

Министерство цифрового развития, связи и массовых коммуникаций
Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики»
(ФГОБУ ВПО «СибГУТИ»)
Кафедра систем автоматизированного проектирования (САПР)

КУРСОВАЯ РАБОТА

По дисциплине: Технологии трёхмерной анимации
Тема: «Симуляция твёрдых тел и разрушений в Blender»

Выполнил Ланин В. Р.

(Ф.И.О.)

Группа ТТМ-21

Проверил преподаватель:

Хохлов П. В.

(Ф.И.О.)

Новосибирск 2024 г.

Содержание

1. Введение	3
2. Что такое симуляция	4
3. Параметры Rigid Body (физического тела)	5
4. Симуляция выстрела ядра в трёхмерную матрицу коробок	10
5. Аддон Cell Fracture	11
6. Простая симуляция разрушения с помощью Cell Fracture	18
7. Аддон RBDLab	19
8. Реалистичное разрушение башни	Ошибка! Закладка не определена.
9. Заключение	45
10. Библиография	46

1. Введение

Цель работы: Изучение основных параметров симуляции твёрдых тел и их использование для создания реалистичных взаимодействий и разрушений в программе Blender с целью повышения качества создаваемых анимаций. Приобретение практических навыков в создании разнообразных симуляций твёрдых тел в Blender.

Вопросы

1. В каких целях применяются симуляции в трёхмерных сценах?
2. Что такое симуляция твёрдых тел в Blender ?
3. Основные параметры для симуляции твёрдых тел ?
4. Отличие параметров rigid body от collision ?
5. Принцип работы Cell Fracture ?
6. Связь аддонов RBDLab и Cell Fracture ?
7. Проблема использования RBDLab на версиях Blender выше 4.2?
8. Какова роль симуляции в современной 3D-графике и анимации?
9. В чём заключаются ключевые особенности симуляции твёрдых тел в Blender?
10. Какие физические параметры необходимо учитывать при настройке симуляции твёрдых тел?
11. Чем различаются подходы к симуляции твёрдых и мягких тел в 3D-анимации?
12. Какие алгоритмы и методы используются для моделирования разрушений в Blender?
13. Как использование аддонов, таких как Cell Fracture и RBDLab, расширяет возможности симуляции?
14. Какие проблемы возникают при работе с аддонами на разных версиях Blender, и как их можно решить?
15. Как симуляция твёрдых тел способствует созданию реалистичных анимаций в фильмах и играх?

Аддон:

Cell Fracture
RBDLab

2. Что такое симуляция

В контексте моделирования твёрдых тел симуляция представляет собой процесс имитации физических взаимодействий объектов в виртуальной среде с учётом законов физики, таких как гравитация, трение, упругость и столкновения. Это ключевой инструмент для создания правдоподобной анимации разрушений, падений или движений в 3D-сценах.

Физическая симуляция твёрдых тел (Rigid Body Simulation) в Blender позволяет моделировать поведение объектов, которые сохраняют свою форму при взаимодействии друг с другом, таких как камни, деревянные балки или металлические детали. Основная цель симуляции — придать реалистичность анимации, избавив пользователя от необходимости вручную прорисовывать сложные физические процессы.

Важно отметить, что в Blender отсутствует встроенная система для моделирования разрушений. Поэтому для реализации симуляции разрушения твёрдых тел используются сторонние аддоны, такие как Cell Fracture и RBDLab. Эти инструменты обеспечивают возможности для разбиения объектов на фрагменты, настройки взаимодействий между ними и симуляции динамических эффектов разрушений.

В рамках проекта будут исследованы основные параметры, необходимые для успешной симуляции, такие как масса, форма столкновения и трение. Также будет продемонстрировано, как правильно организовать сцену для моделирования разрушений, включая настройку начальных условий.

3. Параметры Rigid Body (физического тела)

Симуляция твёрдых тел (Rigid Body Simulation) используется для объектов, которые не деформируются при взаимодействии друг с другом. Это могут быть кирпичи, камни, металлические предметы и другие твёрдые материалы. В Blender можно задать поведение твёрдых тел на основе физических законов, например, столкновение объектов, гравитацию и инерцию. В Blender есть похожая на Rigid Body настройка, называемая Collision (Столкновение). Отличается она тем что взаимодействует с мягкими телами, жидкостями и частицами, но не с твёрдыми телами.

Параметры симуляции твёрдых тел:

Первый и основополагающий параметр это Type (Тип), в котором имеется лишь 2 варианта: Active (Активные объекты) — это объекты, которые участвуют в симуляции и могут двигаться под действием физических сил, например, гравитации или столкновений. Эти объекты подвержены физическим законам и могут анимироваться автоматически. И Passive (Пассивные объекты) — это неподвижные объекты, которые не поддаются воздействию физики, но взаимодействуют с активными объектами. Например, пол, на который может падать кружка.



