

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ»

**П Р А К Т И К У М
ПО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЮ
ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР**

Методические указания

В двух частях

Часть 2

Севастополь
СевГУ
2026

УДК 004.925.8:519.83(076.5)
ББК 32.972.131.2 я73
П691

Р е ц е н з е н т ы :

В. Ю. Карлусов – канд. техн. наук, доцент кафедры
«Информационные технологии и системы»
О. В. Ченгарь – канд. техн. наук, доцент кафедры
«Прикладная математика и информатика»

Ответственный за выпуск:

Д.В. Моисеев - д-р техн. наук, заведующий кафедрой
«Информационные технологии и системы»

Составители: А. Е. Безуглая, М.В. Собченко

П691 Практикум по 3D-моделированию для компьютерных игр :
методические указания. – В 2 частях. Ч. 2 / Севастопольский
государственный университет ; сост.: А. Е. Безуглая, М. В. Собченко. –
Севастополь : СевГУ, 2026. – 47 с. – Текст : электронный.

Целью настоящего практикума является предоставление методических рекомендаций по эскизированию игровых объектов, созданию трехмерных моделей с использованием аппаратных и программных средств. Методические рекомендации составлены с учетом спецификации стандарта Всероссийского чемпионатного движения по профессиональному мастерству «Профессионалы» в компетенции «3D-моделирование для компьютерных игр».

Практикум предназначен для студентов направлений подготовки 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника», 09.03.02 – «Информационные системы и технологии», 09.03.03 – «Прикладная информатика», 09.03.04 – «Программная инженерия».

УДК 004.925.8:519.83(076.5)
ББК 32.972.131.2 я73

Рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Информационные технологии и системы», протокол № 11 от 15 июня 2026 г.

Рассмотрены и рекомендованы к изданию на заседании Ученого совета Института информационных технологий, протокол № 7 от 19 июня 2026 года.

© Безуглая А.Е., Собченко М.В., сост., 2026
© ФГАОУ ВО «Севастопольский
государственный университет», 2026

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	5
1 РЕТОПОЛОГИЯ ВЫСОКОПОЛИГОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ	6
1.1 Цель работы	6
1.2 Краткие теоретические сведения	6
1.3 Программа выполнения работы	10
1.4 Вариант заданий	11
1.5 Содержание отчета	11
1.6 Контрольные вопросы	11
2 РИГГИНГ И СКИННИНГ ПЕРСОНАЖА	12
2.1 Цель работы	12
2.2 Краткие теоретические сведения	12
2.3 Программа выполнения работы	16
2.4 Вариант заданий	17
2.5 Содержание отчета	17
2.6 Контрольные вопросы	17
3 МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ НОДОВ	18
3.1 Цель работы	18
3.2 Краткие теоретические сведения	18
3.3 Программа выполнения работы	21
3.4 Вариант заданий	21
3.5 Содержание отчета	21
3.6 Контрольные вопросы	21
4 UV-РАЗВЕРТКА ПЕРСОНАЖА	23
4.1 Цель работы	23
4.2 Краткие теоретические сведения	23
4.3 Программа выполнения работы	27
4.4 Вариант заданий	27
4.5 Содержание отчета	28
4.6 Контрольные вопросы	28
5 СОЗДАНИЕ ТЕКСТУРЫ. ТЕКСТУРИРОВАНИЕ	29
5.1 Цель работы	29
5.2 Краткие теоретические сведения	29
5.3 Программа выполнения работы	31
5.4 Вариант заданий	31

5.5	Содержание отчета	31
5.6	Контрольные вопросы.....	32
6	СОЗДАНИЕ МАТЕРИАЛОВ	33
6.1	Цель работы.....	33
6.2	Краткие теоретические сведения	33
6.3	Программа выполнения работы	36
6.4	Вариант заданий.....	36
6.5	Содержание отчета	36
6.6	Контрольные вопросы.....	37
7	АНИМАЦИЯ ПЕРСОНАЖА	38
7.1	Цель работы.....	38
7.2	Краткие теоретические сведения	38
7.3	Программа выполнения работы	43
7.4	Вариант заданий.....	43
7.5	Содержание отчета	43
7.6	Контрольные вопросы.....	43
8	ЭКСПОРТ И ЗАГРУЗКА ПЕРСОНАЖА В UNREAL ENGINE.....	45
8.1	Цель работы.....	45
8.2	Краткие теоретические сведения	45
8.3	Программа выполнения работы	46
8.4	Вариант заданий.....	46
8.5	Содержание отчета	46
8.6	Контрольные вопросы.....	46
	БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	47

ВВЕДЕНИЕ

3D-моделирование является одной из ключевых областей компьютерной графики и играет важную роль в современном мире. Оно широко применяется в различных сферах, таких как архитектура, медицина, кинематограф, игры и многие другие. Поэтому актуальность изучения 3D-моделирования не вызывает сомнений. Компьютерные игры являются одной из самых быстрорастущих индустрий в мире. Разработка игр требует использования передовых технологий и знаний в области 3D-моделирования. Без умения создавать высококачественные 3D-модели невозможно представить себе успешную разработку игр.

Учебная программа по компетенции «3D моделирование для компьютерных игр» предусматривает изучение спецификации стандартов «Профессионалы». Эти стандарты разработаны ведущими специалистами отрасли и содержат критерии оценки работы 3D-дженералиста – универсального специалиста в области 3D-моделирования.

Настоящий практикум «3D моделирование для компьютерных игр. Часть 2» является продолжением методических указаний по дисциплине и посвящён этапам подготовки высокополигональной модели к интеграции в игровой движок. В нём последовательно рассматриваются ключевые процессы производственного пайплайна: ретопология сложных объектов для получения чистой низкополигональной сетки, ригинг и скининг для подготовки модели к анимации, геометрические ноды и процедурное моделирование как средство автоматизации и создания сложных повторяющихся форм, UV-развёртка для корректного наложения текстур, создание и текстурирование моделей, а также настройка материалов и анимация персонажа. Завершается практикум этапом экспорта и загрузки персонажа в Unreal Engine, что позволяет обучающемуся пройти полный цикл разработки игровой сцены – от концепт-арта до работающего персонажа в реальной сцене.

Практикум может быть использован в качестве методических рекомендаций при выполнении практических и лабораторных работ по дисциплине «3D моделирование для компьютерных игр. Часть 2». Описанные типовые задания объединены единой темой подготовки модели персонажа к анимации и экспорту в игровой движок. Они помогают развить профессиональные компетенции 3D-дженералиста на этапах оптимизации, подготовки к анимации, постобработки и интеграции модели в игровую среду. Выполнение разработанных заданий нацелено на последовательное изучение всех этапов доводки игрового персонажа до финального состояния, необходимого для работы в индустрии.

1 РЕТОПОЛОГИЯ ВЫСОКОПОЛИГОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

1.1 Цель работы

- Приобретение навыка анализа высокополигональной модели и определения направлений петель ребер.
- Овладение инструментарием ретопологии в Blender.
- Создание «чистой» полигональной сетки, готовой для UV-развертки и анимации.

1.2 Краткие теоретические сведения

Ретопология – это процесс создания новой, топологически корректной низкополигональной сетки поверх высокодетализированной модели (high poly), полученной в результате скульптинга или 3D-сканирования. В контексте Blender ретопология является критически важным этапом подготовки модели к анимации, риггингу и запеканию текстур.

Blender предлагает мощные автоматические инструменты для ремешинга, которые стоит отличать от ручной ретопологии:

Таблица 1.1 – Сравнение методов

Метод	Применение	Результат
Voxel Remesh (Воксельный)	Быстрое выравнивание плотности скульпта для дальнейшей лепки.	Триангулированная или равномерная сетка, непригодная для сглаживания и анимации.
Quadriflow Remesh (Квадросетка)	Создание автоматической квадросетки.	Хорош для простых форм (камни, статика), но плохо читает анатомию и петли ребер вдоль изгибов (глаза, рот).

Исходя из вышеуказанной информации следует учитывать, что для персонажей и органики автоматические методы дают некорректный результат (неправильное расположение полюсов), поэтому требуется ручная ретопология.

Создаваемая низкополигональная модель должна соответствовать правилам:

1. Сетка должна состоять преимущественно из четырехугольников (quads). Это необходимо для корректной работы модификатора Subdivision Surface.
2. Петли ребер: ребра должны идти вдоль мышц и складок.
3. В местах изгибов (суставы, губы, нос) плотность сетки должна быть больше для корректной анимации, на плоских участках – меньше для экономии полигонов.

Перед началом работы необходимо подготовить сцену. Для этого создайте низкополигональный четырехугольник типа меш – основу будущей модели.

Стек модификаторов. На созданный объект-основу последовательно наложите следующие модификаторы (необходимо соблюдать порядок слоев):

Mirror (Настройки: Axis – X, Clipping – включить, чтобы не было разрыва по центру.) Если вы используете Mirror, работайте только на одной стороне. Другая сторона построится автоматически.

Shrinkwrap (Настройки: в Target подключить высокополигональную модель, Wrap Method – Project, Direction – Positive/Negative, Offset = 0.001..0.003 (минимальное значение, чтобы новая сетка не проваливалась под оболочку исходной модели).

Настройка привязок. Включите привязку в меню 3D Viewport (Настройки: Snap To – Face, Project Individual Elements – Включить, что гарантирует «прилипание» вертексов к поверхности скульпта.

Аддоны. Рекомендуется активировать встроенный аддон LoopTools (Редактирование → Preferences → Add-ons). Инструменты Relax и Space внутри него критически важны для выравнивания сетки.

Таблица 1.2 – Проверка готовности сцены

Действие	Как проверить в Blender
Высокополигональный объект	Находится на отдельном слое или коллекции. Отключен от рендера (камера в аутлайнере), чтобы не мешать.
Низкополигональная заготовка	Создан пустой объект (Mesh → Plane или Cube), размещен поверх скульпта. Ему присвоены модификаторы Mirror и Shrinkwrap.
Система координат	Начало координат (Origin) низкополигонального объекта установлено в центр масс или на ось симметрии (для Mirror).

1.2.1 Блокинг

Создать основу сетки – полигоны, которые грубо повторяют форму скульпта, без детализации.

Для этого может быть полезен инструмент Poly Build: в режиме редактирования подобъектов (Tab), в панели инструментов выбрать Poly Build.

Стандартный алгоритм работы при ретопологии:

1. Начните с одного полигона, расположив его в любом удобном месте поверх исходной модели.

2. Экструдирование сетки: в режиме Poly Build нажмите Ctrl + ЛКМ на ребре существующей грани – появится новый полигон.

