неравенства, поскольку не требует от учащихся домашнего компьютера с Blender и стабильного интернета; многие школьники, особенно в сельской местности или малообеспеченных семьях, не имеют таких возможностей, и обучение в компьютерном классе школы обеспечивает равный доступ для всех.

Следует отметить и меньшую нагрузку на педагога при большей предсказуемости процесса: при очном формате педагог не тратит время на запись видеоинструкций, настройку платформ для видеоконференций, решение технических проблем на домашних компьютерах учащихся, и всё его внимание сосредоточено непосредственно на обучении; кроме того, очный формат исключает риски, связанные с отключением света, плохим интернетом или отказом оборудования у учащихся дома.

Наконец, очная форма предоставляет возможность публичной защиты: защита проекта с демонстрацией модели на большом экране, прямыми вопросами от педагога и одноклассников, возможностью покрутить модель и посмотреть её с разных ракурсов даёт несравнимо более глубокую обратную связь, чем онлайн-презентация.

Вывод. Для элективного курса по основам 3D-моделирования в Blender, где формируются первичные двигательные навыки работы с профессиональным инструментом, очный формат является единственно целесообразным. Он обеспечивает максимальную эффективность коррекции ошибок, контроль самостоятельности, полноценное социальное взаимодействие и равный доступ для всех учащихся независимо от их домашних технических условий. Дистанционный и смешанный форматы могут рассматриваться лишь как вынужденная мера при форс-мажорных обстоятельствах, но не как основная модель реализации курса.

§ 2.2. Обзор курса для обучения основам работы с трехмерной графикой в условиях общеобразовательных учреждениях для школьников 8-11 классов.

В рамках данного исследования был разработан курс по основам работы с трехмерной графикой «Основы трёхмерной графики в программе Blender» для обучающихся 8-11 классов. Основные характеристики курса представлены ниже.

Использование трехмерной графики повсеместно вызывает потребность в увеличении числа специалистов по работе с 3D графикой в различных областях: от медицины и архитектуры до создания компьютерных игр. Эта потребность в свою очередь порождает актуальность для обучающихся 8-11 классов.

В контексте настоящего исследования под **3D-моделированием** понимается процесс создания цифровых трёхмерных объектов с помощью специализированного программного обеспечения, в данном случае – пакета **Blender**. Этот процесс включает в себя построение полигональной

сетки (вершины, рёбра, грани), применение модификаторов, наложение текстур и материалов, настройку освещения и визуализацию итогового изображения или анимации.

Для целей выпускной квалификационной работы 3D-моделирование рассматривается не просто как совокупность технических приёмов работы в редакторе, а как дидактический инструмент и средство формирования комплекса метапредметных и профессионально-ориентированных компетенций учащихся 8–11 классов. В рамках разработанного элективного курса акцент делается на освоении базовых операций полигонального моделирования, работы с модификаторами, UV-развёртки и простейшего текстурирования, что составляет фундамент для дальнейшего углублённого изучения различных направлений 3D-графики – от геймдева и архитектурной визуализации до аддитивных технологий и цифрового скульптинга.

Данный курс рассчитан для обучающихся 8-11 классов и рассчитан на 16 академических часов с нагрузкой 2 часа в неделю (по субботам в формате элективного курса). Данный курс носит пропедевтический характер. Курс состоит из 3 блоков.

Первый блок знакомит учащихся с основами трёхмерной графики, а также с ключевыми направлениями индустрии (геймдев, кино, архитектура, аддитивные технологии, инженерия). На этом этапе происходит первичное знакомство с интерфейсом Blender. *Второй блок* представляет собой совместное пошаговое создание диорамы комнаты под руководством педагога в режиме синхронного повторения. А также формирование навыков поэтапного моделирования от блокинга к детализации и назначению материалов. *Третий блок* завершает курс. Учащиеся самостоятельно выбирают референс и создают небольшую сцену или предмет, применяя все освоенные приёмы. Итогом является

очная защита проекта с демонстрацией модели, что позволяет закрепить навыки и оценить уровень сформированных компетенций.

Содержание разработанного элективного курса выступает в качестве дополнения к основному учебному материалу, базируясь на тех же фундаментальных понятиях и их структурной организации, однако не дублирует его. Занятия в рамках курса носят ознакомительный и профориентационный характер. В процессе обучения учащиеся получают возможность познакомиться с одной из наиболее динамично развивающихся профессиональных сфер современности, что способствует более глубокому пониманию сущности и возможностей трёхмерного моделирования.

Цель курса: формирование у обучающихся 8–11 классов базовых компетенций в области трёхмерного моделирования в среде Blender, развитие пространственного и проектного мышления, а также содействие профессиональному самоопределению через ознакомление с современными цифровыми профессиями.

Задачи курса:

- Сформировать у учащихся систему теоретических знаний об основах трёхмерной графики.
- Научить базовым приёмам работы в Blender: навигация, трансформация объектов, редактирование меша, применение модификаторов, настройка простейших материалов.
- Познакомить с основными направлениями профессиональной деятельности в сфере 3D-графики.
- Сформировать навыки проектного мышления.
- Развить внимание к деталям, аккуратность и техническую дисциплину при работе с цифровыми инструментами.

- Стимулировать интерес к инженерно-техническим и художественно-цифровым профессиям через практическое знакомство с профессиональным программным обеспечением.
- Способствовать осознанному выбору индивидуальной образовательной траектории.
 - Воспитать навыки самостоятельной работы, ответственности за результат и умения работать в коллективе.

Ожидаемые результаты:

По завершении курса обучающиеся овладевают базовыми понятиями трёхмерной графики, интерфейсом и навигацией в Blender, приобретают навыки полигонального моделирования, работы с модификаторами, выполнения UV-развёртки и настройки простейших материалов. Учащиеся учатся самостоятельно планировать этапы создания модели по референсу и защищать проект. В метапредметном плане развиваются умения декомпозиции задачи, самоконтроля, анализа визуальной информации и аргументированной презентации результата. Личностные результаты включают интерес к цифровым профессиям, осознание своих склонностей (технических или художественных) и формирование усидчивости. Итоговый продукт — самостоятельно выполненная трёхмерная сцена или модель, представленная на очной защите.

Содержание курса:

Данный курс состоит из лекционных, демонстрационных и практических занятий. В рамках теоретических лекций обучающиеся узнают профессиональную терминологию и основные профессиональные направления. В ходе выполнения практических занятий учащиеся будут

создавать простейшие диорамы комнат с помощью преподавателя, а в дальнейшем и самостоятельно.

Курс состоит из **трех блоков** со следующим содержанием:

Блок 1 «теоретический базис»

- Обзор профессиональных направлений (геймдев, кино, архитектура, аддитивные технологии, инженерия).
- Основы 3D-графики: вершины, рёбра, полигоны, топология, меш.
- Интерфейс Blender, навигация, горячие клавиши, трансформации объектов.

Блок 2 «Совместная практика»

- Пошаговое моделирование диорамы комнаты под руководством педагога (синхронное повторение).
- Инструменты: Extrude, Loop Cut, Bevel, Insert, Bridge.
- Модификаторы: Mirror, Solidify, Array, Bevel.
- Первичная UV-развёртка и настройка материалов в нодах Principled BSDF (цвет, шероховатость, металличность).

Блок 3 «Самостоятельная работа»

- Выбор референса, самостоятельное создание сцены или предмета.
- Применение всех изученных приёмов (блокинг → детализация → UV → материалы).
- Итоговая очная защита проекта: демонстрация модели, ответы на вопросы, взаимооценка.

В рамках данного курса успех изучения материала может выглядеть в виде следующих форм контроля:

- **Текущий контроль** – в процессе изучения теоретической части преподаватель задает вопросы (фронтальный опрос) по изученному материалу, проверяет записи.

- **Практический контроль** – оценка выполненных этапов в процессе создания совместной работы с учителем
- **Итоговый контроль** – в результате прохождения курса у обучающихся будет сформирована индивидуальная оценка выполненной контрольной работы из блока 3.

Методическое обеспечение:

В процессе реализации элективного курса преимущественно используется очная форма обучения. Дистанционный формат допускается, однако рассматривается как нежелательный в силу снижения эффективности формирования практических навыков. В связи с этим особое значение приобретает создание в аудитории необходимых условий для полноценного очного обучения.

Для обеспечения системности и наглядности образовательного процесса в рамках очного формата разработан следующий комплект учебно-методических материалов.

1. Учебно-тематический план (УТП) – документ, фиксирующий распределение часов по блокам и темам, формы контроля.

2. Инструкционные карты – пошаговые алгоритмы выполнения конкретных операций (например, «Применение модификатора Mirror», «Создание UV-развёртки простого куба», «Настройка материала металл»). Карты включают текстовое описание, скриншоты интерфейса Blender и указание горячих клавиш. Используются на этапе совместной работы и самостоятельной работы в качестве опоры.

3. Демонстрационные презентации – слайды к теоретическим занятиям, содержащие визуализацию ключевых понятий, схемы пайплайна, сравнительные таблицы направлений индустрии.

4. Видео-демонстрации на проекторе – педагог в реальном времени выполняет моделирование, комментируя действия. Учащиеся синхронно повторяют за педагогом. Для сложных этапов (например, UV-развёртка сложных форм) может использоваться короткая заранее записанная демонстрация с возможностью постановки на паузу.

5. Набор референсов (изображений) – коллекция качественных фотографий объектов и сцен (предметы мебели, здания, персонажи, текстуры) для анализа и последующего моделирования.

6. Методические рекомендации для педагога – описание типичных ошибок учащихся и способов их исправления, сценарии проведения занятий с указанием временных затрат на каждый этап, советы по организации групповой работы.

7. Техническое оснащение (см. ранее) – компьютерный класс с Blender единой версии, проектор, рабочее место педагога, локальная сеть.

В приведённом выше перечне представлен полный спектр учебно-методических материалов, которые могут быть задействованы при организации курса. Однако следует подчеркнуть, что не все **указанные компоненты являются строго обязательными** (кроме 1, 4 и 7) для успешной реализации образовательного процесса. В зависимости от конкретных условий школы (уровень подготовки педагога, технические возможности класса, контингент учащихся) допустимо сокращение или упрощение некоторых элементов без потери качества обучения.