Рисунок 3.1 – Параметр типа объекта физического тела

В подконе Settings (Настройки) имеются настройки:

Mass (Масса) — определяет, насколько объект «тяжёлый» в симуляции. Объекты с большей массой будут двигаться медленнее под действием силы и сильнее воздействовать на другие объекты при столкновении (при выборе типа Active).

Dynamic (Динамика)- включает/выключает моделирование жёсткого тела для объекта (при выборе типа Active).

Animated (Анимированность) - позволяет жёсткому телу дополнительно управляться системой анимации (при выборе типа Active или Passive).

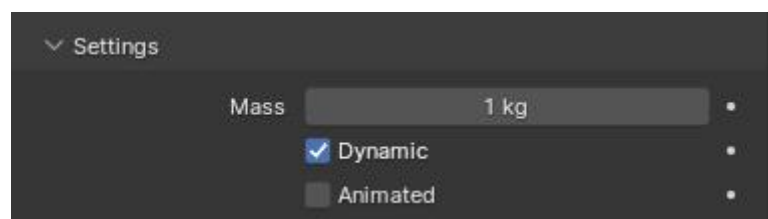


Рисунок 3.2 – Параметр настроек объекта физического тела

В подокне Collisions:

Форма (shape) - Определяет форму столкновения объекта; их можно разделить на две категории: примитивные формы и формы на основе сетки.

Примитивные формы (Box, Sphere, Capsule, Cylinder и Cone) лучше всего подходят с точки зрения памяти и производительности, но не обязательно отражают реальную форму объекта. Они рассчитываются на основе габаритного контейнера объекта. Центр тяжести всегда находится в геометрическом центре фигуры. Примитивные формы можно отобразить в 3D-вьюпорте, включив границы.

Формы на основе меша (Convex Hull и Mesh) рассчитываются на основе геометрии объекта, поэтому они лучше представляют объект. Центром тяжести этих фигур является ориджин объекта.

Convex Hull (Выпуклая оболочка) - поверхность, похожая на меш, охватывающая (например, обёрнутая) все вершины (лучшие результаты с меньшим количеством вершин). Выпуклая аппроксимация объекта, имеющая хорошую производительность и стабильность.

Mesh (Сетка) - меш, состоящий только из треугольников, обеспечивающий более детальное взаимодействие, чем выпуклые оболочки. Позволяет симулировать вогнутые объекты, но работает довольно медленно и нестабильно.

Compound parent (Составное родство) - берёт формы коллизий от дочерних объектов и объединяет их. Это позволяет создавать вогнутые формы из примитивных форм. Обычно это приводит к более быстрой симуляции, чем форма столкновения меша, а также в целом более стабильная.

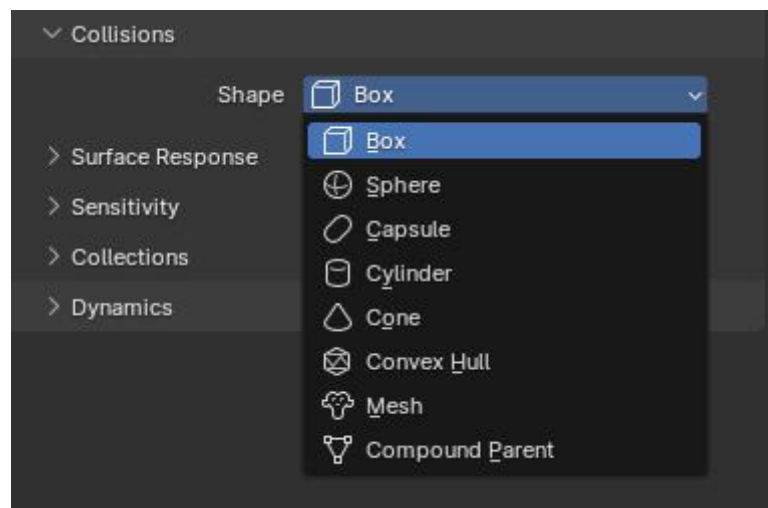


Рисунок 3.3 – Параметр столкновений физического тела, подраздел форма

Source (Источник) - источник сетки, используемый для создания формы для столкновения:

Base (Основа) - базовая сетка объекта.

Deform (Деформация) - включает любые деформации, добавленные к мешу (ключи формы, модификаторы деформации).

Final (Итоговый результат) - включает в себя все деформации и модификаторы.