3. Двигайтесь по форме: сначала полосой полигонов обведите контуры и мышцы (плечи, талия, бедра).

4. Контроль прилегания: если вершина не прилипла к скульпту, убедитесь, что включена привязка (Snapping).

5. На этапе блокинга допустимы полигоны размером 1/10 от всей модели (например, для головы человека: 10–15 граней по вертикали). Сначала создайте 20–30 крупных квадов, покрывающих всю модель. Затем, если нужно, разбейте их с помощью Ctrl + R (Loop Cut).

1.2.2 Создание петель ребер

На этом этапе нужно заложить структурные линии, которые будут отвечать за деформацию при анимации. Инструменты: Loop Cut (Ctrl + R) и Knife Tool (K).

Таблица 1.3 – Правила размещения петель

Зона модели	Где обязательно сделать петлю (Edge Loop)
Глаза	Круг вокруг глазного яблока (минимум 8 вершин)
Рот	Замкнутый контур вокруг рта, чтобы губы могли улыбаться
Нос	Крылья носа, переносица (треугольная петля)
Суставы	Локти, колени, запястья: 3–4 петли
Плечи	Диагональная петля от подмышки к ключице

Алгоритм действий:

1. Добавьте базовую петлю вокруг глаза. Нажмите Ctrl + R, наведите на ребро рядом с глазницей, прокрутите колесико мыши, чтобы задать количество разрезов (обычно 2). Переместите разрез так, чтобы он обводил глаз.

2. Исправьте «квадратную» форму петли. Выделите вершины созданной петли. Нажмите S (Scale) и немного сместите их, чтобы петля повторяла овал глаза. Важно: Модификатор Shrinkwrap автоматически прижмет их к скульпту, но сначала грубо придайте форму.

3. Последовательно создайте петли ребер. Линии от глаза должны расходиться к виску, носу и щеке. Используйте инструмент Slide Vertices (GG дважды) – он позволяет двигать вершины вдоль существующих ребер, сохраняя направление ребра.

1.2.3 Сглаживание сетки

Следует устранить «эффект гармошки» (сжатые или растянутые квады) и добиться равномерного распределения вершин по поверхности. Так как в процессе предыдущего этапа возникает следующая проблема: после ручного перемещения вершин расстояния между ними становятся неравномерными. Инструмент: LoopTools → Relax

Алгоритм действий:

1. Выделите проблемную область, например, на щеке, где одни квады крошечные, а соседние – огромные.

2. Вызовите меню LoopTools. Правой кнопкой мыши (ПКМ) по выделению → LoopTools → Relax. Альтернатива: Панель N (Sidebar) → вкладка Edit → LoopTools → Relax.

3. Настройте инструмент Relax:

Iterations (итерации): 5–10 (среднее значение). Слишком много итераций – сетка сожмется.

Algorithm (алгоритм): Surface (если нужно прилегание к форме) или Geometry (просто выравнивание расстояний).

4. Не применяйте Relax ко всей модели сразу. На деталях (губы, веки) нужно либо выделять их и исключать из Relax, либо применять Relax локально. Для сложных зон используйте LoopTools → Space – он только выравнивает расстояние между вершинами вдоль одной петли, не разрушая деталь.

1.2.4 Управление модификатором Shrinkwrap

Периодически следует корректировать прилегание вершин, так как модификатор может накапливать ошибки. Признаки того, что Shrinkwrap «сломался»:

- вершина висит в воздухе (не касается скульпта),
- вершина провалилась внутрь (видно через скульпт в режиме X-Ray),
- на поверхности появляются «шипы» – вершины резко ушли вбок.

Алгоритм действий при восстановлении:

1. Проверка настроек модификатора:

Выберите низкополигональный объект, перейдите в стек модификаторов.

Убедитесь:

Target – исходная высокополигональная модель.

Wrap Method – Project (самый стабильный).

Direction – Positive (наружу) или Negative (внутри) в зависимости от того, с какой стороны сетка.

Offset = 0.000 (если сетка лежит точно на поверхности).

2. Принудительная привязка вершин:

Выделите все вершины (A). Откройте меню Vertex (в верхней панели редактора 3D) → Snap → Snap to Face (или Shift + S → Cursor to Selected, затем Snapping). Нажмите G (Grab) и тут же Enter – ничего не сдвигая, вы спровоцируете перепривязку.

1.2.5 Проверка топологии

Задача этого этапа – обнаружить скрытые дефекты, которые могут нарушить модель при сглаживании с помощью Subdivision Surface или анимации.

Поиск неправильных полигонов:

1. Горячая клавиша: Ctrl + Alt + Shift + M (Select → Select All by Trait → Faces by Sides).

2. В появившемся меню выберите: Number of Vertices = 3 (треугольники), потом повторите для 5+ (N-гоны).

3. Blender выделит их. Исправляйте с помощью Ctrl + X (Dissolve Edges) или J (Join to make Quad).

Поиск «звезд» (Poles) и их допустимость (проверить наличие звезд можно, включив режим Wireframe и визуально отследив места, где много ребер сходится в одну точку):

1. Вершина с 5 ребрами допустима на плоских участках.

2. Вершина с 3 ребрами – только в конце цепочки ребер (например, в углах глаз).

3. Вершина с 6 ребрами – критическая ошибка, нужно перестраивать сетку. Но часто 6-конечные звезды возникают на стыке двух зеркально расположенных частей объекта и являются следствием модификатора Mirror. В таком случае обычно достаточно впоследствии убрать среднюю цепочку ребер. На этом этапе, пока Mirror не применен к объекту, с ними ничего делать не нужно.

4. Вершина с 7 и более ребрами – критическая ошибка, нужно перестраивать сетку.

Проверка ориентации нормалей (синий/красный):

1. Включите режим Viewport Overlays → Face Orientation.

2. Модель должна быть синей. Обозначенные красным цветом грани вывернуты наизнанку.

3. Исправление: выделите красную грань → Alt + N → Flip.

Проверка сглаживанием:

1. Добавьте временный модификатор Subdivision Surface (Catmull-Clark, Levels = 2) поверх Mirror и Shrinkwrap.

2. Посмотрите, не появляются ли:

– «Вмятины» или «горбы» там, где их нет на скульпте.

– Складки там, где сетка была слишком разрежена.

– Разрывы по центру (если Mirror не настроен с Clipping).

Если что-то пошло не так – вернитесь к п.1.2.3 Сглаживание сетки.

Таблица 1.4 – Типовые ошибки и методы их исправлений

Ошибка	Внешний вид	Метод исправления в Blender
Нескрываемые полюса (Poles)	Звезда из 5 ребер в месте изгиба.	Пересмотрите полосы полигонов. Уберите лишние петли ребер с помощью Ctrl + X (Dissolve Edges).
Провисание сетки	Вертексы находятся внутри скульпта, а не на поверхности.	Увеличьте параметр Offset в модификаторе Shrinkwrap или переключите метод на Nearest Surface Point.
Треугольники (Tris)	Сетка выглядит плохо с модификатором Subdivision Surface.	Используйте Alt + J (Convert Triangles to Quads) или удалите лишнее ребро через Ctrl + X.

1.3 Программа выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим разделом настоящих методических указаний и повторить соответствующий лекционный материал.

2. Выполнить ретопологию одного из объектов, выданных преподавателем. Исправление сетки модели: предоставляется 3D-модель с некорректной топологией (содержит треугольники, N-гонов и другие ошибки). Задача – выполнить

ретополигию объекта, исправляя сетку, и добиться структуры, состоящей исключительно из четырехугольных полигонов.

3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

1.4 Вариант заданий

В таблице 1.5 приведены образцы возможных вариантов задания. Задание для проекта обсуждается с преподавателем и выбирается индивидуально.

Таблица 1.5 – Примеры заданий

№	Состав сцены
1	Ветка с листвой
2	Морская раковина
3	Ствол дерева
4	Цветок

1.5 Содержание отчета

Отчет по работе оформляется в форме презентации и содержит следующую информацию:

1. Название проекта.
2. Вариант задания.
3. Описание порядка выполнения ретополигии объекта.
4. Скриншоты исходного объекта, на разных этапах алгоритма ретополигии, и после ретополигии.

1.6 Контрольные вопросы

1. Почему для анимации персонажа предпочтительнее сетка 4-угольников, а не треугольников или автоматический QuadriFlow?
2. Каков физический смысл параметра «Offset» в модификаторе Shrinkwrap?
3. Чем нужно руководствоваться при управлении плотностью сетки? На что влияет плотность?
4. Какие горячие клавиши в Blender заменяют операции «Выдавить» и «Заполнить» при работе с Poly Build?

2 РИГГИНГ И СКИННИНГ ПЕРСОНАЖА

2.1 Цель работы

– Сформировать у обучающихся компетенции по созданию скелетной системы и настройке скиннинга для органического 3D-персонажа.

2.2 Краткие теоретические сведения

Риггинг (Rigging) – процесс создания системы управления (скелета и контроллеров), которая позволяет анимировать персонажа. Риг (armature) – это скелетная конструкция, размещаемая внутри модели.

Таблица 2.1 – Ключевые понятия

Термин	Описание
Armature (Арматура)	Объект Blender, состоящий из костей (bones).
Bone (Кость)	Базовый элемент скелета. Имеет начало (head), конец (tail) и три оси вращения.
Forward Kinematics (FK)	Прямая кинематика – вращение кости передается потомкам. Естественно, но трудоемко.
Inverse Kinematics (IK)	Инверсная кинематика – конечность тянется за «целью» (например, стопа остается на полу при движении бедра).
Weight Painting	Рисование весов – определение степени влияния каждой кости на каждую вершину сетки.
Vertex Groups (Группы вершин)	Контейнеры, где хранятся веса для конкретной кости.

2.2.1 Подготовка сцены

Импорт и очистка модели

1. Откройте файл с результатом ретопологии.
2. Убедитесь, что у модели:

Применены все модификаторы (кроме Mirror, если он еще нужен для симметрии).

Начало координат (Origin) установлен в центр масс (Object → Set Origin → Origin to Geometry).

Модель стоит в Т-позе или А-позе (руки в стороны, ладони вниз).

Создание скелетной системы

1. Shift + A → Armature → Single Bone.
2. Переименуйте кость в Root (через панель Object Data Properties).

Настройка отображения

Включите следующие опции для скелетной системы на вкладке Viewport Display:

1. In Front – кости всегда поверх модели.
2. Shapes → круг (Octahedral или Wire – на выбор).
3. X-Ray – режим, который позволяет видеть объекты насквозь.