Реализация:

Учебно-тематический план					
№	Раздел курса (наименование)	Всего часов	В том числе		Форма контроля
			лекции	практика	
Блок 1: «Теоретический базис»					
1	Основы 3D-графики: вершины,	2	2	0	Фронтальный опрос

	рёбра, полигоны, топология, меш.				
2	Интерфейс Blender: навигация	2	1	1	Выполне ние упражне ний по навигаци и и трансфо рации
Блок 2: «Совместная практика»					
1	Блокинг сцены: создание стен, пола, крупных объектов из примитивов	1	0.5	0.5	Промеж точный просмот р
2	Детализация объектов: создание кресла, дивана, столика	2	0.5	2.5	Промеж точный просмот р
3	Мелкие детали: цветок, горшок, лампа, часы, гардины	2	0.5	1.5	Промеж точный просмот р
4	Введение в UV- развёртку и материалы	2	0.5	1.5	Проверк а UV- развёртк и и настроен ных материал ов
Блок 3: «Самостоятельная работа»					
1	Выбор референса, самостоятель ное создание сцены или предмета	1	0	1	Консуль тации, промежу точный контроль
2	Создание сцены, презентация	4	0	4	Защита проекта
Итого		16	5	11	

Таблица 1. Учебно-тематический план курса

Примечание: в столбце «лекции» объединены как традиционные лекционные формы, так и объяснение нового материала с демонстрацией на проекторе. В столбце «практика» указаны часы на выполнение упражнений и проектных заданий под руководством педагога или самостоятельно.

Данный УТП отражает логику курса: от теории и первичного знакомства с интерфейсом через совместную пошаговую работу над диорамой к самостоятельному проекту, завершающемуся публичной защитой. Предложенное распределение часов позволяет в течение четверти (8 недель, 2 часа в неделю) освоить базовые навыки 3D-моделирования в Blender.

Описываемый курс прикреплен в качестве приложения к выпускной квалификационной работе. На данный момент реализация курса считается полностью законченной.

§ 2.3. Эксперимент о результатах внедрения в практику обучения.

Курс «Основы трёхмерной графики в программе Blender» был апробирован на базе ИТ-школы «KIBERone» города Канск.

Среди обучающихся 8–11 классов был проведён опрос с целью выявления количества школьников, желающих изучить и пройти разработанный элективный курс. В классах старшей школы особый интерес проявили ученики технического профиля, для которых данный курс оказался привлекательным и востребованным. Полученные результаты являются ожидаемыми: после краткого ознакомления с содержанием курса количество обучающихся, выразивших готовность

записаться на него, составило 12 человек. Указанные учащиеся представляют собой категорию школьников, обладающих развитым пространственным мышлением и базовыми навыками работы с компьютером.

Перед началом прохождения курса обучающимся был предложен опрос, направленный на выявление у них знаний и навыков в области трехмерной графики. По итогу были получены следующие результаты:

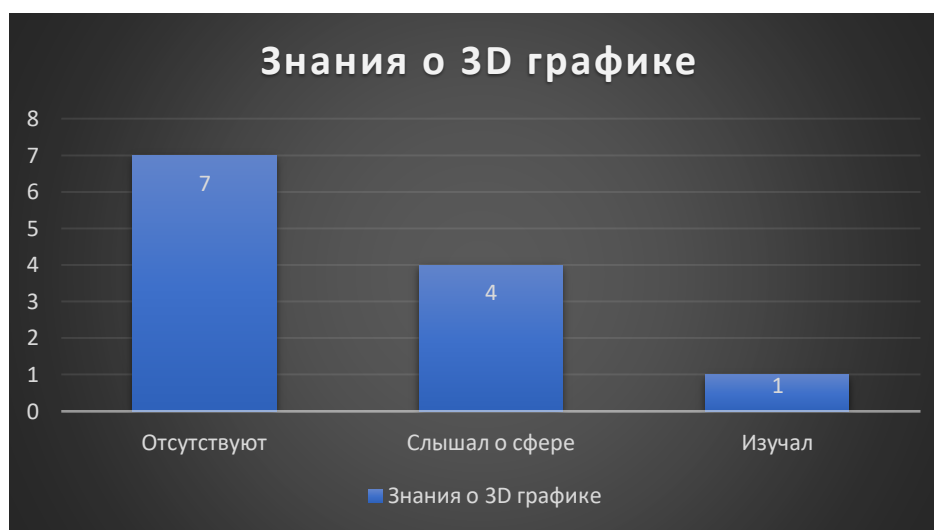


Рисунок 9. Сведения о осведомленности

Представленная диаграмма свидетельствует о низкой осведомлённости учащихся в области трёхмерного моделирования: большинство респондентов не слышали или не имеют достаточных знаний о данном направлении компьютерной графики. Описанную выше категорию школьников целесообразно познакомить с этой сферой по причинам, изложенным в теоретической части работы. Результаты опроса также показали, что после первичного информирования большинство обучающихся проявили устойчивый интерес к данной теме.

Следует отметить, что одной из целей разработанного элективного курса является профориентация, что подтверждается высокой практико-ориентированностью учебного материала. Для выпускников школы выбор

будущей профессии представляет собой один из наиболее актуальных вопросов, и именно на его решение должна быть направлена вся старшая ступень общего образования. Однако недостаток практико-ориентированных задач в рамках школьной программы зачастую не даёт обучающимся полноценного представления о будущей профессиональной деятельности. Руководствуясь вышесказанным, нами был проведён опрос, в ходе которого выяснялось, с какой сферой учащиеся хотели бы связать свою будущую профессию.



Рисунок 10. Диаграмма по профориентации обучающихся

Полученные данные свидетельствуют о том, что большая часть опрошенных ориентируется на сферу цифровых технологий и дизайна, что обусловлено общим глобальным трендом в данной области. На сегодняшний день направления, связанные с 3D-графикой, компьютерной анимацией и цифровым моделированием, становятся всё более престижными и востребованными. Этот тренд поддерживается как обществом, так и государством, которое в последнее время выделяет льготы и меры поддержки для соответствующих категорий специалистов.

Анализируя результаты опроса, был получен вывод, что данная категория обучающихся является целевой аудиторией для разработанного элективного курса. После проведения личных бесед с учащимися о том,

куда именно они планируют поступать и какой деятельностью хотели бы заниматься, были выявлены определённые затруднения в ответах школьников. Большинство из них недостаточно подробно знакомы с современным перечнем профессий в области 3D-моделирования и смежных цифровых специальностей, однако выбор будущей специализации они тесно связывают с последующим поступлением в высшие учебные заведения.

Прохождение разработанного элективного курса может выступить в роли профориентационной линии в обучении школьников. В рамках предложенного образовательного процесса учащиеся ознакомятся с перспективами работы в сфере трёхмерной графики, таких как художник окружения (3D Environment Artist), дизайнер персонажей и специалист по аддитивным технологиям (3D-печать). Кроме того, курс уделяет значительное внимание основам полигонального моделирования, работе с модификаторами, UV-развёртке и принципам построения «чистой» топологии, что в будущем может положительно сказаться на выборе обучающимися профессий в области цифрового дизайна, инженерии и научно-исследовательской деятельности.

Для наглядной демонстрации эффективности разработанного элективного курса и степени достижения запланированных образовательных результатов нами было принято решение представить диаграмму, обобщающую данные об успешности его прохождения. В основу диаграммы легли результаты сравнения практических работ, выполненных учащимися на начальном этапе и после завершения курса. Полученное графическое представление подтверждает положительную динамику и служит одним из доказательств педагогической целесообразности предложенного курса.

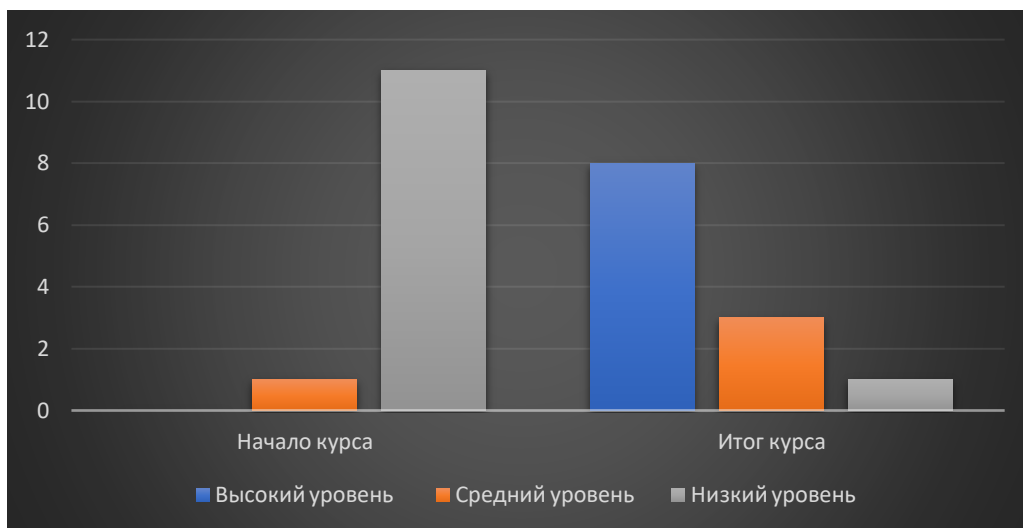


Рисунок 11. Сравнение уровня навыков в области 3D графики в начале курса и в конце

Дополнительно к прохождению элективного курса было осуществлено исследование, связанное с оценкой качества образовательного материала на основании его интерпретации и понимания обучающимися. Для анализа качества предоставленного материала среди учащихся был проведён опрос, включавший вопросы о восприятии теоретического материала, доступности практических занятий, а также значимости решаемых учебных задач. По результатам проведённого исследования были получены следующие выводы, представленные на рисунке №12.



Рисунок 12. Диаграмма удовлетворение обучающимися качеством курса

Проведённый анализ данных опроса позволил заключить, что большинство обучающихся оценили предложенный элективный курс положительно. На основании проведённого исследования можно утверждать, что значительная часть учащихся получила ценную информацию и осталась удовлетворена программой.

Несмотря на положительную общую оценку курса по трёхмерному моделированию, группа учащихся, выразивших неудовлетворённость (составившая незначительную долю от общего числа), представляет интерес для дальнейшего совершенствования образовательного контента. Анализ причин недовольства этой категории школьников позволит в перспективе доработать курс, скорректировать учебные материалы и повысить его эффективность.

Подводя итог, отметим, что из представленной диаграммы следует: подавляющее большинство обучающихся оценивают курс положительно. Вместе с тем необходимо продолжить анализ результатов опросов для выявления возможных недостатков, способных влиять на удовлетворённость учеников. В свою очередь, положительные отзывы подтверждают эффективность проведённой работы, которая привела к устойчивым образовательным результатам в процессе освоения основ трёхмерной графики.

Итоги главы

Во второй главе диссертационного исследования были решены задачи, связанные с разработкой, методическим обеспечением и экспериментальной апробацией элективного курса «Основы трёхмерной графики в программе Blender» для учащихся 8–11 классов.