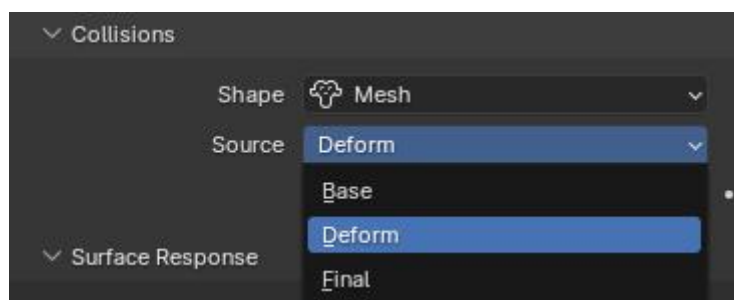


Рисунок 3.4 – Параметр столкновений физического тела, подраздел источник

Surface Response (Реакция поверхности):

Friction (Трение) - сопротивление объекта движению. Указывает, какая скорость теряется при столкновении объектов друг с другом.

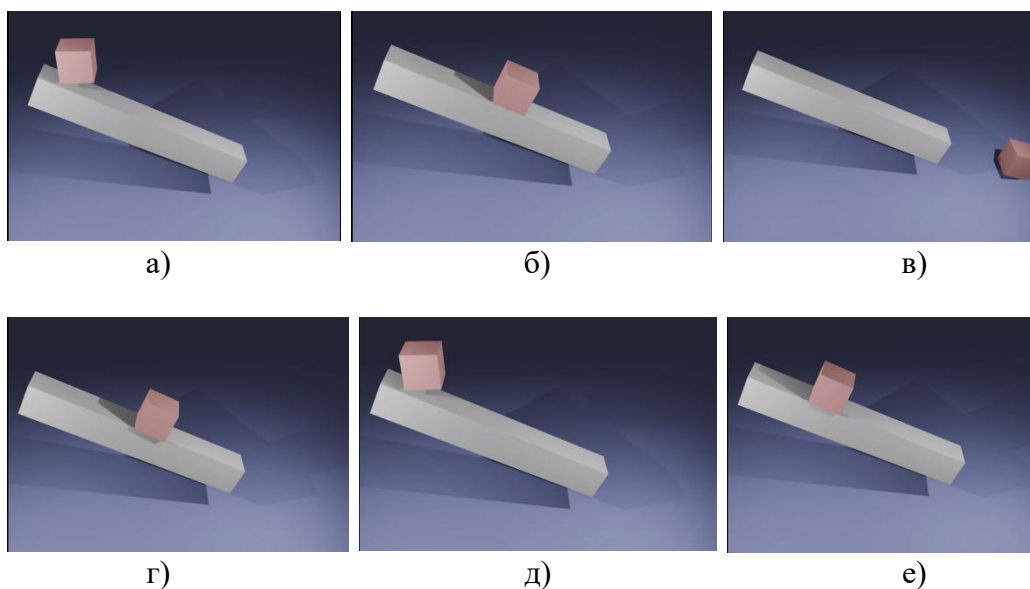


Рисунок 3.5 – Пример работы параметра Friction(0.5 у основания): 1 в примере а,б,в и 0 в примере г, д, е

Bounciness (Прыгучесть) - склонность объекта отскакивать после столкновения с другим (от 0 до 1) (от жесткого до идеально упругого). Определяет, как сильно объекты могут отскакивать после столкновений.



Рисунок 3.6 – Подраздел прыгучесть у пола для следующего примера

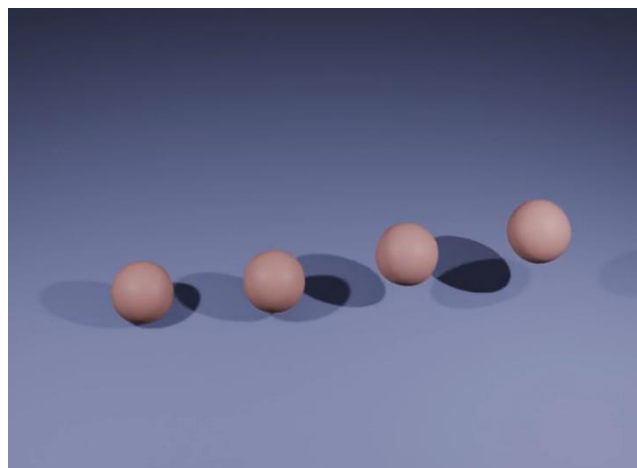


Рисунок 3.7 – Пример высоты отпрыгивания шаров с параметрами Bounciness: 0, 0.35, 0.7, 1 соответственно

Sensitivity (Чувствительность) - граница столкновения используется для улучшения характеристик и устойчивости твёрдых тел. В зависимости от формы она ведёт себя по-разному: некоторые фигуры встраивают её, а другие имеют вокруг себя видимый зазор.

Для этих фигур отступ встроен: sphere (Сферическая), box (Кубическая), capsule (Капсула), cylinder (Цилиндр).