2.2.2 Стандартная структура скелета персонажа

Root (начальная кость, обычно на полу между ног или в основе позвоночника)

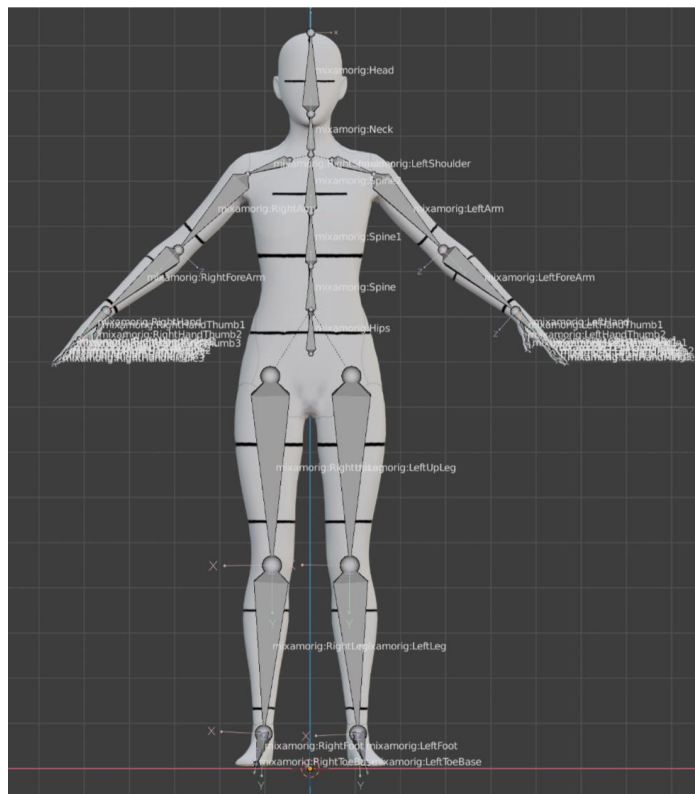
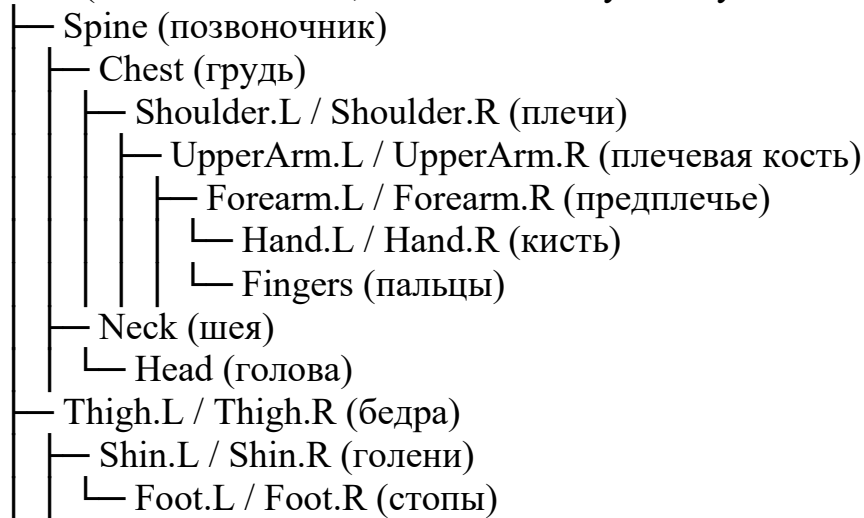


Рисунок 2.1 – Пример применения стандартной структуры скелета персонажа

2.2.3 Построение скелета персонажа

Позвоночник (Spine)

1. В режиме Edit Mode (Tab) выделите начальную кость.
2. Выдавите новую кость: E → потяните вверх.
3. Назовите ее Spine_01.
4. Повторите выдавливание: Spine_02 (поясница) → Spine_03 (грудь) → Chest (верх грудной клетки).

Правило: Все кости позвоночника должны слегка изгибаться вперед (S-образно), как настоящий позвоночник.

Шея и голова

1. Из кости Chest выдавите вверх кость Neck.
2. Из кости Neck – кость Head. Конец кости Head должен быть в точке макушки головы персонажа.

Руки

1. Из кости Chest выдавите в сторону (влево) → Shoulder.L (до плечевого сустава).
2. Из Shoulder.L → UpperArm.L (до локтя).
3. Из UpperArm.L → Forearm.L (до запястья).
4. Из Forearm.L → Hand.L (основание кисти).

Симметрия: выделите все левые кости (Shoulder.L, UpperArm.L и т.д.) → в меню Armature → Symmetrize. Blender создаст правые копии (суффикс .R).

Ноги

1. Из Spine_01 (таз) выдавите вниз и наружу → Thigh.L (до колена).
2. Из Thigh.L → Shin.L (до лодыжки).
3. Из Shin.L → Foot.L (стопа). Конец кости стопы должен быть на пятке.
4. Создайте дополнительную кость из Foot.L → Toe.L (пальцы).

Совет: включите Axes View (отображение осей) в свойствах скелета, чтобы видеть направления X/Y/Z. Для ног ось X должна смотреть вперед.

Проверка скелета и установка позы

Переключитесь в Pose Mode (Ctrl + Tab). Покрутите кости инструментом поворота или перемещения. Они должны вращаться естественно, не выпадая из суставов.

2.2.4 Настройка прямой (FK) и инверсной (IK) кинематики

Если кости создаются каждый раз через меню Add или копированием существующей кости, то связи в скелете нужно настраивать через меню Ctrl + P. Во всплывающем меню нужно выбрать Set Parent To (Установить родителя на), где можно установить вариант связи типа родитель-потомок.

Прямая кинематика (FK), т.е. привязка костей типа родитель-потомок, подключается автоматически в случае, если кости создаются экструдированием.

Инверсную кинематику (ИК) нужно подключать с помощью ограничителя. Инверсная кинематика позволяет управлять родительскими объектами через дочерние.

Добавим ИК для костей ноги

1. Перейдите в Pose Mode.
2. Создайте вспомогательную кость-контроллер (Controller):
Shift + A → Armature → Single Bone (вне основной арматуры).
Назовите, например, IK_Foot_L_Controller. Поместите ее под ступней.
3. Выделите кость Shin.L → перейдите во вкладку Bone Constraints.
4. Добавьте ограничитель Inverse Kinematics.
5. Настройте ограничитель:
Target: выберите вспомогательную арматуру (например, Armature.IK).
Bone: IK_Foot_L_Controller.

Chain Length: 2 (количество костей, на которые будет влиять контроллер – кости голени и бедра).

Pole Target: (опционально) нужен для контроля колена. Создайте кость IK_Pole_L позади колена.

6. Повторите все то же для правой ноги.

Добавим ИК для костей руки

1. Контроллер: IK_Hand_L_Controller на ладони.
2. Цепочка: Forearm.L → Chain Length = 2 (предплечье и плечо).
3. Pole Target: локтевая кость (IK_Elbow_Pole_L) сзади локтя.

Чтобы колени не выворачивались в обратную сторону нужно установить блокировку осей. В ограничении ИК для ноги включите флажок Use Pole Target и выберите соответствующую кость IK_Pole_L. Затем выделите IK_Pole_L → R + X (поверните по оси X так, чтобы колено смотрело строго вперед).

2.2.5 Привязка модели к скелету (скининг)

Автоматическая привязка (начальный этап):

1. Выделите весь скелет (Shift + клик на модель).
2. Выполните автоматическую развесовку Ctrl + P → With Automatic Weights.
Blender при этом автоматически назначит веса точкам, т.е. степень привязки к костям.
3. Проверьте модель, для чего перейдите в режим Weight Paint. Разными цветами будут показаны веса. Красный = 100% влияния кости на вершину, синий = 0%.

Таблица 2.2 – Типичные проблемы автоматической привязки

Проблема	Признак	Решение
«Магнит» на пальцах	Палец тянется за плечом	Кисть рисует вес на пальцы.

Деформация в подмышке	Вмятина при поднятии руки	Вручную добавить веса на плечевую кость в области подмышки.
«Складка» на шее	Шея разрывается при повороте головы	Увеличить влияние Neck и Head на верхнюю часть торса.
Колено выворачивается	Нога складывается назад	Неправильно настроен Pole Target. Вернитесь к этапу Блокировка осей.

Ручное рисование весов в режиме Weight Painting

1. Инструмент Draw (кисть) повышает вес, а при зажатом Ctrl – понижает вес.
2. Инструмент Blur – сглаживает переходы.
3. Инструмент Gradient – создает плавный градиент вдоль направляющей.

Точная установка весов

1. В режиме Weight Paint выберите кость в группе вершин (вкладка Object Data → Vertex Groups).
2. Установите Weight = 1.0 (красный) для областей, которые полностью принадлежат этой кости.
3. Постепенно уменьшайте вес к краю (0.5 – зеленый, 0.0 – синий).
4. Веса соседних костей в сумме должны давать 1.0 в любой вершине.

Ключевые зоны для ручной доводки: плечи и подмышки (переход рука → торс), таз и верхняя часть бедра (область паха), шея и ключицы.

2.2.5 Тестирование рига

В режиме Pose Mode создайте три ключевые контрольные позы и сохраните их в Action Editor. Исходная – T-Pose, руки в стороны, ладони вниз. Расслабленная поза – руки опущены, ноги слегка расставлены. Поза бега – одна нога согнута в колене, другая вытянута назад, руки согнуты в локтях.

Правильным можно считать риг, в котором нет «разрывов» сетки (кожа остается цельной), нет «скачков» там, где их быть не должно (например, в локте при сгибе), все пальцы сгибаются естественно, стопа остается на полу при движении бедра (работает ИК).

Если при проверке модель «ломается» в слабой степени, то можно прибегнуть к ручной развесовке. Сильные деформации (кость вырывает меш) свидетельствуют о том, что кость не привязана к группе вершин. Проверьте Vertex Group этой кости – возможно, она пустая. При наличии асимметрии удалите правые группы вершин и создайте их заново через Symmetrize в режиме весов.

2.3 Программа выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим разделом настоящих методических указаний и повторить соответствующий лекционный материал.

2. На основе предоставленной модели создать скелет, соответствующий её анатомии и структуре. Скелет должен быть корректно привязан к модели для дальнейшей работы с анимацией.

3. Создать и настроить контроллеры для управления ключевыми частями модели (например, конечности, корпус, голова).

4. Выполнить тестирование риггинга и скиннинга. Создать короткую тестовую анимацию (например, взмах крыла или ползущую змею), чтобы убедиться в корректности созданного рига.

5. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

2.4 Вариант заданий

В таблице 2.3 приведены образцы возможных вариантов задания. Задание для проекта обсуждается с преподавателем и выбирается индивидуально.