На основе анализа специфики предметной области и возрастных особенностей обучающихся были обоснованы основные принципы построения образовательного процесса: модульно-проектная организация с уровневой дифференциацией, визуально-деятельностный подход с педагогической поддержкой, непрерывный педагогический контроль и практическая направленность обучения. Выявлены особенности преподавания 3D-графики в общеобразовательной школе, включая ограниченность временного ресурса, разнородность технической базы, высокий порог входа, необходимость мотивационной поддержки и совмещения технической и творческой составляющих.

Проведён сравнительный анализ форматов обучения, в результате которого установлено, что очная форма является единственно целесообразной для данного курса в силу критической важности немедленной коррекции ошибок, полного контроля самостоятельности, эффективной взаимопомощи и отсутствия цифрового неравенства. Смешанный формат допустим лишь как вынужденная мера при форс-мажорных обстоятельствах, но требует тщательного проектирования и чёткого разделения тем на осваиваемые только очно и допустимые для дистанционного синхронного изучения.

Разработан и представлен элективный курс объёмом 16 академических часов (2 часа в неделю, одна четверть), включающий три блока: теоретический базис, совместную практику и самостоятельную работу с итоговой защитой проекта. Определены цели, задачи, ожидаемые результаты, содержание и учебно-тематический план курса. Описано методическое обеспечение, включающее инструкционные карты, демонстрационные презентации, видео-демонстрации, набор референсов и рекомендации для педагога.

Экспериментальная апробация курса на базе ИТ-школы «KIBERone» (г. Канск) с участием 12 обучающихся 8–11 классов подтвердила эффективность предложенной методики.

Таким образом, результаты второй главы подтверждают гипотезу исследования: реализация разработанного элективного курса способствует формированию базовых навыков работы в среде Blender, развитию пространственного и проектного мышления, а также профессиональному самоопределению учащихся 8–11 классов. Практическая значимость работы заключается в создании готового к внедрению учебно-методического комплекса, который может быть использован в общеобразовательных учреждениях, организациях дополнительного образования и в рамках профильных элективных курсов.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В заключении выпускной квалификационной работы можно сделать вывод, что разработанный пропедевтический элективный курс по основам трёхмерной графики в среде Blender является эффективным инструментом для обучения учащихся 8–11 классов общеобразовательной школы. Особую значимость это приобретает в свете того, что трёхмерное моделирование и компьютерная графика представляют собой технологически значимую область, находящуюся в фокусе внимания как цифровой индустрии, так и системы профессионального образования.

В работе было показано, что пропедевтический курс должен иметь интерактивное содержание, включать практико-ориентированные задачи и упражнения, благодаря чему образовательный процесс становится более эффективным и интересным для школьников. Также необходимо подбирать наиболее эффективные методы обучения, которые будут способствовать максимальному усвоению материала школьниками, в том числе использовать принципы наглядности, проектной деятельности и уровневой дифференциации.

В целом, проведённое исследование позволяет сделать вывод, что пропедевтический курс по основам трёхмерной графики является интересным и важным компонентом дополнительного образования для учащихся средней и старшей школы в современном цифровом мире. Такой подход позволит готовить высококвалифицированные кадры, способные эффективно работать в сфере цифрового дизайна, инженерии и аддитивных технологий, а также вносить свой вклад в развитие этих областей науки и производства.

БИБЛИОГРАФИЯ

1. Андюсев, Б. Е. Кейс-метод как инструмент формирования компетентностей / Б. Е. Андюсев. // Директор школы. — 2010. — № 4. — С. 61–69.
2. Ахметов, Н. С. Образование России и актуальные вопросы современной науки / Н. С. Ахметов, С. В. Латынцев. // Образование России и актуальные вопросы современной науки : материалы Всероссийской (национальной) научно-практической конференции. — Красноярск, 2026. — 21 мая. — С. в печати.
3. Ахметов, Н. С. Формирование базовых компетенций в области трехмерной графики с помощью элективного курса на основе программы Blender / Н. С. Ахметов, С. В. Латынцев (науч. рук.). // Образование и наука в XXI веке: математика, физика, информатика и технологии в смарт-мире : сб. статей по итогам Всероссийской конференции (с международным участием) школьников, студентов, молодых ученых (Красноярск, 21–22 мая 2026 г.) / Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. — Красноярск, 2026. — В печати.
4. Головкин, И. С. Инженерное 3D моделирование и прототипирование в школе / И. С. Головкин. // Наука и образование: векторы развития. Современные тенденции развития школ-интернатов и коррекционных образовательных учреждений России : тезисы докл. Всерос. конф. (Чебоксары, 24-24 октября 2016 г.). — Чебоксары, 2016. — С. 266–271.
5. Елизарова, Е. А. Сущностный анализ проектной деятельности / Е. А. Елизарова. // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Психолого-педагогические науки. — 2012. — № 1. — С. 66–71.
6. Заседатель, В. С. Образовательный потенциал технологий быстрого прототипирования / В. С. Заседатель. // Интернет-журнал «Науковедение». — 2015. — № 5. — С. 193.

7. Идиатулин, И. Р. Пропедевтический курс для обучения квантовому программированию обучающихся физико-математической направленности : магистерская диссертация / И. Р. Идиатулин ; науч. рук. С. В. Латынцев ; Краснояр. гос. пед. ун-т им. В. П. Астафьева. — Красноярск, 2023. — 81 с.
8. История 3D-графики: от векторных линий до реалистичных рендеров. — Текст : электронный // Skillbox Media. — URL: <https://skillbox.ru/media/gamedev/istoriya-3dgrafiki-ot-vektornykh-liniy-do-realisticznykh-renderov/> (дата обращения: 14.06.2026).
9. История 3D моделирования - от первых шагов до современных технологий. — Текст : электронный // AcademyCrafts. — URL: <https://academycrafts.ru/info/articles/istoriya-3d-modelirovaniya--ot-pervykh-shagov-do-sovremennykh-tekhnologiy/> (дата обращения: 14.06.2026).
10. Каменев, Р. В. Применение 3D-принтеров в образовании / Р. В. Каменев, А. М. Лейбов, О. М. Осокина. // Решетневские чтения. — 2014. — Т. 3. — С. 83–87.
11. Канесса, Э. Доступная 3D-печать для науки, образования и устойчивого развития / Э. Канесса, К. Фонда, М. Зеннаро. — Триест : МЦТФ, 2013. — 192 с.
12. Краснопольский, В. Е. Применение WEB-технологий в кейс-методе / В. Е. Краснопольский. // Вестник ЛНУ им. Тараса Шевченка. — 2012. — № 20. — С. 12–21.
13. Краткая история 3D в видео-играх для чайников. — Текст : электронный // Habr. — URL: <https://habr.com/ru/companies/macloud/articles/560712/> (дата обращения: 14.06.2026).
14. Лейбов, А. М. Применение технологий 3D-прототипирования в образовательном процессе / А. М. Лейбов, Р. В. Каменев, О. М.

- Осокина. // Современные проблемы науки и образования. — 2014. — № 5. — С. 93–101.
15. Липницкий, Л. А. Аддитивные технологии и их перспективы в образовательном процессе / Л. А. Липницкий, Т. В. Пильгун. // Системный анализ и прикладная информатика. — 2018. — № 3. — С. 76–82.
16. Меренков, А. В. Потребность в техническом образовании у выпускников школ / А. В. Меренков, О. Я. Артем. // Дискуссия. — 2015. — № 3 (55). — С. 85–90.
17. Осипова, И. В. Об использовании кейс-метода в системе образования / И. В. Осипова. // Наука и образование: новое время : научно-методический журнал. — 2017. — № 2 (3). — С. 42–45.
18. Салахов, Р. Ф. Возможности 3D-печати в образовательном процессе / Р. Ф. Салахов, Р. И. Салахова, З. Н. Гаптраупова. // Филологические науки. Вопросы теории и практики. — 2017. — № 6-2 (72). — С. 196–198.
19. Сябренко, А. П. Использование технологии 3D-печати в образовательном процессе ВУЗа / А. П. Сябренко, В. С. Тынченко. // Развитие современного образования: теория, методика и практика. — 2016. — № 1 (6). — С. 244–247.
20. Appel, A. A Solution to the Hidden-Line Problem for Computer-Drawn Polyhedra / A. Appel. // IEEE Transactions on Computers. — 1966. — May. — DOI: 10.1109/TC.1966.5002977.
21. Appel, A. The notion of quantitative invisibility and the machine rendering of solids / A. Appel. // Proceedings of the 22nd National Conference (ACM '67). — New York : ACM, 1967. — P. 387–393.
22. Appel, A. The visibility problem and machine rendering of solids / A. Appel. // IBM Research Report. — RC 1618. — May 20, 1966.

23. Cole, A. J. Plane and Stereographic Projections of Convex Polyhedra from Minimal Information / A. J. Cole. // *The Computer Journal*. — 1966. — Vol. 9, iss. 1. — P. 27–31. — DOI: 10.1093/comjnl/9.1.27.
24. Conn, R. W. Digitized photographs for illustrated computer output / R. W. Conn. // *Proceedings of the April 18-20, 1967, Spring Joint Computer Conference (AFIPS '67 (Spring))*. — New York : ACM, 1967. — P. 103–106.
25. Holmes, W. S. Design of a photo interpretation automaton / W. S. Holmes, H. R. Leland, G. E. Richmond. // *Proceedings of the December 4-6, 1962, Fall Joint Computer Conference (AIEE-IRE '62 (Fall))*. — New York : ACM, 1962. — P. 27–35.
26. Johnson, T. E. Sketchpad III: a computer program for drawing in three dimensions / T. E. Johnson. // *Proceedings of the May 21-23, 1963, Spring Joint Computer Conference (AFIPS '63 (Spring))*. — New York : ACM, 1963. — P. 347–353.
27. Lasher, G. Mixed state of type-I superconducting films in a perpendicular magnetic field / G. Lasher. // *The Physical Review*. — 1967. — Vol. 154, No 2. — P. 345–348. — DOI: 10.1103/PhysRev.154.345.
28. Loutrel, P. An Algorithm for the Solution of the Two-Dimensional 'Hidden-Line' Problem / P. Loutrel. // *Ph.D. Thesis*. — New York : NYU, September 1967.
29. Loutrel, P. Determination of hidden edges in polyhedral figures: convex case / P. Loutrel. // *Technical Report*. — No 400-145. — New York : Laboratory for Electrosience Research, NYU, September 1966.
30. Lunar Orbiter Surveys the Moon. // *Sky and Telescope*. — 1966. — Vol. 32, No 4 (October). — P. 192–197.
31. Pfaltz, J. L. Computer representation of planar regions by their skeletons / J. L. Pfaltz, A. Rosenfeld. // *Communications of the ACM*. — 1967. — Vol. 10, No 2. — P. 119–125.