Выпуклая оболочка: обеспечивает равномерный масштаб только при встраивании.

Отступ не встроен для таких фигур как: cone (Конус), Активный треугольный меш, Пассивный треугольный меш

В большинстве случаев может быть установлено на 0.

Collision Margin (Поле столкновения) - определяет дополнительное пространство вокруг объекта для расчета столкновений.

Margin (Отступ) - порог расстояния вблизи поверхности, при котором столкновения всё ещё учитываются, лучшие результаты, когда значение не равно нулю (видео [example_sensitivity_1](#), [example_sensitivity_2](#)).

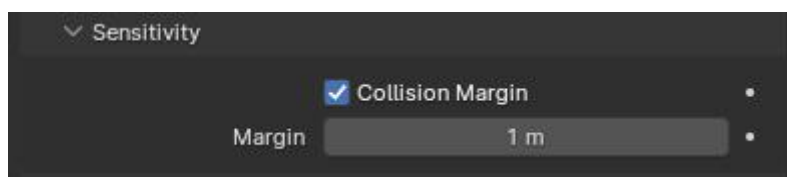


Рисунок 3.8 – Раздел чувствительности

Collections (Коллекции) - позволяет распределять столкновения твёрдых тел по разным группам, максимум 20 (видео [exemple_collections_1](#), [exemple_collections_2](#)).



Рисунок 3.9 – Раздел коллекций

В подокне Dynamics (Динамика) используется для управления физикой симуляции твёрдого тела. Эта панель доступна только для твёрдых тел «активного» типа:

Damping Translation (Тормозящее перемещение) — это параметр, который контролирует замедление объекта при его движении. Он используется для моделирования сопротивления воздуха или трения. Можно регулировать замедление при движении или вращении.

Rotation (Вращение) - Величина угловой скорости, теряемая со временем.

Deactivation (Деактивация):

Включить деактивацию покоящихся твёрдых тел. Позволяет деактивировать объект во время симуляции (улучшает производительность и стабильность, но может вызвать сбой).

Start deactivated (Деактивировать вначале) - твёрдое тело вначале деактивировано. Оно будет активировано в непосредственной близости от движущихся активных твёрдых тел. «Проверка близости» использует габаритный контейнер объекта, чтобы определить, находится ли движущийся объект достаточно близко, чтобы активировать его.

Velocity linear (Линейная скорость) - указывает линейную скорость деактивации, ниже которой твёрдое тело деактивируется и симуляция объекта прекращается.

Angular velocity (Угловая скорость) - указывает угловую скорость деактивации, ниже которой твёрдое тело деактивируется и симуляция прекращает симуляцию объекта.



Рисунок 3.10 – Раздел динамики

В данном разделе рассмотрены ключевые параметры Rigid Body, необходимые для настройки симуляции твёрдых тел. Основные выводы:

1. Корректная настройка параметров (масса, трение, форма столкновения) обеспечивает реализм и стабильность симуляции.
2. Форма столкновений влияет на баланс между точностью и производительностью.
3. Динамические параметры повышают эффективность сложных сцен, позволяя деактивировать неподвижные объекты.

4. Реализм материалов достигается за счёт настройки трения, прыгучести и других характеристик.

Эти аспекты важны для создания качественных симуляций и подготовки сцены к дальнейшим шагам, включая использование аддонов.

4. Взаимодействие твёрдых тел: пример выстрела ядра в трёхмерную матрицу коробок

Цель данной симуляции — продемонстрировать взаимодействие твёрдых тел в виртуальной среде с учётом физических параметров, таких как масса, форма столкновения и динамика. Задача заключается в создании сцены, где сферическое ядро, движущееся с определённой скоростью, разрушает трёхмерную матрицу коробок.

Вводные данные

Для выполнения задачи необходимы следующие элементы:

Плоскость или куб, выступающий в роли неподвижной основы.

Матрица коробок размером, например, 5x5x5, размещённая над поверхностью.

Ядро в виде сферы, которое будет взаимодействовать с коробками.

Для каждого объекта потребуется настроить параметры Rigid Body:

Плоскость задаётся как Passive, чтобы оставаться неподвижной.

Коробки и ядро задаются как Active, чтобы участвовать в симуляции.

Для получения такой симуляции необходимо 3 компонента:

поверхность, на которой всё будет происходить, матрица из коробок и ядро.

Поверхностью может стать плоскость или куб. Матрицу из коробок можно сделать размножив куб в 5x5x5, а ядром станет сфера.