Таблица 2.3 – Примеры заданий

№	Состав сцены
1	Движение крыльев бабочки
2	Прыжок кота
3	Открытие двери/окна
4	Раскрытие цветка

2.5 Содержание отчета

Отчет по работе оформляется в форме презентации и содержит следующую информацию:

1. Название проекта.
2. Вариант задания.
3. Скриншоты процесса создания скелета персонажа.
4. Скриншоты персонажа в ключевых позах.
5. Результаты тестирования риггинга и скиннинга.

2.6 Контрольные вопросы

1. Чем отличается прямая и инверсная кинематика?
2. Почему в риггинге персонажа используется цепочка из нескольких костей для позвоночника, а не одна кость?
3. Почему сумма весов всех костей в одной вершине должна равняться 1.0?
4. Как исправить ситуацию, когда при поднятии руки у персонажа «проваливается» плечо?
5. Для чего нужны кости-контроллеры?

3 МОДЕЛИРОВАНИЕ С ПОМОЩЬЮ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ НОДОВ

3.1 Цель работы

– Сформировать у обучающихся базовые компетенции по созданию процедурных 3D-моделей и сцен с использованием нодовой системы Geometry Nodes в Blender.

3.2 Краткие теоретические сведения

3.2.1 Крупные пропсы

Geometry Nodes – это визуальная система программирования внутри Blender, которая позволяет создавать и манипулировать 3D-геометрией, соединяя между собой «ноды» (узлы). Вместо того чтобы изменять меш напрямую, вы создаете (дерево нодов), по которому Blender генерирует финальную геометрию.

Таблица 3.1 – Ключевые концепции

Концепция	Описание
Процедурное моделирование	Подход, при котором геометрия модели создается по алгоритму с помощью набора взаимосвязанных нодов. При этом изменяя один параметр (например, длину), вы автоматически меняете всю модель.
Node Tree (дерево нодов)	Визуальная программа, состоящая из нодов и соединяющих их дуг, по которым течет информация о геометрии и атрибутах.
Field (Поле)	Потоки данных в сети нодов состоят из информации для каждого элемента геометрии (вершины, грани, точки) и поля для них рассчитываются индивидуально. Полями могут быть, например, позиция (Position) или случайное значение (Random Value).
Instances (Экземпляры)	Экземпляры объектов в 3d-моделировании аналогичны экземплярам объектов в программировании. Вместо того чтобы создавать множество одинаковых полигонов, Geometry Nodes создает ссылки на один базовый объект, что экономит память.
Domain (Домен)	Область, к которой относятся данные: Point (точка), Edge (ребро), Face (грань), Spline (сплайн).

Визуальное программирование геометрии применяют для создания:

– окружения (леса, поля цветов, города, камни, распределение объектов по поверхности);

- параметрических объектов (лестницы, заборы, мосты, шестеренки, размеры которых можно менять "на лету");
- эффектов и анимации (ветки, вырастающие вдоль кривой; пульсирующие точки; процедурная рябь на воде);
- собственных инструментов моделирования (модификаторов, последовательности применения инструментов).

3.2.1 Подготовка сцены к визуальному программированию

1. Переключитесь в рабочую область Geometry Nodes.
2. В нодовом редакторе должен быть активен контекст Modifier (а не Tool) для создания модификатора объекта.
3. Нажмите Shift + A → Mesh → Grid (Сетка). Это будет базовый объект. Выделите эту плоскость. В панели свойств справа перейдите на вкладку Modifier Properties. Нажмите Add Modifier и выберите GeometryNodes.
4. Нажмите кнопку New в модификаторе. Blender создаст новое нодовое дерево и откроет его в нодовом редакторе.

3.2.2 Процедурное моделирование

При создании нового дерева нодов появляется два основных нода: Group Input и Group Output. Они обозначают начало и конец алгоритма.

1. Нажмите Shift + A и найдите нод Subdivide Mesh (Подразделить сетку). Поместите его между входом и выходом.
2. Соедините: Group Input (Geometry) → Subdivide Mesh (Mesh) → Group Output (Geometry).
3. Теперь добавьте нод Set Position (Установить положение) и поместите его после Subdivide Mesh.
4. Соедините: Subdivide Mesh (Mesh) → Set Position (Geometry).
5. Для установки смещения в Set Position подключите какой-нибудь вектор к его полю Offset (Смещение).
6. Добавьте нод Noise Texture (Текстура шума) и нод Vector Math (Векторная математика), выбрав в нем операцию Scale.
7. Соедините Noise Texture (Color) → Vector Math (Vector) → Vector Math → Set Position (Offset).
8. В нод Vector Math установите значение Scale = 0.2.

В результате этих действий будет создан процедурный ландшафт. Изменяя параметр Scale в нод Noise Texture, вы меняете «неровность» рельефа. Изменяя Levels в нод Subdivide Mesh, вы увеличиваете детализацию.

Теперь создадим параметрический объект, который будет изменяться в зависимости от длины кривой. В 3D выюпорте создайте Curve (Кривая) → Path (Путь). Это будет траектория объекта «забор». Создайте еще один базовый объект – дощечку (Cube, масштабируйте по осям: X=0.2, Y=0.1, Z=1). Объект должен быть выделен при создании нового модификатора. Выделите дощечку, перейдите на вкладку модификаторов и создайте для нее новый модификатор GeometryNodes.

Для сборки дерева нодов объекта «забор» удалите связь Group Input и Group Output. Добавьте нод Object Info (Информация об объекте), и в его поле Object выберите кривую (Path), которую вы создали. Нажмите кнопку Relative (относительно), чтобы дощечка "встала" на место кривой.

Добавьте нод Resample Curve (Ресэмплинг кривой) и подключите Object Info (Geometry) → Resample Curve (Curve). В Resample Curve выберите тип Count (Количество) и поставьте значение, например, 20. Это количество столбиков.

Добавьте нод Curve to Points (Кривую в точки) и подключите его. Добавьте нод Instance on Points (Экземпляр на точках).

Resample Curve → Curve to Points → Instance on Points (Points).

Instance on Points (Instance) подключите к своему Group Input (Geometry). То есть сама дощечка будет служить «кирпичиком». Включите в Instance on Points флажок Pick Instance. Это укажет системе брать именно эту дощечку. Нод Instance on Points подключите к Group Output.

В результате этих действий вдоль кривой выстроились столбики забора. Если удлинить кривую (Tab → Edit Mode → потянуть контрольную точку), количество столбиков автоматически пересчитается.

Для создания горизонтальных перекладин на разной высоте добавьте новый нод Instance on Points и разместите его после первого. Нам нужно сдвинуть точки, в которых создаются перекладины, вверх и вниз. Для этого между Curve to Points и новым Instance on Points вставьте нод Set Position. В Set Position в сокет Offset подключите нод Combine XYZ. По оси Z задайте значение, например, 0.5 м. В качестве экземпляра (Instance) для перекладины используйте примитив (Cube). Добавьте нод Cube и подключите его к Instance нового Instance on Points. Задайте ему нужный размер (например, X=0.1, Y=1, Z=0.1).

Скопируйте эту связку (Curve to Points -> Set Position -> Instance on Points) и сделайте второй ряд перекладин, изменив смещение по Z на -0.3.

Изменив всего один параметр (длину кривой), мы обновляем весь забор. В этом сила процедурного моделирования.

3.2.3 Анимация с помощью Geometry Nodes

Визуализация частиц без физики «Звездный дождь»

1. Создайте плоскость (Grid). Это будет земля.
2. Создайте для плоскости модификатор Geometry Nodes.
3. Добавьте нод Distribute Points on Faces (Распределить точки по граням), затем Instance on Points.
4. В качестве экземпляра создайте маленький конус (Cone Primitive).
5. Добавьте нод Set Position между Distribute Points on Faces и Instance on Points.
6. В Offset через Combine XYZ задайте смещение по Z (высота).
7. В значение высоты подайте Random Value. Точки будут падать на разную высоту.

8. Чтобы анимировать падение, в Random Value подайте Scene Time (Seconds), но используйте нод Math → Multiply и Sine, чтобы точки плавно опускались и поднимались, создавая эффект «танцующих» столбиков.

3.3 Программа выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим разделом настоящих методических указаний и повторить соответствующий лекционный материал.

2. Выбрать объект и выполнить для него моделирование и анимацию с помощью Geometry Nodes. Работа должна быть выполнена полностью с использованием геометрических нод.

3. Использовать минимум три разных типа нод для создания и изменения геометрии, например: Transform, Instance on Points и Subdivision Surface.

4. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

3.4 Вариант заданий

В таблице 3.2 приведены образцы возможных вариантов задания. Задание для проекта обсуждается с преподавателем и выбирается индивидуально.

Таблица 3.2 – Примеры заданий

№	Состав сцены
1	Цветок с лепестками
2	Лист алоэ
3	Простой город
4	Сетка рабица

3.5 Содержание отчета

Отчет по работе оформляется в форме презентации и содержит следующую информацию:

1. Название проекта
2. Вариант задания.
3. Скриншоты процесса создания модели.
4. Скриншоты дерева нодов.

3.6 Контрольные вопросы

1. Чем процедурное моделирование отличается от ручного (destructive)?
2. Что такое Instance (Экземпляр) и почему он важен для производительности?

3. В чем разница между контекстом Modifier и Tool в Geometry Nodes?
4. Для чего используется нод Capture Attribute (Захват атрибута)?
5. Объясните разницу между доменами (Domain) Point и Face на примере сетки и распределенных на ней точек.

4 UV-РАЗВЕРТКА ПЕРСОНАЖА

4.1 Цель работы

– Сформировать у обучающихся компетенции по созданию корректных UV-разверток для 3D-моделей, обеспечивающих качественное наложение текстур без искажений.

4.2 Краткие теоретические сведения

UV-развертка (UV Unwrapping) – это процесс преобразования трехмерной поверхности модели в двухмерную плоскую проекцию, которая затем используется для наложения текстур.

Таблица 4.1 – Ключевые понятия UV

Термин	Описание
UV-координаты	Двухмерные координаты (U – горизонталь, V – вертикаль), соответствующие 3D-вершинам модели. Диапазон – от 0 до 1 по каждой оси.
UV-Editor	Редактор в Blender для работы с UV-разверткой. Отображает 2D-проекцию модели.
Швы (Seams)	Ребра, по которым модель «разрезается» для развертки. Обозначаются оранжевым цветом.
UV-острова (Islands)	Отдельные фрагменты развертки, полученные после разрезания модели по швам.
Тексельная плотность (Texel Density)	Количество пикселей текстуры на единицу площади модели. Должна быть равномерной для всех частей.
Растяжение (Stretching)	Деформация UV-координат, приводящая к искажению текстуры на модели.
Pinning (Закрепление)	Фиксация определенных UV-вершин для контроля над разверткой.