32. Puckett, H. R. Computer method for perspective drawing / H. R. Puckett.
// Journal of Spacecraft and Rockets. — 1964. — Vol. I, No 1. — P. 44–48.
33. Roberts, L. G. Machine perception of three-dimensional solids / L. G. Roberts. // Technical Report. — No 315. — Cambridge : Lincoln Laboratory, MIT, May 1963.
34. Weiss, R. A. BE VISION, a package of IBM 7090 FORTRAN programs to draw orthographic views of combinations of plane and quadric surfaces / R. A. Weiss. // Journal of the ACM. — 1966. — Vol. 13, iss. 2. — P. 194–204.
35. Wylie, C. Half-tone perspective drawings by computer / C. Wylie, G. Romney, D. Evans, A. Erdahl. // Proceedings of the November 14-16, 1967, Fall Joint Computer Conference (AFIPS '67 (Fall)). — New York : ACM, 1967. — P. 49–58.
36. ZBrush 1.0 Review October 2000. — Текст : электронный // ZBrush Artist. — 2011. — 5 September. — URL: <https://zbrushartist.wordpress.com/2011/09/05/zbrush-1-0-review-october-2000/> (дата обращения: 14.06.2026).

ПРИЛОЖЕНИЕ

Курс размещен в свободном доступе по адресу - <https://docs.google.com/document/d/1DWylEoZsC5mgNbNHTLEhdhPn8g4AuKz4/edit?usp=sharing&oid=116526399921262587357&rtpof=true&sd=true>

ПРОФИОРИЕНТАЦИОННЫЕ КЕЙСЫ

Кейс №1. Создание здания поста охраны

Данная работа демонстрирует основные принципы создания зданий и предметов окружения в программе Blender. В ходе выполнения задания мы научимся моделировать здание из примитивов, прорабатывать детали и наполнять пространство тематическими объектами так, чтобы итоговая композиция выглядела целостно и соответствовала поставленной задаче.

В качестве основной темы выбран контрольно-пропускной пункт (КПП), изначально ориентированный на использование в PBR-пайплайне, однако мы придадим ему вид заброшенного сооружения. В первую очередь в рамках работы рассматриваются ключевые задачи, характерные для таких профессий, как архитектор, 3D-художник окружения (3D Environment Artist) и 3D-художник уровней (3D Level Artist).



Прежде всего необходимо понимать устройство самого процесса создания трёхмерных моделей. Чтобы работа была выстроена логично, мы разделим её на последовательные этапы. Движение от этапа к этапу позволит нам контролировать результат и вовремя достигать ключевых точек в создании 3D-окружения от общего к частному.

В первую очередь нужно сделать сбор референсов. В профессиональной среде такую подборку называют реф-бордом (от англ. reference board). Нам потребуется несколько фотографий выбранного объекта в разных ракурсах: спереди, сзади, сбоку, сверху и в трёхчетвертном повороте. Кроме того, важно собрать изображения отдельных деталей, возможных текстур и окружающей обстановки. Можно также использовать фотографии других КПП — это поможет почерпнуть нестандартные решения и сделать собственную работу более разнообразной и выразительной.

Стоит учитывать, что подход к референсам у архитектора и у специалистов digital-направлений различается. Архитектор на этом этапе опирается преимущественно на чертежи: либо создаёт их сам под задачу, либо использует готовые решения. В то же время 3D-художники окружения (3D Environment Artist) и художники уровней (3D Level Artist) тоже могут обращаться к чертежам, хотя для них точность воспроизведения, как правило, не является главной целью.

Далее следует создание основных форм (блокинг), работа с точностью и пропорциями. Этот этап является самым важным: ошибки, допущенные на ранней стадии, почти всегда приходится исправлять, и чем дальше продвинулась работа, тем сложнее становятся правки. Качественный блокинг закладывает основу для всего дальнейшего моделирования.

После создания основных форм мы переходим к постепенной детализации здания и окружающих объектов. Границы этого этапа не являются жёсткими — они довольно размыты, однако важно научиться определять

момент, когда работа уже готова к детализации, а когда ещё требуется доработка базовых форм. Завершающая стадия детализации включает создание сетки с учётом модификатора Subdivision Surface (сглаживание) или добавление фасок вручную. Выбор метода зависит от требований проекта. В нашем случае достаточно будет создать фаски.

Далее выполняется UV-развёртка (UV mapping). Этот процесс можно образно сравнить с созданием оригами в обратном порядке: мы «разрезаем» трёхмерную модель по определённым рёбрам и раскладываем её поверхности на плоскости. Полученные плоские развёртки (UV-острова) в дальнейшем используются для наложения текстур.

Финальный этап создания сцены — подготовка шейдеров и подключение заранее заготовленных текстур. Важно понимать, что создание текстур с нуля — процесс трудоёмкий и требует много времени. Поэтому в рамках данного кейса мы будем использовать готовые бесшовные текстуры поверхностей и декали, на которые затем поместим UV-острова. Для архитекторов и дизайнеров интерьеров этот этап может быть опциональным в зависимости от задач проекта, однако в нашей работе текстуры необходимы, чтобы придать модели завершённый вид.

После завершения моделирования и текстурирования можно выполнить рендер — финальное изображение сцены. Для перечисленных профессий рендер не является обязательным, но он позволяет наглядно представить результат. Далее мы подробно рассмотрим каждый из описанных этапов создания модели.

Этап №1. Создание референсной базы.

В рамках данного кейса учащимся предлагается использовать в качестве основного референса уже готовую работу, на которую они будут опираться при выполнении всех последующих этапов. Важно продемонстрировать эту работу с разных ракурсов: спереди, сзади, сверху,

сбоку (при необходимости — с двух сторон), а также в трёхчетвертном повороте (3/4). Такой набор ракурсов даёт полное представление об итоговом результате и помогает точнее воспроизвести форму и пропорции объекта.

В процессе работы можно также предложить учащимся самостоятельно найти дополнительные референсы — например, интересные детали на реальных фотографиях сторожевых пунктов. Это позволит добавить работам уникальности и индивидуальности. Однако важно обратить внимание на то, что любые дополнительные детали потребуют соответствующих текстур, поэтому необходимо заранее продумывать, какие поверхности будут использоваться, чтобы элементы модели не оставались впоследствии пустыми и незавершёнными.

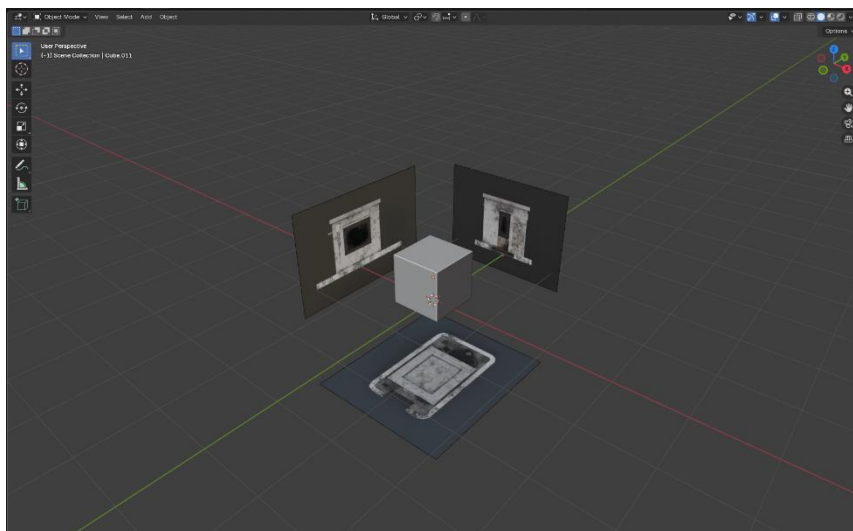
Когда сбор референсов завершён, можно переходить к следующему шагу — созданию примитивов.

Этап №2. Блокинг

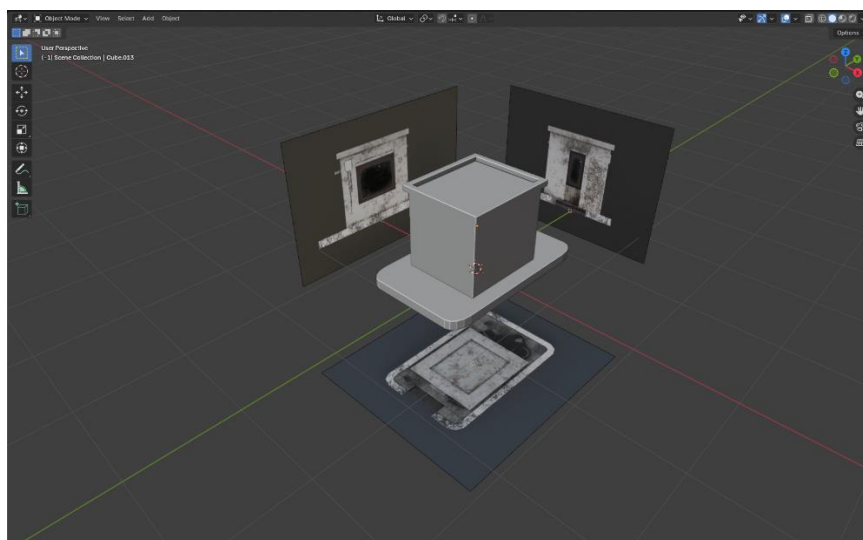
Практический этап создания трёхмерной модели здания начинается с настройки сцены и размещения референсов. Основная задача на этом этапе — визуально разбить объект на простые геометрические формы (примитивы) и мысленно распределить материалы. Необходимо понять, из каких именно примитивов — кубов, цилиндров, пирамид, сфер — будет собрано здание, а также какие его части в дальнейшем будут окрашены в тот или иной материал. Такой подход позволяет заранее продумать структуру модели и избежать проблем при последующей проработке деталей.