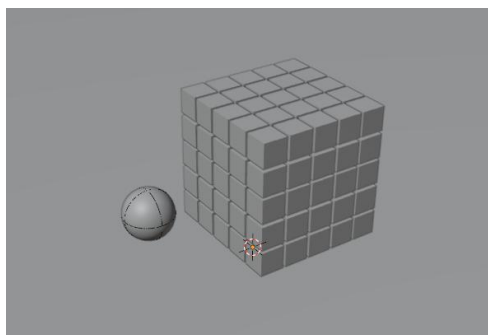
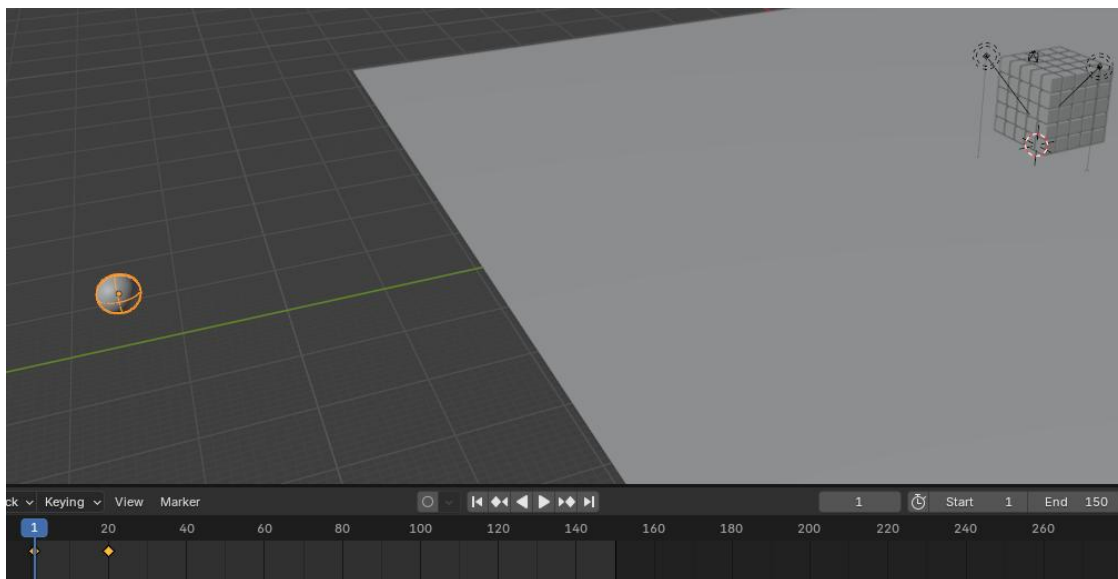


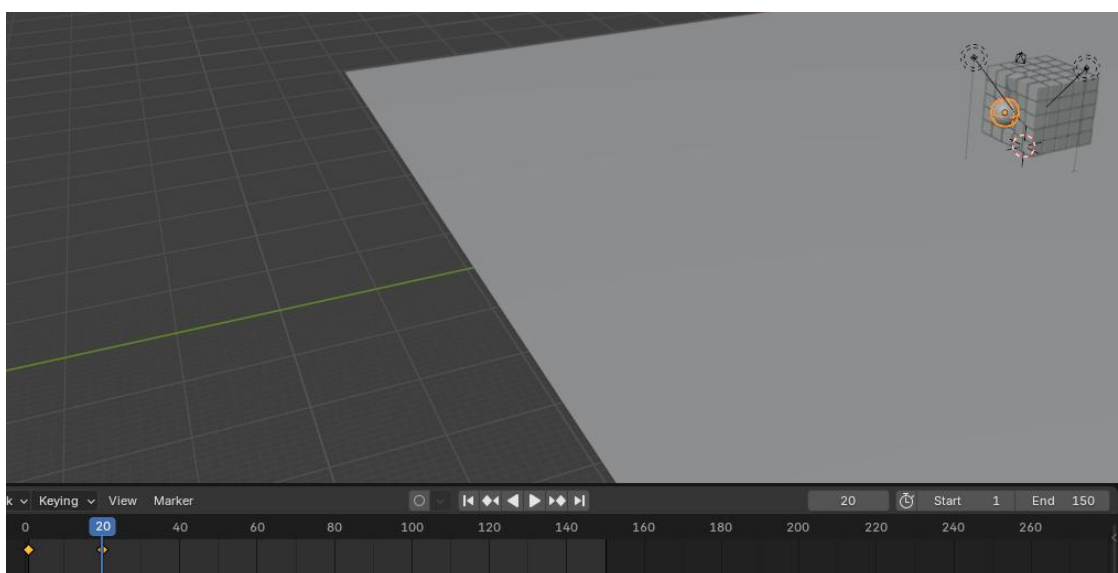
Рисунок 4.1 – Изначальный набор

Затем для каждого объекта необходимо настроить параметр Rigid Body так как они все взаимодействуют. Для поверхности выставить Type: Passive, для остальных Active. Для ядра следует поменять Mass от 30кг и поменять Collisions: Shape на Sphere. Для кубов установить Collisions: Shape на Box.