В большинстве случаев без UV-развертки обойтись нельзя. Без UV-развертки невозможно наложить пользовательские текстуры (например, логотипы, детализированные материалы); использовать текстуру кожи, ткани или подобную другую поверхность; запечь карты нормалей (normal maps) с высокополигональной модели. Единственное исключение – процедурные текстуры, которые используют автоматические координаты (Generated или Object). Но даже для них часто требуется UV-развертка для точного контроля.

4.2.1 Подготовка сцены и модели

Для настройки рабочего пространства загрузите низкополигональную модель (результат ретопологии). Переключитесь на вкладку UV Editing в верхней панели (или выберите ее из выпадающего меню рабочих пространств). Интерфейс разделится на две области: 3D Viewport (режим редактирования) и UV Editor.

Для подготовки модели перед началом развертки убедитесь, что модель имеет чистую топологию; все модификаторы применены; модель находится в режиме редактирования (Tab).

Подключим тестовую текстуру. Для визуального контроля качества развертки используйте тестовую сетку:

В UV Editor нажмите Image → New. В появившемся окне введите настройки Width/Height – 1024 x 1024; Generated Type – UV Grid (или Color Grid). Нажмите OK. Теперь на модели в 3D Viewport (в режиме Material Preview) отобразится тестовая сетка. Если квадраты тестовой сетки имеют одинаковый размер, то на развертке растяжения нет. Если квадраты вытянуты или сжаты, значит есть растяжение и его нужно скорректировать.

4.2.2 Анализ модели и планирование швов

Прежде всего нужно продумать расположение швов развертки на модели. Общий принцип размещения швов – в местах наименьшей видимости. Чем больше швов, тем меньше будет растяжений. Не бойтесь добавлять швы – лучше сделать несколько аккуратных разрезов, чем получить искаженную текстуру. Швы должны быть там, где их будет не видно (на задней стороне, в складках, на стыках). Но даже если шов не получается разместить скрыто, его возможно сделать незаметным с помощью бесшовной текстуры. Для симметричных моделей можно сделать развертку одной половины и отразить ее (экономит время).

Таблица 4.2 – Основные правила размещения швов

Тип модели	Где размещать швы
Голова персонажа	За ушами, по контуру волос, вокруг глаз, рта, в ноздрях, внутри ушей, по центру на затылке и шее сзади по возможности под волосами
Тело/Костюм	По бокам туловища, по внутренней стороне рук и ног
Механические объекты	По ребрам жесткости, вдоль углов (в местах естественных стыков деталей)
Органика	В складках, на переломах форм

В режиме выделения ребер выделите ребра, где планируете сделать швы. Нажмите Ctrl + E (меню ребер) → Mark Seam. Отмеченные швы подсвелятся оранжевым цветом.

В качестве примера создадим развертку головы. Стандартный набор швов головы включает: сзади по центру головы, за ушами (от верхнего края уха до нижнего), по контуру рта (внутри рта, чтобы губы раскрылись), вокруг глаз (если глаза – отдельная геометрия).

Выделите всю модель (A – выделить все). Нажмите $U \rightarrow \text{Unwrap}$. В UV Editor появится результат.

4.2.3 Методы проецирования

Blender предлагает несколько методов, каждый проецирования – для разных типов геометрии

Таблица 4.3 – Методы проецирования

Метод	Горячая клавиша	Для чего использовать
Unwrap	$U \rightarrow \text{Unwrap}$	Органические формы, сложные модели со швами
Smart UV Project	$U \rightarrow \text{Smart UV Project}$	Механические объекты, архитектура, быстрая развертка
Project from View	$U \rightarrow \text{Project from View}$	Плоские или квази-плоские поверхности
Cube Projection	$U \rightarrow \text{Cube Projection}$	Кубические объекты, блоки
Sphere Projection	$U \rightarrow \text{Sphere Projection}$	Сферические объекты
Cylinder Projection	$U \rightarrow \text{Cylinder Projection}$	Цилиндрические объекты

Для сложных моделей развертку выполняют в несколько этапов. Если развернуть всю модель целиком, результат может быть хаотичным. Лучше разворачивать модель по частям.

Шаг 1: Развертка лица

1. Выделите только голову (исключая уши, шею).
2. $U \rightarrow \text{Sphere Projection}$ (или Unwrap при наличии швов).
3. Подгоните масштаб и положение.

Шаг 2: Развертка ушей

1. Выделите ухо.
2. Выровняйте вид, чтобы смотреть прямо на ухо.
3. $U \rightarrow \text{Project from View}$.

Шаг 3: Развертка шеи

1. Выделите шею.
2. $U \rightarrow \text{Cylinder Projection}$.

Шаг 4: Остальные части (руки, ноги, туловище) – аналогично, выбирая наиболее подходящий метод.

4.2.4 Работа с UV-островами

После развертки вы получите множество UV-островов, которые могут перекрываться и быть хаотично разбросаны.

Для выделения и перемещение островов в UV Editor переключите режим выделения на Island Select. При клике на любой остров он выделится целиком. Используйте базовые инструменты трансформации G (Grab) / S (Scale) / R (Rotate).

Самый быстрый способ организовать UV-развертку – автоматическая упаковка островов. Для этого выделите все острова (A в UV Editor). Нажмите $U \rightarrow \text{Pack Islands}$. Для настройки Pack Islands установите параметры Margin: 0.005–0.01 (отступы между островами), Rotate: включить (автоматический поворот для экономии места).

После автоматической упаковки стоит вручную подкорректировать расположение островов:

1. Масштабирование важных частей: лицо персонажа должно занимать больше места (потому что оно важнее). Выделите остров лица, нажмите S и увеличьте.
2. Выравнивание: если текстура имеет строгую ориентацию (например, полосы ткани), выровняйте острова по осям.
3. Симметрия: если модель симметрична, можно разместить левую и правую части одинаково (наложить друг на друга) для экономии места.

4.2.5 Проверка качества UV-развертки

Полученную развертку нужно визуально проверить с тестовой сеткой. Посмотрите на модель в 3D Viewport (в режиме Material Preview). Сетка должна быть ровная, квадраты не искажены. Если квадраты вытянуты в одну сторону, значит, есть растяжение.

В UV Editor есть инструмент для визуализации растяжения – подсветка растяжений (Stretching Overlay). Чтобы отобразить ее, в выпадающем меню UV Editor (рядом с кнопкой View) выберите Display Stretch. Инструмент использует цветовую индикацию:

- Синий – минимальное растяжение (хорошо);
- Зеленый – умеренное растяжение (приемлемо);
- Красный – сильное растяжение (требуется исправления).

Если обнаружены красные зоны, добавьте дополнительные швы в проблемной области. Затем повторите развертку ($U \rightarrow \text{Unwrap}$) с использованием Minimize Stretch ($U \rightarrow \text{Minimize Stretch}$) – этот метод пытается минимизировать искажения.

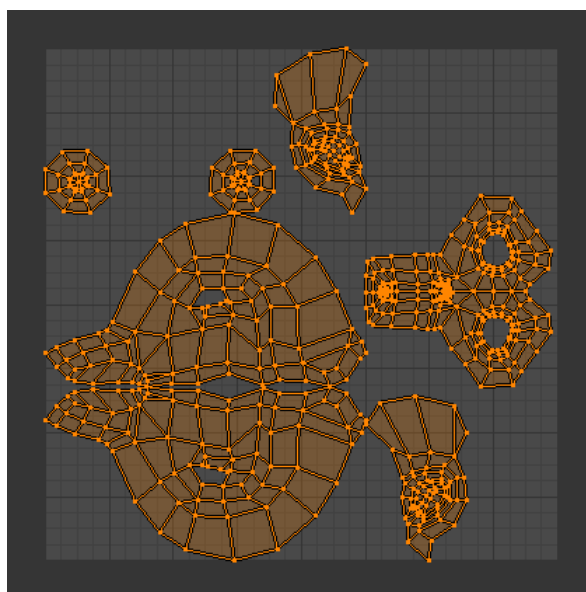


Рисунок 4.1 – Пример UV-развертки

4.2.6 Особые случаи и продвинутые техники

Функция Live Unwrap (Живая развертка) позволяет видеть изменения UV в реальном времени при перемещении вершин.

1. В UV Editor включите опцию Live Unwrap.
2. Закрепите ключевые UV-вершины, которые не должны двигаться.
3. Перемещайте другие вершины – UV автоматически пересчитывается.
4. Отключите Live Unwrap.

Одна модель может иметь несколько UV-карт для разных целей.

1. В свойствах объекта (вкладка зеленого треугольника) → UV Maps.
2. Нажмите + для создания новой карты.
3. Используйте разные развертки:
Карта 1: Для текстурных деталей (например, лицо);
Карта 2: Для тайловых материалов (например, ткань);
Карта 3: Для запеченного освещения.

Копирование UV-карты между моделями. Если у вас есть две модели с одинаковой геометрией (например, разные версии персонажа):

1. Выделите целевую модель (куда копируем).
2. Shift + выделите исходную модель (откуда копируем).
3. Ctrl + L → Transfer UV Maps.

4.3 Программа выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим разделом настоящих методических указаний и повторить соответствующий лекционный материал.
2. Осуществить UV развертку для модели из предоставленного перечня.
3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

4.4 Вариант заданий

В таблице 4.4 приведены образцы возможных вариантов задания. Задание для проекта обсуждается с преподавателем и выбирается индивидуально.

Таблица 4.4 – Примеры заданий

№	Состав сцены
1	Кружка
2	Бочка
3	Контейнер
4	Оружие

4.5 Содержание отчета

Отчет по работе оформляется в форме презентации и содержит следующую информацию:

1. Название проекта
2. Вариант задания.
3. Скриншоты процесса создания UV-развертки.
4. Скриншоты объекта с тестовой текстурой.

4.6 Контрольные вопросы

1. Почему UV-развертка необходима для текстур на основе изображений?
2. В каком случае можно использовать Smart UV Project вместо ручной разметки швов?
3. Что означает зеленый цвет в оверлее растяжения (Display Stretch)?
4. Для чего используется Project from View и в каких ситуациях он предпочтителен?
5. Как проверить, что развертка выполнена корректно, без искажений?
6. Что такое тексельная плотность и почему она должна быть равномерной?
7. В каких случаях имеет смысл создавать несколько UV-карт для одной модели?