- 1) Размещаем референсы в сцене и центрируем их. Важно, чтобы размеры и положение всех референсов совпадали — это необходимо для сохранения правильных пропорций при создании основных форм объекта. Если референсы будут смещены или иметь разный масштаб, в процессе моделирования

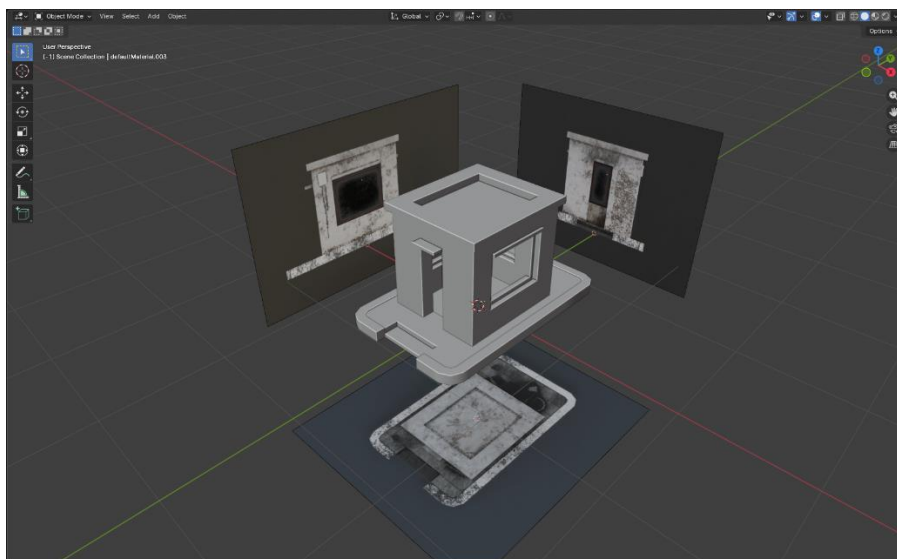
легко допустить ошибки в пропорциях, которые потом придётся исправлять.



- 2) Визуально разделяем здание на составляющие его примитивные формы. Желательно сразу учитывать будущее распределение материалов: например, выделить стены, фундамент, пол, крышу и другие элементы.
- 3) Создаём основной силуэт фундамента. Для этого добавляем в сцену куб и с помощью инструментов Extrude (выдавливание) и Loop Cut (разрезание) придаём ему нужную форму. При необходимости можно также воздействовать на отдельные полигоны — перемещать, масштабировать или поворачивать их, чтобы добиться желаемого результата.



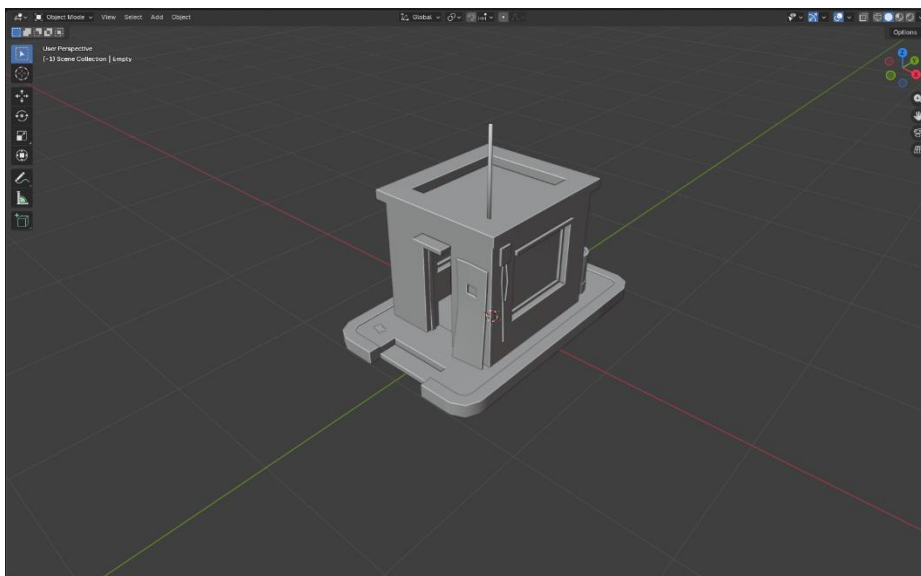
- 4) Формируем дверной проём и оконные вырезы, а также создаём внутреннее пространство здания. Специально прорабатывать и наполнять интерьер деталями в данной работе не требуется, так как основное внимание уделяется внешнему виду и окружению.
- 5) Дорабатываем фундамент, добавляем ступеньку и формируем козырьки над окнами. Эти элементы не только завершают архитектурный облик здания, но и делают модель более детализированной и реалистичной.



Этап №3. Детализация.

Итак, когда основные формы построены, мы переходим к наполнению пространства вокруг сторожевого поста. Поскольку наша задача — стилизовать здание под заброшенное, необходимо передать это состояние с помощью окружения. На данном этапе мы добавляем различные мелкие детали: погнутую дверь, порванные куски картона, старые бочки и другие элементы посредством моделирования, создающие атмосферу запустения. В процессе детализации, если позволяет техническое задание, можно вводить дополнительные объекты — это придаст сцене уникальность и ощущение «живости». При необходимости также добавляем фаски, скругляем углы и дорабатываем топологию в местах, где её недостаточно.

Важно соблюдать баланс между аккуратным сглаженным видом модели и оптимизацией сцены.

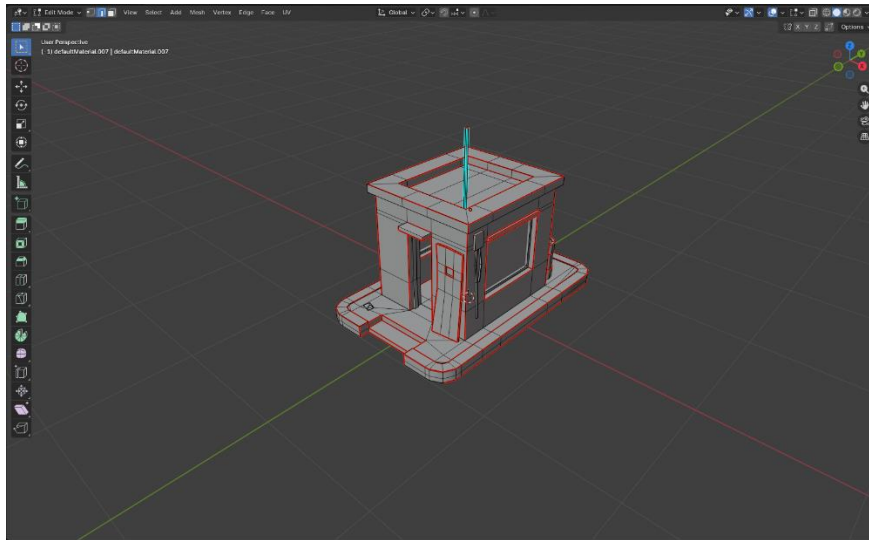


Этап №4. UV mapping

На этом этапе нам необходимо с помощью инструмента Mark Seam (отметить шов) обозначить места «разрезов» модели, чтобы затем развернуть её на плоскость. Швы следует располагать на скрытых или малозаметных краях — это позволит сделать развёртку аккуратной и избежать видимых стыков текстур. После того как все разрезы отмечены, выполняем развёртку (Unwrap).

Данный этап носит технический, а не художественный характер. Однако и художник, и архитектор должны уверенно владеть навыком развёртки, поскольку от правильного расположения UV-островов напрямую зависит качество последующего наложения текстур и настройки шейдеров.

Наносим разрезы нашим объектам на краях таким образом:



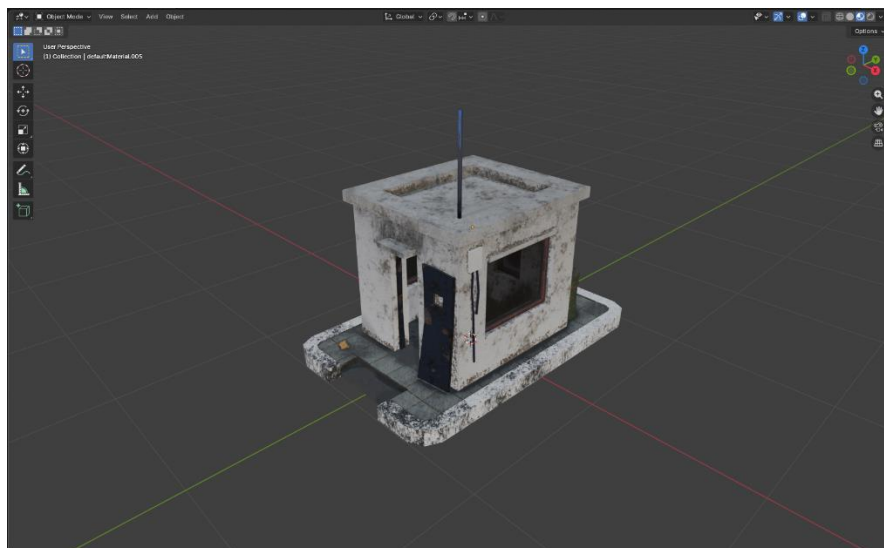
Теперь у нас есть готовая UV развертка, и мы готовы приступить к следующему этапу.

Этап №5. Текстурирование.

На этом этапе подход к текстурированию у архитекторов, 3D-художников окружения (3D Environment Artist) и художников уровней (3D Level Artist) отличается от работы других 3D-специалистов. Основная задача здесь — использовать бесшовные текстуры (так называемые триммы), чтобы при наложении на модель нужная часть текстуры отображалась именно там, где это необходимо.

Важно правильно распределить объекты по материалам и грамотно расположить UV-острова в двумерном пространстве развёртки. Это позволит в дальнейшем эффективно накладывать текстуры без лишних затрат времени и ресурсов.

- 1) Настраиваем шейдеры каждого материала, подключаем бесшовные, ранее заготовленные текстуры с помощью нодовой системы программы Blender
- 2) Распределяем UV острова в пространстве ориентируясь на подключенные текстуры.



Вывод

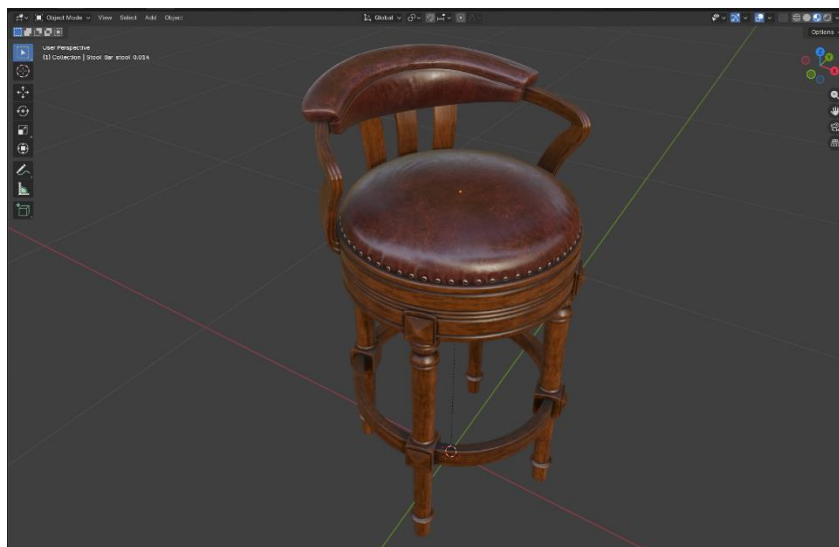
В ходе выполнения данного кейса был реализован полный цикл создания трёхмерной модели здания в Blender — от сбора референсов до финального текстурирования. Освоены ключевые этапы работы над игровым окружением: анализ референсов и формирование концепции, построение базовых форм с соблюдением пропорций, детализация сцены для создания заданной атмосферы, а также выполнение технических задач (UV-развёртка, настройка шейдеров, работа с бесшовными текстурами).