Для создания эффекта выстрела нужно воспользоваться ключевыми кадрами, добавив инерцию ядру.



а)



б)

Рисунок 4.2 – Ключевые кадры: а) первый б) второй

В итоге получится такая симуляция (видео `exemple_shoot`).

В данном разделе была выполнена симуляция взаимодействия твёрдых тел на примере выстрела ядра в матрицу коробок. Это позволило продемонстрировать настройку базовых параметров Rigid Body, таких как масса, форма столкновения и динамика, а также использование ключевых кадров для задания начальных условий.

Результаты симуляции подтверждают, что правильная настройка физических параметров объектов и их взаимодействий обеспечивает реалистичное поведение твёрдых тел. Эти принципы можно применять для более сложных сценариев, включая разрушения и анимации в 3D-сценах.

5. Аддон Cell Fracture

Так как в блендер нет встроенных инструментов для создания разрушений, для простых симуляций можно использовать аддон Cell Fracture.

Принцип работы аддона заключается в том, что он создает ограничительный блок вокруг объекта и применяет к нему алгоритм "voronoi", и использует полученные ячейки для разбиения объекта при помощи булевых модификаторов.

Выделив нужный объект, например, куб с применённым параметром Subdivision Surface: 1-3. Затем через вкладку Object --> Quick Effect --> Cell Fracture открыть окно настроек.

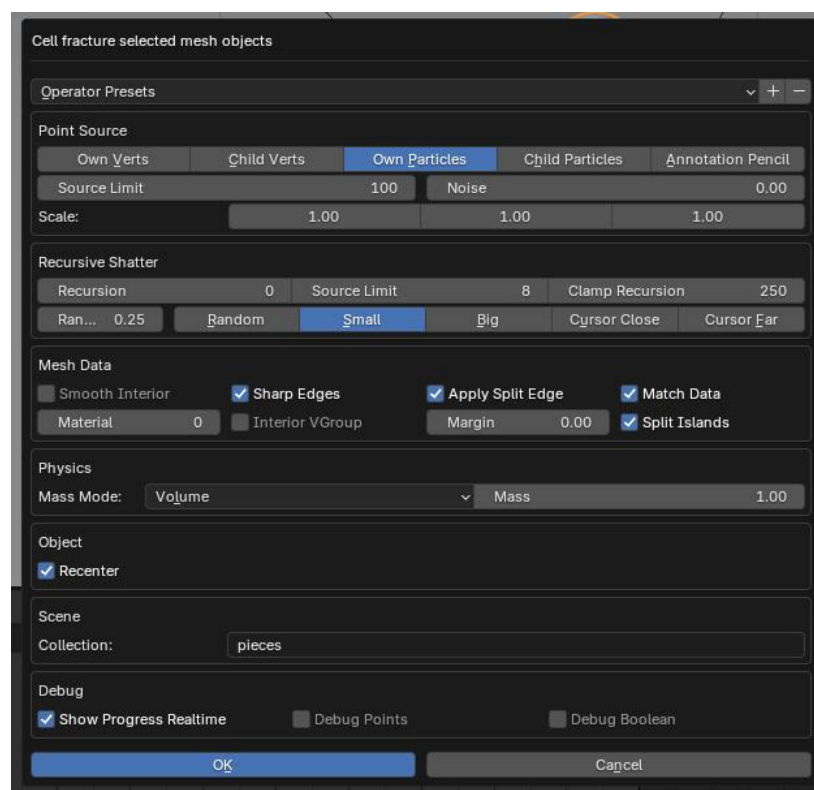


Рисунок 5.1 – Базовое окно настроек Cell Fracture

В окне настроек имеется 7 подокон Point Source (Точечный источник), Recursive Shatter (Рекурсивное дробление), Mesh Data (Данные сетки), Physics (Физика), Object (Объект), Scene (Сцена), Debug (Отладка).

В Point Source есть возможности:

1. Определить количество генерируемых осколков: Own Verts (Собственные вершины) - количество осколков будет равно количеству вершин на поверхности объекта, Child Verts (Вершины ребенка) - позволит разбивать целевой объект на фрагменты, используя вершины дочернего объекта, Own Particles (Собственные частицы) - использует точки,

сгенерированные системой частиц, прикрепленных к объекту, в качестве источника для создания фрагментов, Child Particles (Частицы ребёнка) - аналогично с Own Particles, но с помощью частиц дочернего объекта, Annotation Pencil (Карандаш для надписей) - позволяет использовать линии, нарисованные с помощью инструмента Grease Pencil (Жирный карандаш), в качестве источника точек для создания трещин и фрагментов при дроблении объектов.

Данные параметры можно выбирать и по несколько через Shift, например, Own Particles + Own Verts или Child Verts + Own Particles + Annotation Pencil.