5 СОЗДАНИЕ ТЕКСТУРЫ. ТЕКСТУРИРОВАНИЕ

5.1 Цель работы

– Сформировать у обучающихся компетенции по созданию и обработке текстур в Adobe Photoshop для последующего использования в 3D-моделях.

5.2 Краткие теоретические сведения

5.2.1 Основы текстурирования

Текстура (Texture) – это 2D-изображение, которое накладывается на поверхность 3D-модели для придания ей цвета, детализации и материальных свойств. Без текстур модели выглядят как одноцветные пластиковые формы.

Современный текстурирование использует PBR-подход (Physically Based Rendering), который включает несколько типов карт:

Таблица 5.1 – Типы карт

Тип карты	Цвет в Photoshop	Назначение
Diffuse (Albedo)	Цветное изображение	Базовый цвет материала без теней и бликов
Normal	Фиолетово-голубая	Имитирует рельеф и мелкие детали
Roughness	Оттенки серого	Определяет блеск поверхности (черный = глянец, белый = матовый)
Height (Displacement)	Оттенки серого	Создает реальный рельеф (черный = впадины, белый = выступы)
Ambient Occlusion	Оттенки серого	Имитирует теневые зоны

UV-развертка определяет, какой участок текстуры соответствует какой части 3D-модели. Экспортированный UV-шаблон (изображение) служит визуальным ориентиром: на нем присутствуют контуры всех UV-островов и можно точно рисовать в нужных областях.

Прежде чем начать создание текстуры в растровом редакторе, необходимо получить UV-шаблон – изображение с контурами развертки. Для этого в режиме Edit Mode (Tab) выделите всю модель (A) и в UV Editor перейдите в меню UV → Export UV Layout. В появившемся окне настройте параметры экспорта:

File Format: PNG (поддерживает прозрачность)

Fill Opacity: 0.0 (UV-линии на прозрачном фоне)

Edge Color: яркий цвет (например, зеленый – #00FF00), чтобы линии были хорошо видны

Size: 2048 x 2048 (разрешение будущей текстуры)

Затем нажмите Export UV Layout. В результате получаем PNG-файл с UV-разверткой модели на прозрачном фоне. Полученный файл можно отредактировать в любой программе растровой графики.

5.2.2 Diffuse Map – базовая цветовая текстура

Для заливки базовых цветов создайте новый слой (Ctrl + Shift + N) ниже UV-слоя и с помощью инструментов выделения, рисования и заливки распределите базовые цвета. Используя UV-шаблон как ориентир, наносите детали в соответствующих зонах.

- Лицо: добавьте глаза, брови, губы, румянец.
- Одежда: нарисуйте принты, логотипы, швы, пуговицы.
- Оружие/инструменты: добавьте царапины, потертости, гравировку.

Вместо рисования с нуля можно использовать фотографии реальных материалов. С этой целью используйте собственные фотографии или стоковые ресурсы. При необходимости ищите бесшовные текстуры. С помощью инструментов выделения, трансформации, маски слоя ограничивайте текстуры определенными областями. Выполните цветовую коррекцию и ретушь.

Фильтры растровых редакторов позволяют создавать процедурные текстуры, не требующие рисования вручную: кирпичная кладка, металлическая поверхность, древесная текстура, камень / скала, пикселизация.

5.2.3 Roughness Map – создание текстуры шероховатости

Карта шероховатости определяет, как свет отражается от поверхности. Создайте копию слоя Diffuse Map. Обесцветьте новый слой, настройте контраст: глянцевые зоны (кожа, металл, лакированное дерево) сделайте темнее, матовые зоны (ткань, резина, шероховатый пластик) сделайте светлее. При необходимости добавьте детали: для потертостей на металле используйте маску с шумом.

5.2.4 Normal Map – создание карты нормалей

Normal Map имитирует рельеф без изменения геометрии. Карту нормалей можно сделать из фотографии с помощью соответствующего фильтра растрового редактора. Другой способ создания карты нормалей – на основе карты высот (Height Map).

5.2.4 Экспорт текстур

Сохраните основной рабочий файл в исходном формате растрового редактора, чтобы сохранить все слои и маски для последующего редактирования. Для каждой созданной карты выполните экспорт.

Рекомендации по форматам:

1. PNG – предпочтителен (поддержка прозрачности, сжатие без потерь).
2. JPEG – только для Diffuse-карт, если важнее размер файла, а не качество.

Таблица 5.2 – Типичные ошибки и их решение

Ошибка	Причина	Исправление
Текстура «съезжает» на модели	Не совпадает разрешение UV-шаблона и текстуры	Экспортируйте UV Layout с тем же разрешением (например, 2048x2048), что и текстура

Видны швы между UV-островами	Отсутствует bleed (область перекрытия)	Используйте размытие по краям или добавьте bleed в настройках экспорта
Текстура выглядит плоской	Нет Roughness или Normal Map	Создайте дополнительные карты
Неправильные цвета текстуры	Работа в неправильном цветовом пространстве	Убедитесь, что документ в RGB, при экспорте проверьте профиль цвета (sRGB)

5.3 Программа выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим разделом настоящих методических указаний и повторить соответствующий лекционный материал.
2. Подготовить текстуры Diffuse Map, Roughness Map, Normal Map для объекта по варианту.
3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

5.4 Вариант заданий

В таблице 5.3 приведены образцы возможных вариантов задания. Задание для проекта обсуждается с преподавателем и выбирается индивидуально.

Таблица 5.3 – Примеры заданий

№	Состав сцены
1	Кружка
2	Бочка
3	Контейнер
4	Оружие

5.5 Содержание отчета

Отчет по работе оформляется в форме презентации и содержит следующую информацию:

1. Название проекта
2. Вариант задания.
3. Скриншот UV-шаблона.
4. Порядок создания текстур.
5. Скриншоты текстур Diffuse Map, Roughness Map, Normal Map.

5.6 Контрольные вопросы

1. Зачем нужен UV-шаблон при текстурировании в Photoshop?
2. Какие типы текстур входят в стандартный PBR-пайплайн?
3. Как в Photoshop создать Roughness Map на основе Diffuse-текстуры?
4. Почему UV-слой при работе рекомендуется блокировать?
5. Какие фильтры Photoshop можно использовать для создания процедурных текстур?

6 СОЗДАНИЕ МАТЕРИАЛОВ

6.1 Цель работы

– Сформировать у обучающихся компетенции по созданию материалов в Blender с использованием созданных в растровом редакторе текстур и нодовой системы Shader Editor.

6.2 Краткие теоретические сведения

6.2.1 Редактор материалов

Материал (Material) – это набор данных, определяющий, как поверхность объекта взаимодействует со светом. Материал включает информацию о цвете, блеске, прозрачности, рельефе и других визуальных свойствах.

Без материала объект отображается в стандартном сером цвете (режим Solid) или не имеет текстур (режим Material Preview).

Shader Editor – это редактор Blender, в котором материалы создаются путем визуального программирования – соединения нодов.

Таблица 6.1 – Ключевые ноды для PBR-материалов

Нод	Где найти	Назначение
Principled BSDF	Shift + A → Shader → Principled BSDF	Универсальный шейдер, основа большинства материалов
Image Texture	Shift + A → Texture → Image Texture	Загрузка внешних текстурных файлов
Texture Coordinate	Shift + A → Input → Texture Coordinate	Определяет, как текстура проецируется на модель
Mapping	Shift + A → Vector → Mapping	Масштабирование, вращение и смещение текстуры

Для подготовки рабочего пространства загрузите низкополигональную модель (результат развертки). Убедитесь, что созданные текстуры находятся в известной папке. Перейдите в рабочее пространство Shading. Интерфейс разделится на три области: 3D Viewport (в режиме Material Preview или Rendered), Shader Editor (дерево нодов материала), Properties (настройки материала, объекта, сцены).

Для создание нового материала выделите модель, перейдите на вкладку Material Properties, нажмите кнопку New. Blender создаст стандартный материал с нодом Principled BSDF.

К базовым операциям в редакторе материалов относятся:

- Прокрутка колесика мыши: масштабирование;
- Средняя кнопка мыши (зажата): панорамирование;

- Home: сбросить вид на все нодовое дерево;
- A: выделить все ноды;
- X или Delete: удалить выделенные ноды;
- Добавление нодов: Shift + A (или Add в меню), выберите нужную категорию (Input, Texture, Vector, Shader и т.д.), нод появится в редакторе, перетащите его на удобное место;
- Соединение нодов: зажмите левую кнопку мыши на выходном сожете (справа) одного нода и перетащите на входной сокет (слева) другого нода. Чтобы разорвать соединение: зажмите Ctrl + ПКМ перечеркните дугу.

6.2.2 Подключение текстур

Для подключения Diffuse Map нужно загрузить цветную текстуру и подключить ее к Base Color материала.

1. В Shader Editor нажмите Shift + A → Texture → Image Texture.
2. Разместите нод слева от Principled BSDF.
3. В нод Image Texture нажмите Open и выберите ваш файл Diffuse Map (например, Model_Diffuse.png).
4. Соедините выход Color нода Image Texture со входом Base Color нода Principled BSDF.

В результате на модели в 3D Viewport (в режиме Material Preview) должна отобразиться цветная текстура.

Если текстура отображается неправильно (растянута, не в тех местах), необходимо настроить координаты проецирования.

1. Добавьте нод Texture Coordinate (Shift + A → Input → Texture Coordinate).
2. Добавьте нод Mapping (Shift + A → Vector → Mapping).
3. Соедините: Texture Coordinate (UV) → Mapping (Vector) и Mapping (Vector) → Image Texture (Vector).
4. Параметры нода Mapping (по желанию): Location (X/Y/Z) – смещение текстуры, Rotation – поворот текстуры, Scale – масштаб текстуры (например, если нужно повторить текстуру несколько раз).

Для подключения Roughness Map нужно загрузить соответствующую текстуру и подключить ее к Roughness материала.

1. Добавьте второй нод Image Texture (Shift + A → Texture → Image Texture).
2. Откройте в нем карту Roughness Map.
3. Подключите к этому ноду выход Color от нода Mapping (или напрямую UV из Texture Coordinate), чтобы текстура шероховатости совпадала с Diffuse Map.
4. Соедините выход Color нода Roughness со входом Roughness нода Principled BSDF.

В результате глянцевые и матовые участки начнут отражать свет по-разному.

Для подключения Normal Map нужно загрузить соответствующую текстуру и подключить ее к Normal материала. Карта нормалей добавляет иллюзию рельефа.

1. Добавьте нод Image Texture (Shift + A → Texture → Image Texture).