Полученные навыки соотносятся с профессиональными требованиями архитектора (работа с формой и материалами), 3D-художника окружения (создание целостных сред) и художника уровней (компоновка игровых локаций). Кейс формирует целостное представление о задачах данных специалистов.

В контексте школьной профориентации такой подход ценен тем, что позволяет учащемуся не просто узнать о профессиях, а попробовать себя в них на практике, осознать свою склонность к творческому проектированию, созданию атмосферы или технической стороне моделирования, что способствует более осознанному выбору дальнейшего профессионального пути.

Кейс №2. Создание 3D модели барного стула

Данная работа знакомит с основными принципами создания трёхмерных предметов. Профессии 3D-художника по объектам (3D Prop Artist) и дизайнера интерьера требуют умения моделировать объекты, окружающие нас в повседневной жизни, — от мебели до мелких бытовых предметов. На примере создания барного стула мы рассмотрим ключевые подходы, используемые специалистами этих направлений в своей работе.



В рамках данной работы мы ограничимся созданием модели на этапах от блокинга до построения UV-развёртки. Это связано с тем, что подходы к текстурированию у двух рассматриваемых специальностей существенно различаются. Дизайнеры интерьера зачастую используют готовые решения — смарт-материалы или создают собственные материалы на основе нод шейдеров (Shader nodes), доступных в Blender. В свою очередь, 3D-художник по объектам (3D Prop Artist), как правило, разрабатывает текстуры с нуля, создавая для каждого предмета уникальные материалы. Работа с текстурами в этой профессии требует значительного объёма ручной проработки, чтобы придать материалам индивидуальный вид, соответствующий техническому заданию.

Как и в первом задании, необходимо собрать референсную базу, включающую изображения объекта с различных ракурсов, а также, по возможности, виды спереди и сбоку в ортогональной проекции. Далее следует этап блокинга, основная задача которого — собрать стул из

простых примитивов, которые в дальнейшем будут дорабатываться. Концептуально этот этап одинаков для дизайнера интерьеров и художника по объектам.

После завершения блокинга модель подготавливается к применению модификатора Subdivision Surface (сглаживание), что позволяет перейти к более тонкой детализации. Заключительным этапом в данной работе является построение UV-развёртки — создание уникальной раскладки поверхностей модели для последующего наложения текстур.

Этап №1. Рефборд.

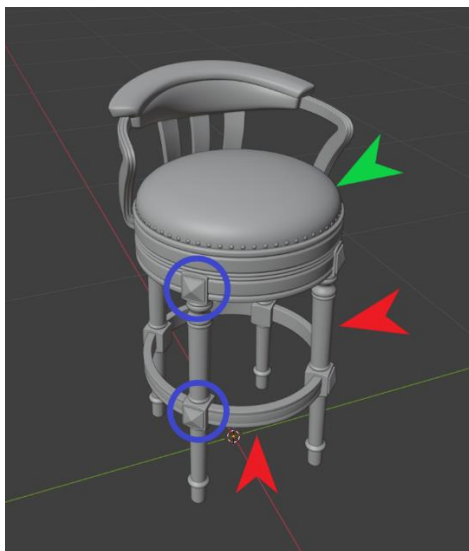
На данном этапе важно определить, с каким именно стулом будут работать учащиеся. В качестве основного референса можно использовать заранее подготовленные изображения готового барного стула либо предложить ученикам самостоятельно найти интересующий их объект в интернете. Желательно, чтобы выбранный стул был представлен на фотографиях с нескольких ракурсов — это поможет избежать ошибок в пропорциях при моделировании. Не менее важно обращать внимание на качество изображений: низкое разрешение или нечёткие снимки могут привести к тому, что некоторые детали будут упущены, и финальная модель утратит цельность и органичность.

Дополнительно можно собрать несколько фотографий аналогичных предметов с характерными следами использования — царапинами, сколами, вмятинами. Эти элементы в дальнейшем могут быть добавлены в работу, чтобы придать стулу индивидуальность и сделать его менее «генеративным». Однако, как отмечалось ранее, основная уникальность предмета достигается именно на этапе текстурирования. При этом для дизайнера интерьера данная задача не является приоритетной: в этой специальности основная цель — создание чистой, презентабельной картинки.

После того как референсы подготовлены, можно переходить к созданию и настройке сцены.

Этап №2. Блокинг.

На этом этапе важно разбить имеющийся у нас референс визуально на примитивы и работать.

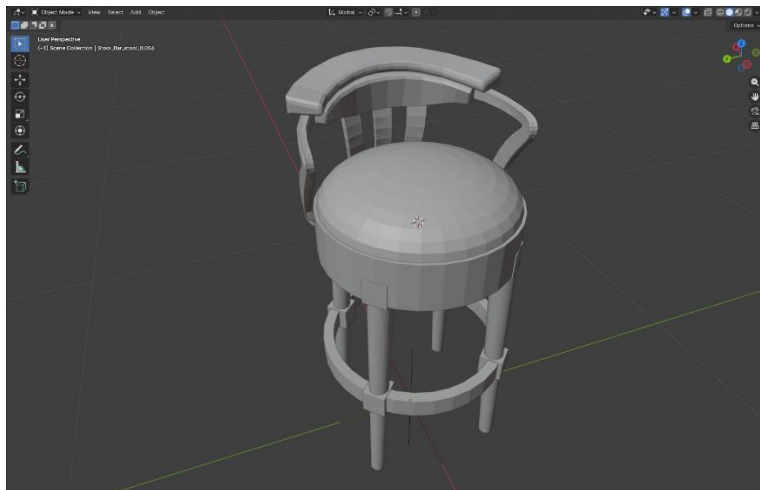


Зеленой стрелкой обозначен объект, который, например, можно создать из сферы. Красной стрелкой – из цилиндра. Синим кругом – из куба. Далее по аналогии также разбиваются все остальные детали объекта. При работе над моделью важно учитывать симметрию объекта. В случае с ножками стула мы можем применить зеркальное отображение (Mirror) сразу по двум осям — это позволит создать всего одну ножку, а остальные три сформируются автоматически. Такой подход значительно ускоряет моделирование и обеспечивает идеальную симметрию деталей.

Наибольшую сложность обычно представляет спинка стула, особенно если она имеет необычную форму. Деревянную часть спинки рекомендуется создавать методом выдавливания (Extrude) из плоскости, постепенно придавая ей нужный контур. Мягкую (кожаную) часть спинки можно смоделировать из обычного куба, деформируя его и добавляя необходимые изгибы.

Приступая к добавлению примитивов, начинаем с построения общего силуэта стула. В центр сцены рекомендуется поместить координатную ось

или пустой объект (Empty) — он будет служить точкой отсчёта, относительно которой по двум осям будут зеркалиться ножки и другие симметричные элементы. Это обеспечит точность и согласованность всех частей модели.

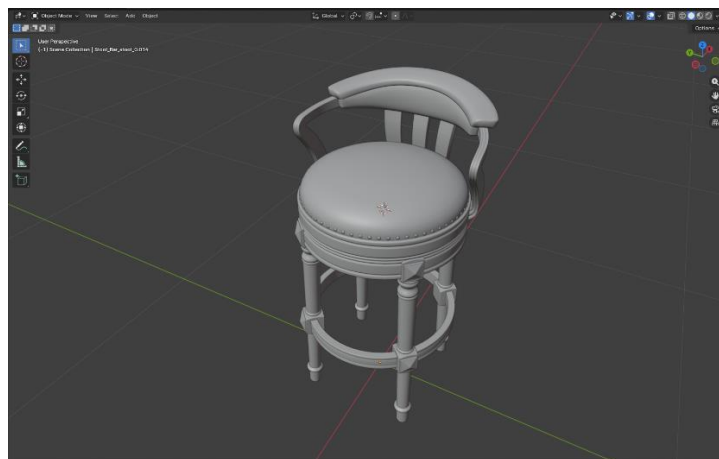


Этап №3. Детализация.

После завершения этапа блокинга можно переходить к проработке деталей. На этом этапе добавляются более мелкие элементы: например, пирамидки на ножках, заклепки или декоративные накладки. При необходимости уточняется форма самих ножек и других крупных деталей, чтобы они точнее соответствовали референсам и замыслу.

Основная задача данного этапа — насытить модель деталями, сделать её выразительной и завершённой. Допускается экспериментировать: добавлять элементы из других референсов или привносить собственные решения, если это не противоречит техническому заданию.

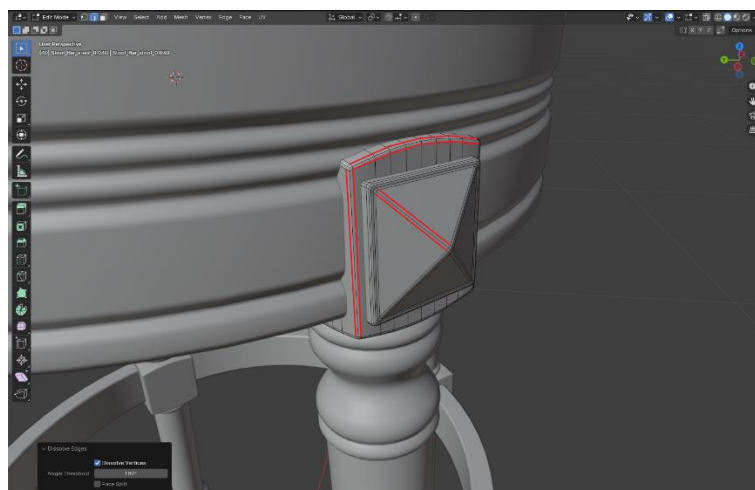
Для ускорения работы полезно использовать модификаторы. Уже знакомый модификатор Mirror поможет сохранить симметрию при добавлении деталей на ножки и другие парные элементы. А для повторяющихся по кругу фрагментов, например заклёпок, удобно применять модификатор Array (массив), который автоматически создаёт нужное количество копий с заданным шагом. Важно понимать, в каких случаях уместно использовать тот или иной модификатор, — это существенно экономит время и упрощает процесс моделирования.



Этап №4. Сглаживание.