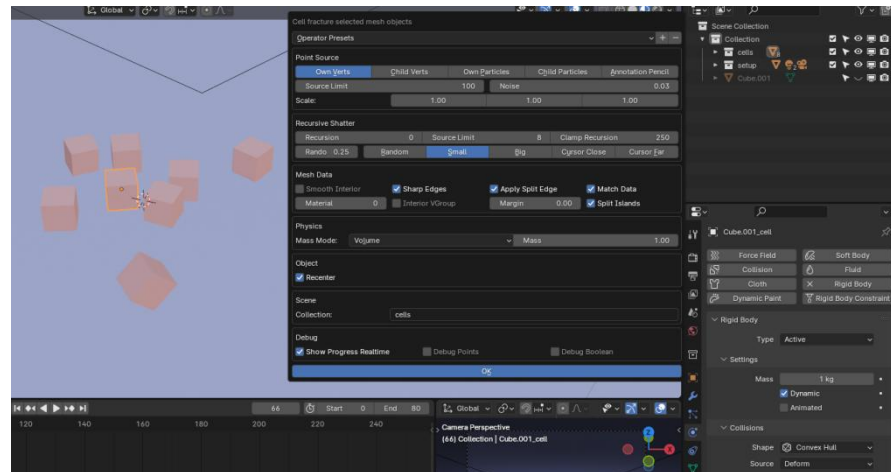


Рисунок 5.2 – Пример работы параметра Own Verts на кубе с демонстрацией параметров

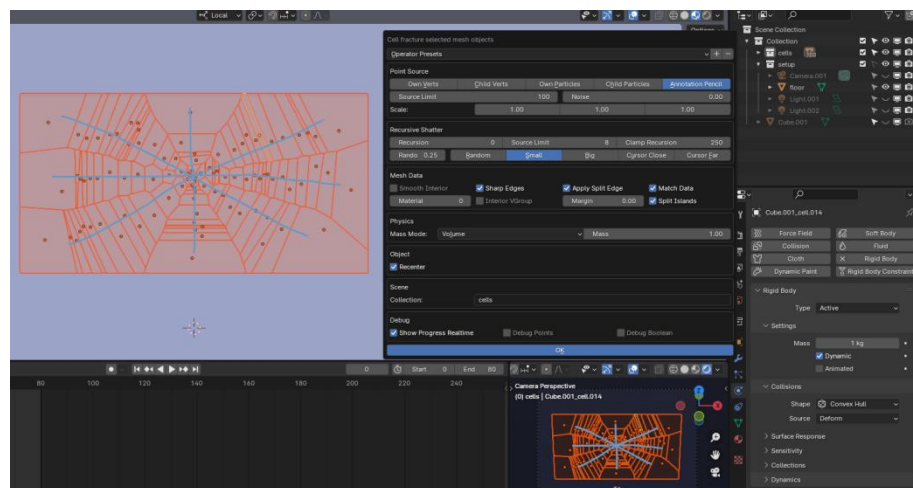


Рисунок 5.3 – Пример работы параметра Annotation Pencil на параллелепипеде с демонстрацией параметров

2. Ограничить количество генерируемых осколков с помощью параметра Source Limit (Предельное значение источника).
3. Добавить случайности в создание формы осколков редактируя параметр Noise (Шум)

4. Влиять на размеры осколков параметром Scale (Масштаб) в 3 осях.