2. Откройте в нем карту Normal Map.
3. Добавьте нод Normal Map (Shift + A → Vector → Normal Map).
4. Соедините: Image Texture (Color) → Normal Map (Color) и Normal Map (Normal) → Principled BSDF (Normal).
5. Убедитесь, что в настройках нода Image Texture для Normal Map Color Space установлен в Non-Color (не цветные данные), а не sRGB.

Если ваша модель содержит металлические части, используйте отдельную Metalness Map (ч/б текстура) или вручную задайте значение в параметре Metallic (0 = не металл, 1 = металл).

Для создания прозрачных материалов (стекло, ткань, волосы) в Properties → Material Properties → Settings настройте Blend Mode – Alpha Blend (или Alpha Hashed), Shadow Mode – Alpha Blend (или None). В Shader Editor подключите текстуру с прозрачностью (или значение) ко входу Alpha нода Principled BSDF. Соедините выход Alpha Principled BSDF со входом Surface нода Material Output.

6.2.3 Проверка материала

Полученный материал нужно визуально проверить в разных режимах:

1. Material Preview: быстрый просмотр материала в приблизительном окружении.
2. Rendered: финальный рендер с полным освещением (рекомендуется Cycles для PBR-материалов).

Добавьте простую световую установку для проверки материалов:

1. Shift + A → Light → Sun (основной свет)
2. Shift + A → Light → Area (дополнительный заполняющий свет)

На правильно настроенном PBR-материале цветовая текстура должна быть без смещений, глянцевые зоны должны отражать свет; матовые зоны – выглядеть мягко. Рельеф (Normal Map) должен создавать иллюзию объема.

Таблица 6.2 – Типичные ошибки и их решение

Ошибка	Причина	Исправление
Текстура не отображается	Неправильный формат файла или путь	Используйте PNG, проверьте относительные пути в Blender
Текстура «размазана» или повторяется	Не подключен нод Texture Coordinate	Добавьте UV из Texture Coordinate в Vector Image Texture
Normal Map не работает	Color Space не установлен в Non-Color	Измените в настройках Image Texture с sRGB на Non-Color
Материал не выглядит как PBR	Не подключена Roughness Map или Metallic	Проверьте все соединения; добавьте Roughness Map в соответствующий вход

Модель слишком темная	Недостаточно освещения в сцене	Добавьте источники света или включите мировое освещение (World Properties → Surface → Strength)
-----------------------	--------------------------------	---

6.3 Программа выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим разделом настоящих методических указаний и повторить соответствующий лекционный материал.
2. Создать абстрактную композицию из объектов с использованием минимум трех разных типов материалов и текстур. Возможные типы процедурных материалов: диффузный (пластик, дерево, резина, ткань), прозрачный (стекло), отражающий (металл, зеркало, лак), эмиссивный (светящийся), субповерхностный (воск, молоко, полудрагоценные камни).
3. Осуществить UV развертку для модели из предоставленного перечня.
4. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

6.4 Вариант заданий

В таблице 6.3 приведены образцы возможных вариантов задания. Задание для проекта обсуждается с преподавателем и выбирается индивидуально.

Таблица 6.3 – Примеры заданий

№	Типы процедурных материалов
1	Пластик, стекло, золото
2	Дерево, светящееся стекло, лак
3	Резина, зеркало, молоко
4	Льняное полотно, воск, серебро

6.5 Содержание отчета

Отчет по работе оформляется в форме презентации и содержит следующую информацию:

1. Название проекта
2. Вариант задания.
3. Скриншоты процесса создания сцены.
4. Схемы материалов.
5. Визуализация композиции в разрешении, подходящем для фона рабочего стола.

6.6 Контрольные вопросы

1. Какой шейдер в Blender является основным для создания PBR-материалов?
2. Зачем нужен нод Texture Coordinate и Mapping при подключении текстур?
3. Какой Color Space необходимо установить для Normal Map и Roughness Map? Почему?
4. Что нужно изменить в настройках материала, чтобы сделать его прозрачным?
5. Как в Shader Editor быстро удалить соединение между нодами?

7 АНИМАЦИЯ ПЕРСОНАЖА

7.1 Цель работы

Сформировать у обучающихся компетенции по созданию базовой анимации персонажа с использованием ключевых кадров, редактора кривых и нелинейной анимации.

7.2 Краткие теоретические сведения

Анимация (Animation) – это процесс изменения свойств объекта во времени. В Blender анимация создается с помощью ключевых кадров (keyframes) – отметок на временной шкале, в которых сохраняется определенное состояние объекта (положение, поворот, масштаб или любой другой параметр). Промежуточные состояния между ключевыми кадрами Blender вычисляет автоматически – это называется интерполяцией.

Таблица 7.1 – Основные понятия

Термин	Описание
Keyframe (Ключевой кадр)	Метка времени, в которой сохраняется значение свойства. В 3D Viewport имя активного объекта при нахождении на ключевом кадре подсвечивается желтым.
F-Curve (Ф-кривая)	Кривая, описывающая изменение значения свойства во времени. График отображается в Graph Editor.
Интерполяция (Interpolation)	Способ расчета промежуточных значений между ключевыми кадрами. Основные типы: Constant (ступенчатая), Linear (линейная), Bézier (плавная).
Экстраполяция (Extrapolation)	Поведение кривой до первого и после последнего ключевого кадра (например, зацикливание).
Action (Экшн)	Запись анимации (набор ключевых кадров), которую можно сохранить и повторно использовать.
NLA (Non-Linear Animation)	Система нелинейной анимации, позволяющая накладывать и смешивать несколько Actions.
Pose (Поза)	Положение скелета (всех костей) в конкретный момент времени.

7.2.1 Основные принципы анимации персонажа

Для создания реалистичного движения персонажа необходимо учитывать основные принципы анимации.

Тайминг – количество кадров для выполнения действия определяет его скорость и вес. Спейсинг – распределение ключевых кадров влияет на характер движения (легкое/тяжелое). Предвидение – небольшое движение в противоположную сторону перед основным действием (например, приседание перед прыжком).

Следование – инерционное движение частей тела после завершения основного действия. Перекрытие – разные части тела заканчивают движение в разное время.

Основной применяемый в Blender тип анимации – по ключевым кадрам. Программа позволяет визуально различать типы ключевых кадров по цвету и форме.

Таблица 7.2 – Типы ключевых кадров

Тип	Цвет/Форма	Назначение
Keyframe	Белый/желтый ромб	Обычный ключевой кадр
Breakdown	Маленький голубой ромб	Промежуточный ключевой кадр, помогает контролировать переход между основными позами
Moving Hold	Темно-серый/оранжевый ромб	Добавляет небольшое движение вокруг удерживаемой позиции
Extreme	Большой розовый ромб	Экстремальное положение (например, максимальный шаг)

7.2.1 Подготовка сцены

Загрузите файл с персонажем (результат риггинга). Переключитесь на вкладку Animation в верхней панели (или через меню рабочих пространств). Интерфейс разделится на несколько областей: 3D Viewport в режиме Pose Mode для управления скелетом, Timeline – временная шкала для управления ключевыми кадрами, Dope Sheet – обзор всех ключевых кадров, удобен для массового редактирования, Graph Editor – редактор кривых для точной настройки интерполяции.

Временная шкала требует настройки. Например, для анимации цикла ходьбы настройте следующие параметры.

1. В окне Timeline измените End frame на 25 (для 25-кадрового цикла) или на 49 (для 49-кадрового цикла ходьбы на 2 шага).

2. Frame rate: обычно 24 или 30 FPS. Проверить можно в Properties → Output Properties → Format → Frame Rate.

Auto Keying – функция автоматического создания ключевых кадров при изменении свойств. Включается этот режим в Timeline. Когда Auto Keying активна, любое перемещение кости автоматически создает ключевой кадр. Не забывайте ее выключать, когда не анимируете.

Прежде чем создавать сложную анимацию, освоим базовые операции с ключевыми кадрами. Рекомендуемый тип ключа для персонажа: I → Location & Rotation (или LocRot), так как масштаб костей обычно не меняется.

Навигация по кадрам осуществляется стрелками влево/вправо (переход на предыдущий/следующий ключевой кадр), Shift + Стрелка влево/вправо (переход на начало/конец анимации), ЛКМ на временной шкале: переместить текущий кадр.

7.2.2 Создание анимации

В качестве примера рассмотрим **цикл ходьбы** (walk cycle) – это базовая анимация, которая зацикливается и создает иллюзию непрерывной ходьбы.

Стандартный цикл ходьбы состоит из двух шагов (левый и правый) и имеет 4 ключевые позы.

Таблица 7.3 – Ключевые позы

Поза	Кадр (на 24 кадра)	Описание
Contact (Контакт)	1 и 13	Пятка одной ноги касается земли, другая нога сзади. Руки противоположны ногам.
Down (Низ)	4 и 16	Вес тела перенесен на переднюю ногу. Тело опущено.
Passing (Проход)	7 и 19	Одна нога проходит мимо опорной. Максимальный изгиб колена.
Up (Верх)	10 и 22	Тело поднято, ноги максимально широко расставлены.

Важно: на кадре 25 повторите позу кадра 1 – это обеспечит зацикливание.

Пошаговое создание анимации

Шаг 1: Contact Pose (Кадр 1)

1. Установите текущий кадр на 1.
2. Поставьте персонажа в Т-позу (исходное положение).

3. Настройте позу:

Левая нога: впереди (слегка согнута в колене).

Правая нога: сзади (прямая).

Левая рука: сзади (локоть согнут).

Правая рука: впереди.

Корпус: слегка наклонен вперед.

4. Выделите все кости (A) и вставьте ключевой кадр (I → Location & Rotation).

Шаг 2: Passing Pose (Кадр 7)

1. Переместите Playhead на кадр 7.

2. Измените позу:

Ноги проходят мимо друг друга (обе согнуты в коленях).

Руки в крайних точках маха.

Тело опущено ниже.

3. Вставьте ключевой кадр.

Шаг 3: Contact Pose (Кадр 13) – противоположная нога

1. Переместите Playhead на кадр 13.

2. Смените опорную ногу:

Правая нога впереди.

Левая нога сзади.

Руки меняют положение.

3. Вставьте ключевой кадр.

Шаг 4: Passing Pose (Кадр 19)

1. На кадре 19 повторите позу как на кадре 7, но с другими ногами.

2. Вставьте ключевой кадр.

Шаг 5: Замыкание цикла (Кадр 25)

1. Скопируйте ключевой кадр с кадра 1 (выделите все кости на кадре 1 → нажмите Ctrl + C).

2. Перейдите на кадр 25 → Ctrl + V (вставить ключевые кадры).