Данный этап посвящён работе с сеткой модели. Основная задача — подготовить геометрию к применению сглаживания (Subdivision Surface) таким образом, чтобы она не давала артефактов и обеспечивала корректный шейдинг (равномерное отображение света на поверхности). Для этого необходимо привести сетку к виду, состоящему преимущественно из четырёхугольников, и избегать n -гонов (многоугольников с числом сторон более четырёх) и треугольников, которые могли возникнуть на этапе блокинга.

Ключевой момент — добавление поддерживающих рёбер (Support loops) вдоль всех формообразующих граней. Эти дополнительные петли рёбер фиксируют острые и изогнутые участки, не позволяя им деформироваться при сглаживании. Без поддержки углы и контуры модели могут потерять жёсткость и «поплыть», что негативно скажется на итоговом виде объекта.



Как на примере. Красным выделены поддерживающие ребра, выставленные вокруг центрального формообразующего ребра на каждой стороне детали. Фактически это добавление фасок на углы, но нужно понимать, где они добавляются, а где нет. Это необходимо проделать со всей моделью. В работе над этим может помочь такой инструмент, как Bevel (фаска), который вызывается сочетанием клавиш ctrl+B, одноименный модификатор из палитры модификаторов программы Blender, а также инструмент Loop cut, с помощью которого можно резать петли граней.

Этап №5. UV Mapping.

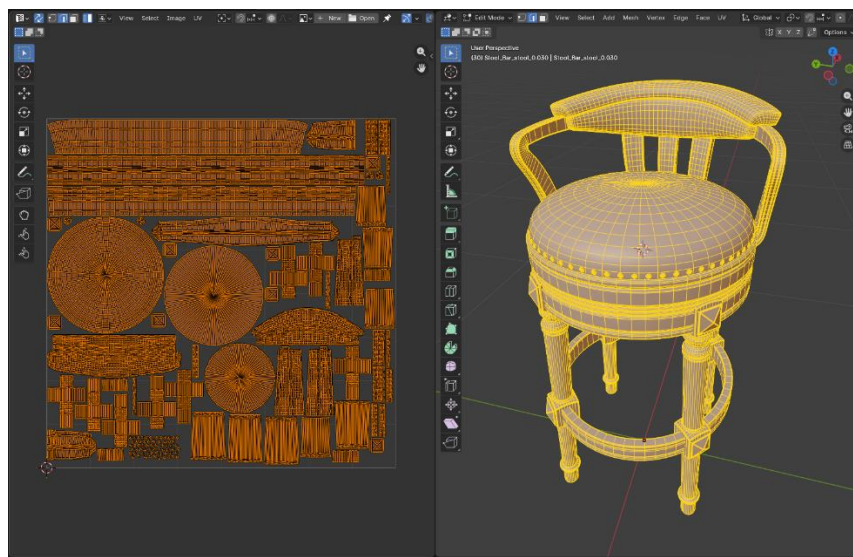
Перед созданием UV-развёртки 3D-художник по объектам (3D Prop Artist) обычно выполняет ретопологию — оптимизацию сетки модели. Для этого создаётся дубликат объекта, на котором геометрия перестраивается таким образом, чтобы она соответствовала требованиям игровых движков (например, минимальное количество полигонов при сохранении силуэта). При этом исходная высокодетализированная модель, подготовленная под сглаживание, может использоваться для добавления мелких дефектов — сколов, трещин, неровностей — с помощью скульптинга. В дальнейшем эти детали переносятся на оптимизированную модель через запекание карт нормалей. Однако в рамках данного кейса, ориентированного на midpoly-пайплайн, создание низкополигональной сетки не требуется, поэтому мы сразу переходим к построению развёртки.

Важно отметить, что дизайнеру интерьера оптимизация сетки, как правило, не нужна: в интерьерной визуализации не используются системы реального времени (Real-time), а финальный рендер выполняется без жёстких ограничений по полигональности, что позволяет работать с исходной геометрией.

Для построения UV-развёртки необходимо с помощью инструмента Mark Seam (отметить шов) обозначить места «разрезов» модели. Швы

рекомендуется располагать на скрытых или малозаметных краях — это сделает развёртку аккуратной и позволит избежать видимых стыков текстур. После того как все разрезы отмечены, выполняется развёртка (Unwrap), в результате которой поверхности модели раскладываются на плоскость, подготавливая объект к наложению текстур.

Данный этап носит технический, а не художественный характер. Однако и художник, и визуализатор должны уверенно владеть навыком развёртки, потому что чем лучше сделана развертка – тем выше качество текстур.



После создания уникальной развертки модель полностью готова к запеканию карт и последующему текстурированию.

Вывод

В ходе выполнения работы, посвящённой созданию трёхмерной модели барного стула, был реализован полный цикл работы над предметом интерьера: от сбора референсов до построения UV-развёртки. Учащиеся освоили приёмы визуального анализа формы, моделирования из примитивов, использования модификаторов, подготовки сетки к сглаживанию и созданию корректной развертки для последующего текстурирования.

Кейс позволил на практике сопоставить подходы двух смежных профессий: дизайнера интерьера, ориентированного на визуальную подачу и допускающего использование готовых материалов, и 3D-

художника по объектам, работающего над уникальными текстурами и учитывающего требования игровой оптимизации. Такое сопоставление даёт учащимся возможность осознанно оценить специфику каждого направления.

В профориентационном контексте выполнение данного кейса выступает формой профессиональной пробы, позволяющей школьнику не только приобрести базовые компетенции в области 3D-моделирования, но и определить свою предрасположенность к художественному проектированию либо к технической стороне разработки цифровых объектов, что способствует более осознанному выбору будущей профессии.

Кейс №3. Скульптинг портрета человека

Данная работа представляет собой кейс, принципиально отличающийся от предыдущих по способу создания модели. Основное внимание здесь уделяется скульптингу — подходу, который лежит в основе работы 3D-художника по персонажам (3D Character Artist). Именно этот специалист занимается созданием уникальных черт лица, одежды, сложных костюмов — будь то средневековый наряд или футуристический доспех. Весь процесс от идеи до готового персонажа выполняется одним художником. В рамках кейса также будет рассмотрена возможность подготовки модели к печати на 3D-принтере.

3D-художник по персонажам работает в соответствии с полным производственным пайплайном. Независимо от технического задания, ему необходимо выполнить блокнинг, создать основной скульпт модели, проработать детали, подготовить одежду, сделать ретопологию (оптимизацию сетки), построить UV-развёртку, наложить текстуры и подготовить риг для последующей анимации. В среднем создание одной модели персонажа может занимать от одного до нескольких месяцев. Это

крайне трудоёмкий и энергозатратный процесс, поэтому художники по персонажам высоко ценятся на рынке трёхмерной графики.

Скульптор также может владеть навыками полного цикла создания персонажа, однако, как правило, он сосредоточен на визуализации в соответствии с конкретными требованиями или занимается портретным скульптингом для кинематографа. Всё зависит от поставленной задачи.

Специалист по аддитивным технологиям обычно готовит модель к печати. Он тоже может быть знаком со всем процессом создания персонажа, но на практике использует скульптинг для изготовления, например, портретов или небольших коллекционных фигурок.

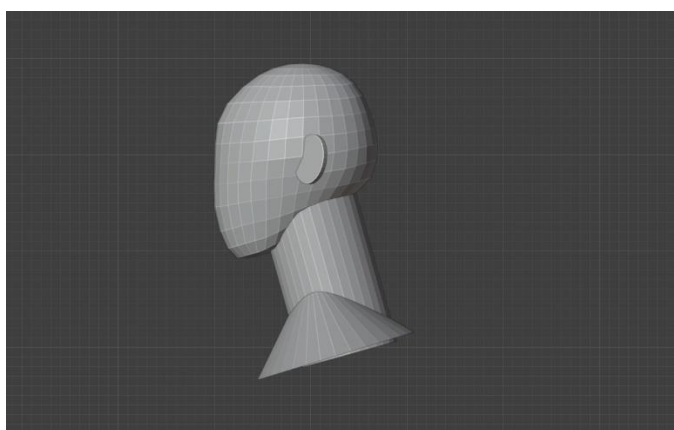
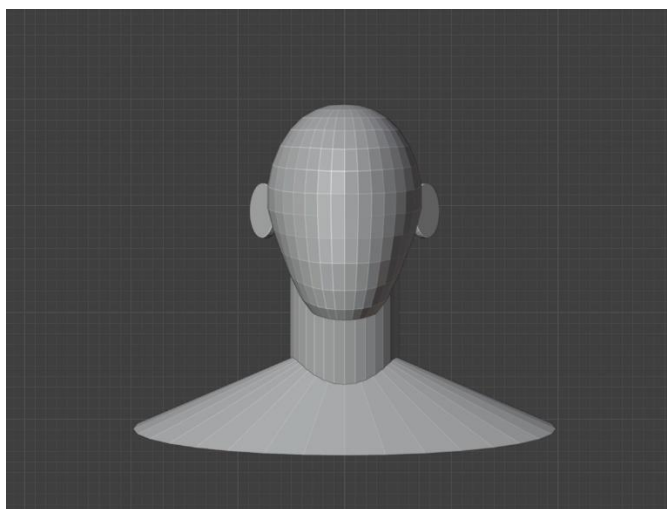
Так или иначе, все перечисленные профессии напрямую связаны со скульптингом — одним из самых обширных направлений в трёхмерной графике. Скульпт применяется не только в создании персонажей, но и при работе над монстрами (3D Creature Artist), а также для добавления микродетализации на объектах окружения. В данном кейсе мы поверхностно рассмотрим особенности работы этих специалистов.

Этап №1. Рефборд.

Любая работа в области трёхмерной графики начинается с формирования качественной референсной базы. Для создания скульпта необходимо иметь несколько изображений объекта с разных ракурсов. Если персонаж предполагает наличие одежды, важно собрать также снимки тканей, фактур и деталей костюма как на общем плане, так и крупным планом — это позволит в дальнейшем точнее передать материалы через скульптинг. В данном кейсе мы ограничимся созданием условного портрета человека. Основная цель работы — продемонстрировать возможности и базовые принципы скульптинга, не привязываясь к конкретному образцу, а опираясь на общее понимание формы и анатомии.

Этап №2. Блокинг.

Этот этап является одним из ключевых в создании трёхмерной модели и называется блокингом. В рамках данной работы нам необходимо сформировать общий силуэт человеческой фигуры, используя простые геометрические примитивы. Главная задача на этом этапе — соблюсти пропорции, контролируя результат во всех проекциях (вид спереди, сбоку, сверху). Блокинг закладывает основу для последующего скульптинга, поэтому важно сразу добиться верного соотношения частей будущего портрета.



Необходимо выделить голову, шею, трапецию ушей. На этом этапе не особо важно точное попадание в силуэт, важно само его наличие, хоть и не точное.

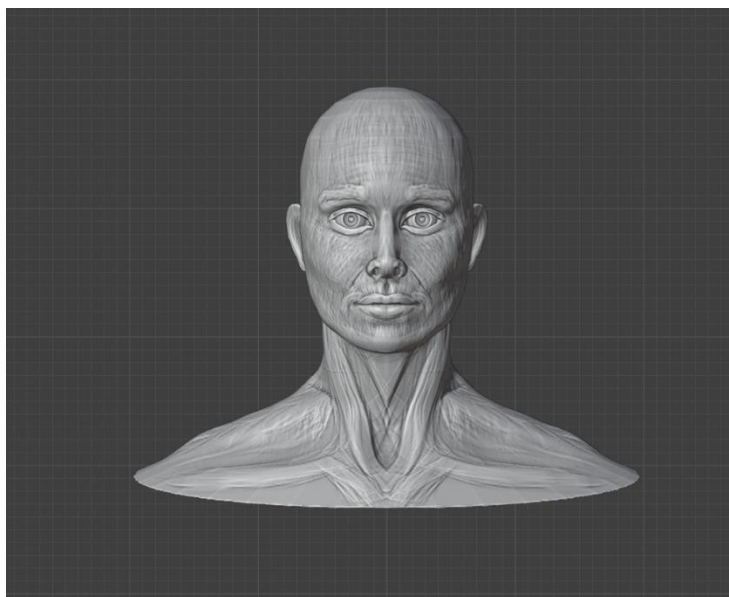
1. Для трапеции можно использовать сплюснутую пирамиду
2. Шею вытянуть из цилиндра

3. Голову и уши можно создать из сферы, правильно деформирую эти части тела.

Этот этап является последним похожим на этапы создания 3д моделей у профессий, что рассматривались ранее.

Этап №3. Скульпт.

Данный этап является самым продолжительным, поскольку он совмещает в себе как базовую проработку модели, так и её финальную детализацию. Работа начинается с объединения всех отдельных мешей в единый объект и последующего сшивания сетки — это необходимо для корректной работы кистей скульптинга. После подготовки геометрии выполняется обработка всего портрета: уточняется силуэт, добавляются основные анатомические элементы, такие как впадины глазниц, нос, губы, а также прорабатываются крупные мышцы шеи и лица. На этом этапе важно двигаться от общего к частному, постепенно уточняя формы.



На данном этапе эстетическая завершённость ещё не является приоритетом. Основная задача — довести силуэт до правильного состояния и добавить ключевые черты лица, формирующие общую узнаваемость портрета.

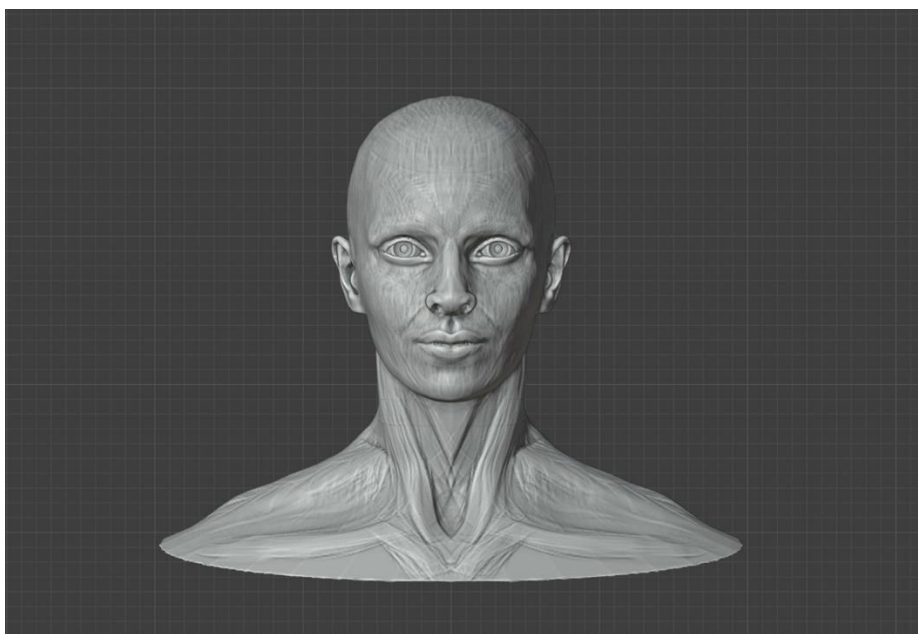
Важно детализировать модель постепенно и равномерно по всей площади. Нельзя переходить к проработке мелких элементов, таких как поры кожи,

если до конца не выверен силуэт шеи или не проработаны крупные формы лица. Принцип «от общего к частному» остаётся основополагающим: сначала крупные объёмы и пропорции, затем средние формы и только потом микро-детализация.

В работе нужно использовать стандартные кисти и уметь правильно их применять:

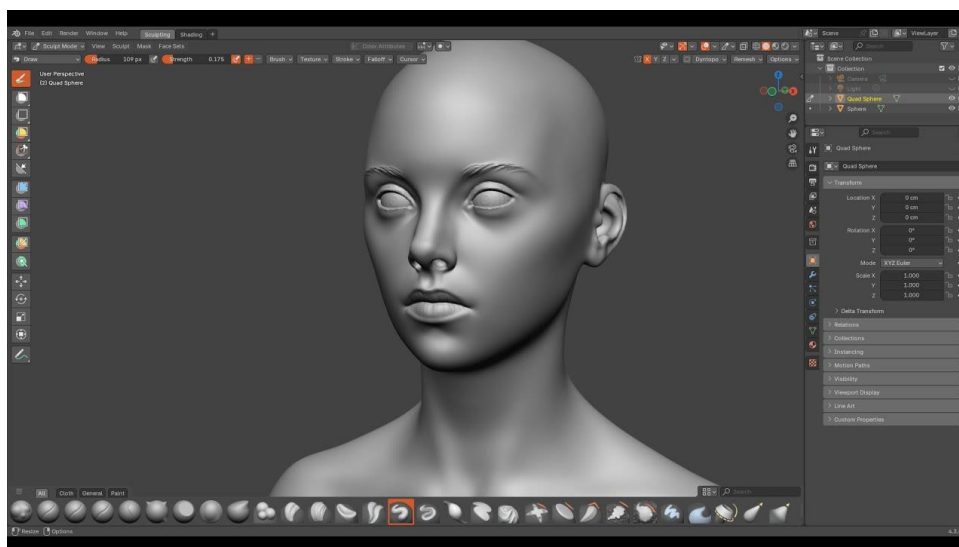
- Clay (и ее вариации) – позволяет наносить геометрию на объект словно глина.
- Grab – позволяет тянуть геометрию объекта в любом направлении, пропорционально редактирую всю геометрию вокруг.
- Smooth – позволяет сгладить геометрию объекта таким образом, чтобы она выглядела гладко.
- Inflate/Bloob – позволяет «надувать» геометрию в нужных местах.

После, необходимо стремиться к созданию уникальной формы лица, добавление отличительных черт, утончению линий.



После того как основные формы и пропорции лица проработаны, можно переходить к более тонкой детализации. На этом этапе создаются уникальные черты лица, уточняются индивидуальные особенности модели. Особое внимание уделяется сглаживанию фактуры кожи,

добавлению естественных лицевых складок, морщин и мимических изменений. Также прорабатываются глаза и брови — важнейшие элементы, отвечающие за выразительность портрета. Работа ведётся аккуратно, с учётом анатомического строения и пластики человеческого лица.



Знание анатомии человека является фундаментальной основой для создания убедительных и реалистичных трёхмерных персонажей. Без понимания того, как устроены мышцы, кости, пропорции и пластика человеческого тела, даже технически безупречная модель будет выглядеть неестественно и «картонно».

На этапе блокинга анатомические знания помогают правильно заложить пропорции фигуры или лица: соотношение размеров головы и шеи, расположение глаз, носа, губ, форму черепа и челюсти. Ошибки, допущенные здесь, невозможно будет исправить последующей детализацией — они так и останутся заметными.

В процессе скульптинга понимание анатомии позволяет осмысленно формировать объёмы: где проходят крупные мышцы, как они накладываются друг на друга, как меняется рельеф при различных эмоциях и поворотах головы. Художник, знающий анатомию, не просто

копирует референс, а понимает логику строения формы, что даёт свободу для творческих изменений и стилизации.

Для профессий, связанных с созданием персонажей (3D Character Artist, скульптор, специалист по 3D-печати), анатомическая грамотность отличает любительскую работу от профессиональной. Модели, созданные с учётом анатомии, лучше воспринимаются зрителем, убедительнее выглядят в движении и требуют меньше исправлений на этапах ретопологии и риггинга. Таким образом, изучение анатомии — не просто теоретическая дисциплина, а практический инструмент, напрямую влияющий на качество и конкурентоспособность будущего специалиста в индустрии трёхмерной графики.

После финальной детализации есть несколько путей, в зависимости от того, на какой позиции работает художник.

1. Дальнейшая проработка персонажа (тело, одежда)
2. Печать получившегося портрета (и дальнейшая его покраска)
3. Ретопология и последующее текстурирование для визуализации

Вывод

В ходе выполнения данного кейса учащиеся познакомились с принципиально иным подходом к трёхмерному моделированию — цифровым скульптингом. На примере создания портрета человека были последовательно пройдены этапы формирования референсной базы, построения базового силуэта из примитивов и глубокой проработки анатомических деталей с использованием специализированных кистей. Практическая работа позволила освоить ключевые приёмы скульптинга: работу с формами, наращивание объёма, сглаживание и филигранную детализацию, необходимые для создания реалистичных персонажей.

Кейс наглядно продемонстрировал специфику профессий, связанных со скульптингом: 3D-художника персонажей, для которого важно владеть

полным циклом разработки (от блокнинга до риггинга); скульптора, ориентированного на художественную выразительность; и специалиста по аддитивным технологиям, готовящего модели к трёхмерной печати. Выполнение задания позволило учащимся оценить трудоёмкость и высокие требования к детализации в этом направлении, а также понять, на каком из этапов — художественном или техническом — им интереснее сосредоточиться.

В профориентационном контексте данный кейс выступает формой профессиональной пробы, погружающей школьников в творческую среду цифрового скульптинга. Выполняя задание, учащиеся не только приобретают базовые навыки работы в данной технике, но и могут осознать свою предрасположенность к созданию органических форм, что способствует более осознанному выбору профессии в области 3D-графики и смежных направлений.