Добавление движения корпуса

Ходьба – это не только движение ног и рук. Добавим естественное движение корпуса:

1. Вертикальное движение: выделите корневую кость (Root) – на кадрах Down (4 и 16) опустите ее вниз, на кадрах Up (10 и 22) поднимите вверх.

2. Вращение таза: на кадрах Contact слегка поверните таз в сторону опорной ноги.

3. Движение головы: Голова должна оставаться стабильной, но следовать за движениями корпуса.

7.2.3 Работа в Graph Editor

После создания ключевых поз анимация может выглядеть резкой или неестественной. Graph Editor позволяет настроить плавность движения. В рабочей области Animation переключите один из редакторов в Graph Editor.

Таблица 7.4 – Базовые операции с кривыми

Операция	Действие	Результат
Выбор канала	Кликнуть по названию канала слева (например, pose.bones["UpperArm.L"].rotation_euler.X)	Отобразится только эта кривая
Выбор ключей	B → выделить область	Выделение нескольких ключей
Перемещение ключей	G → двигать	Изменение времени/значения
Сглаживание кривой	Выделить ключи → V → Auto Clamped	Автоматическое сглаживание
Линейная интерполяция	Выделить ключи → V → Linear	Резкое изменение (для ударов)

Настройка касания стоп (Fix Foot Sliding). Одна из самых частых проблем в анимации ходьбы – скольжение стоп по полу.

Решение проблемы:

1. В Graph Editor найдите кривые для костей стоп (Foot.L, Foot.R).

2. Выделите ключи, отвечающие за момент касания земли.

3. Убедитесь, что в эти моменты нога не движется по горизонтали.

4. При необходимости используйте Pivot или IK для фиксации стопы.

Чтобы цикл ходьбы повторялся бесконечно, нужно настроить экстраполяцию. С помощью модификатора Cyclic в Graph Editor.

1. В Graph Editor выберите нужную F-кривую.
2. Перейдите на вкладку Modifiers (в боковой панели, N).
3. Нажмите Add Modifier → Cycles.
4. Настройте:
Before: Repeat (повторять перед первым ключом)
After: Repeat (повторять после последнего ключа)

С помощью Action Editor и NLA. Этот метод удобен, когда у вас несколько разных анимаций.

1. Переключитесь в Action Editor (вместо Dope Sheet).
2. Ваша анимация уже сохранена как Action (обычно Action).
3. Переименуйте ее в WalkCycle (двойной клик по имени).
4. Переключитесь в NLA Editor.
5. Нажмите Push Down Action (иконка с зеленой стрелкой вниз) – Action добавится в NLA-трек.
6. Настройте повторение (Repeat) в свойствах трека.

7.2.4 Просмотр и экспорт анимации

Для просмотра анимации в Timeline нажмите Play или клавишу Пробел. Включите циклический просмотр: в Timeline нажмите кнопку Cyclic (зациклить воспроизведение).

Для использования анимации в других программах (игровых движках) экспортируйте модель вместе с анимацией. Для этого выделите модель и скелет. Экспортируйте в fbx формат: File → Export → FBX. В настройках экспорта:

Include: включите Armature, Mesh.

Baking: включите Bake Animation.

Keyframe Range: укажите нужный диапазон (1-25).

Таблица 7.5 – Типичные ошибки и их решение

Ошибка	Причина	Исправление
Анимация выглядит "дерганой"	Недостаточно ключевых кадров или неправильная интерполяция	Добавьте Breakdown (голубые ромбы) в середине движений
Ноги скользят по полу	Отсутствие фиксации стоп в момент касания	В Graph Editor проверьте позиции стоп в ключевые моменты
Анимация не зацикливается	Не совпадают позы на первом и последнем кадрах	Скопируйте позу с кадра 1 на последний кадр

Части тела движутся синхронно	Нет перекрытия движений	Разнесите ключевые кадры для разных частей тела на несколько кадров
Персонаж "всплывает" при ходьбе	Не настроено вертикальное движение корпуса	Добавьте ключи для Root по оси Z в положениях Down и Up

7.3 Программа выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим разделом настоящих методических указаний и повторить соответствующий лекционный материал.
2. Создать анимацию объектов с использованием физики ткани и/или твердых тел, ограничителей, драйверов и/или кривых анимаций (Graph Editor).
3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

7.4 Вариант заданий

В таблице 7.6 приведены образцы возможных вариантов задания. Задание для проекта обсуждается с преподавателем и выбирается индивидуально.

Таблица 7.6 – Примеры заданий

№	Анимируемый объект
1	Анимация развевающегося флага
2	Анимация расстилания скатерти
3	Анимация разлета частиц
4	Анимация прыгающего персонажа

7.5 Содержание отчета

Отчет по работе оформляется в форме презентации и содержит следующую информацию:

1. Название проекта
2. Вариант задания.
3. Скриншоты процесса создания анимации.
4. Скриншоты, на которых видны ограничители.
5. Скриншоты кривых анимации в Graph Editor и/или настроек драйвера.

7.6 Контрольные вопросы

1. Что такое интерполяция? Какие типы интерполяции существуют в Blender?

2. Как отличить обычный ключевой кадр (Keyframe) от промежуточного (Breakdown) в Dope Sheet?
3. Для чего нужен Graph Editor и как он помогает улучшить анимацию?
4. Почему важно фиксировать стопы при создании ходьбы? Как это сделать?
5. Что такое NLA и для чего он используется?

8 ЭКСПОРТ И ЗАГРУЗКА ПЕРСОНАЖА В UNREAL ENGINE

8.1 Цель работы

– Сформировать у обучающихся компетенции по экспорту 3D-персонажа из Blender и его импорту в Unreal Engine 5 с сохранением скелетной анимации и материалов.

8.2 Краткие теоретические сведения

8.2.1 Основы работы с игровым движком

Unreal Engine (UE) – это игровой движок, разработанный компанией Epic Games. Он использует собственный формат ассетов (.uasset), но основным форматом для импорта моделей и анимаций из внешних 3D-редакторов является FBX. Формат FBX был создан компанией Autodesk и стал отраслевым стандартом для обмена 3D-данными между различными приложениями. Он поддерживает: сетки (меш), скелетную анимацию, морф-таргеты (мимика), материалы и текстуры.

8.2.2 Работа в Unreal Engine 5

Создание проекта в Unreal Engine 5 (UE5) и импорт модели:

1. Запустите Epic Games Launcher → Unreal Engine → Launch

2. Создайте новый проект:

Game → Third Person (шаблон с управлением) или Blank (пустой проект)

C++ или Blueprint – выберите Blueprint для простоты

Project Name: MyCharacterProject

Location: выберите папку

Нажмите Create

3. В Content Browser перейдите в папку Content (или создайте новую, например, Characters), нажмите кнопку Import (или просто перетащите вашу модель в формате .fbx в окно Content Browser).

4. В окне FBX Import Options настройте параметры, нажмите Import All

5. После успешного импорта в Content Browser появятся: Skeletal Mesh – модель персонажа, Skeleton – скелет (автоматически создан), Physics Asset – физическое тело (можно настроить позже), материалы – созданные из текстур.

Теперь импортируем анимации, созданные в Blender:

1. Экспортируйте анимацию из Blender:

Выделите только скелет (меш можно скрыть), установите нужный диапазон кадров в Timeline и экспортируйте FBX с теми же настройками трансформации (Forward = -Z, Up = Y). Включите Bake Animation

2. В UE5: Import → выберите FBX с анимацией. В FBX Import Options: Skeletal Mesh – выключить (не нужно импортировать меш повторно), Animation – включить, Skeleton – выбрать скелет персонажа из выпадающего списка, нажать Import.

8.3 Программа выполнения работы

1. Ознакомиться с теоретическим разделом настоящих методических указаний и повторить соответствующий лекционный материал.
2. Осуществить загрузку модели и текстуры в движок Unreal engine.
3. Подготовить ответы на контрольные вопросы.

8.4 Вариант заданий

В таблице 8.1 приведены образцы возможных вариантов задания. Задание для проекта обсуждается с преподавателем и выбирается индивидуально.

Таблица 8.1 – Примеры заданий

№	Состав сцены
1	Кружка
2	Бочка
3	Контейнер
4	Оружие

8.5 Содержание отчета

Отчет по работе оформляется в форме презентации и содержит следующую информацию:

1. Название проекта
2. Вариант задания.
3. Скриншот UV-шаблона.
4. Порядок создания текстур.
5. Скриншоты текстур Diffuse Map, Roughness Map, Normal Map.

8.6 Контрольные вопросы

1. Почему FBX является предпочтительным форматом для экспорта в Unreal Engine?
2. Какие настройки экспорта из Blender критически важны для корректной ориентации персонажа в UE5?
3. Чем отличается Skeletal Mesh от Static Mesh в Unreal Engine?
4. Какой ассет в Unreal Engine связывает скелет и анимации с персонажем в игре?
5. Почему важно триангулировать сетку перед экспортом в игровой движок?
6. Как импортировать несколько анимаций для одного и того же скелета без дублирования меша?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Технология трехмерного моделирования и текстурирования объектов в Blender 3d и 3d Max : учебное пособие / А. А. Кузьменко, А. Д. Гладченков, В. А. Шкаберин [и др.]. — Москва : ФЛИНТА, 2019. — 142 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125515> (дата обращения: 18.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — ISBN 978-5-9765-4216-7. — Текст : электронный.
2. Болбаков, Р. Г. Профильные задачи компьютерной графики в игровом движке Unity : учебно-методическое пособие / Р. Г. Болбаков, А. В. Сеницын, А. Н. Чернигин. — Москва : РТУ МИРЭА, 2024. — 144 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/421121> (дата обращения: 18.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — ISBN 978-5-7339-2176-1. — Текст : электронный.
3. Болбаков, Р. Г. Моделирование и разработка приложений виртуальной реальности в игровом движке UNITY : учебно-методическое пособие / Р. Г. Болбаков, А. В. Сеницын, А. Н. Чернигин. — Москва : РТУ МИРЭА, 2023. — 128 с. — URL: <https://e.lanbook.com/book/398261> (дата обращения: 18.05.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей. — ISBN 978-5-7339-2045-0. — Текст : электронный.

**П Р А К Т И К У М
ПО 3D-МОДЕЛИРОВАНИЮ
ДЛЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР**

Методические указания

В двух частях

Часть 2

Составители: **Безуглая** Анна Евгеньевна,
Собченко Максим Владимирович

В авторской редакции

Изд. № 72/2026. Объем 3 п. л. Усл. печ. л. 2,79. Уч.-изд. л. 2,94.
Издательский центр ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»