Рисунок 5.4 – Раздел Point Source

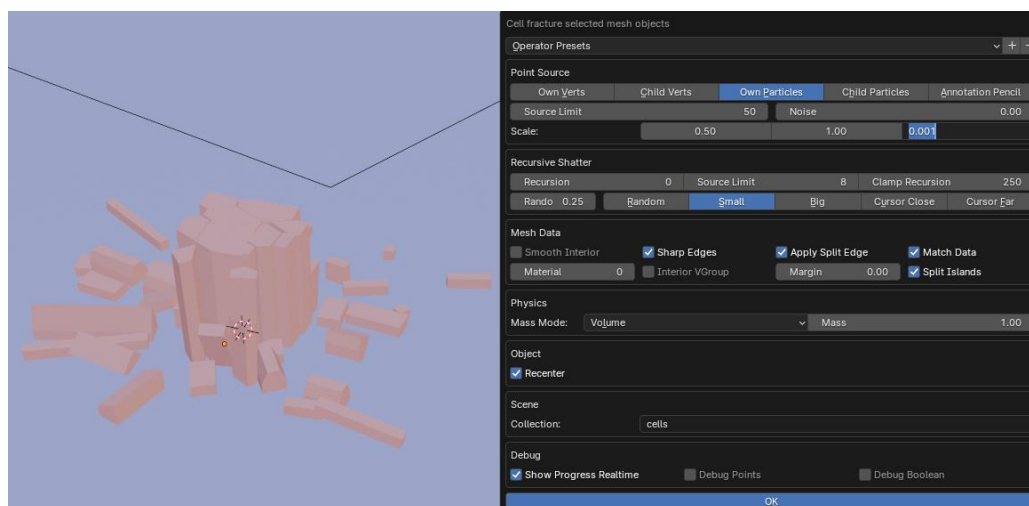


Рисунок 5.5 – Пример работы Scale с параметрами

Recursive Shater (Рекурсивное разрушение) позволяет выполнять дополнительное дробление уже разбитых фрагментов, создавая более сложные и детализированные эффекты разрушения для этого в нём есть возможности:

1. Контролировать количество уровней рекурсивного дробления параметром Recursion (Рекурсия). Увеличение значения приведёт к тому, что фрагменты будут разбиваться на ещё более мелкие части, создавая более сложные паттерны разрушения.

2. Source Limit для ограничения максимального количества точек, используемых для рекурсивного дробления. Этот параметр позволяет контролировать количество создаваемых фрагментов и предотвращает создание слишком большого количества объектов, что может замедлить процесс.

3. Clamp Recursion (Фиксированная рекурсия) - этот параметр останавливает процесс рекурсивного дробления, когда достигается заданное количество объектов. Установка значения в 0 отключает этот лимит, но может привести к бесконечному дроблению, что приведёт к вылету.

4. Настроить вероятностью рекурсивного дробления параметром Random. Если установить значение на 0, рекурсивное дробление не произойдёт. Установка на 1 увеличивает вероятность дробления по всему объекту, делая его более хаотичным.

5. Параметры Random, Small (Маленький), Big (Большой), Cursore Close (Близко к курсору), Cursore Far (Далеко от курсора) позволяют контролировать размер или место дробления объекта.



Рисунок 5.6 – Раздел Recursive Shatter

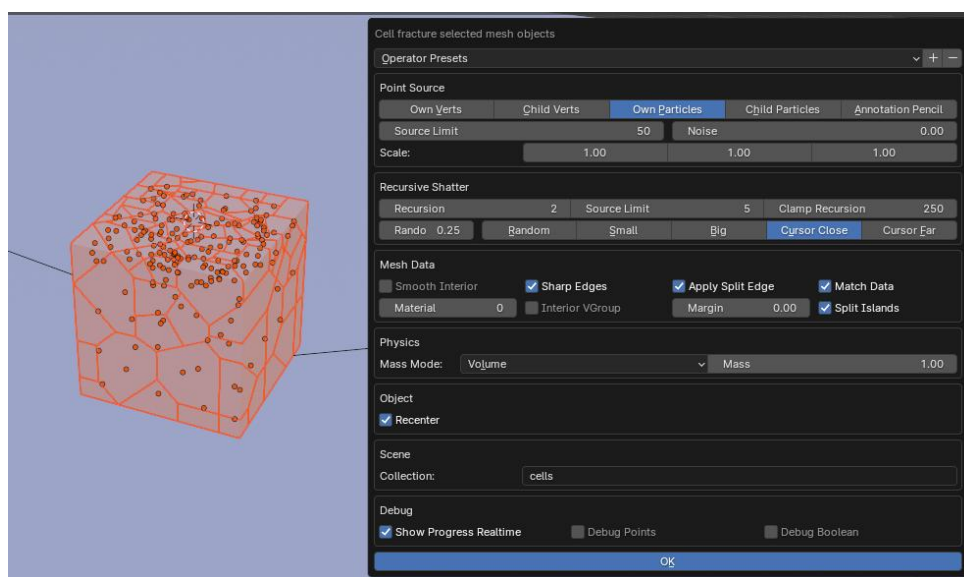


Рисунок 5.7 – Пример работы рекурсии для поверхности близкой к курсору

Mesh Data (Данные сетки) даёт возможности, влиять на геометрию и свойства создаваемых фрагментов:

1. Smooth Interior (Гладкий интересный) - применяет сглаживание к внутренним граням фрагментов, делая их более гладкими и менее угловатыми.

2. Sharp Edges (Острые края) - эта функция помогает устранить резкие, неестественные края, которые могут возникать после разбиения, улучшая визуальное качество фрагментов для рендеринга.

3. Apply Split Edge (Применить разделительную кромку) - эта опция позволяет применять изменения к разделённым граням, что может помочь в устранении нежелательных артефактов, таких как трещины или зазоры между фрагментами.

4. Match Data (Данные соответствия) - эта опция помогает сохранить материалы, UV-развертки и другие свойства, что позволяет фрагментам выглядеть более естественно и согласованно.

5. Material (Материал) - позволяет назначать материал для внутренностей осколков.

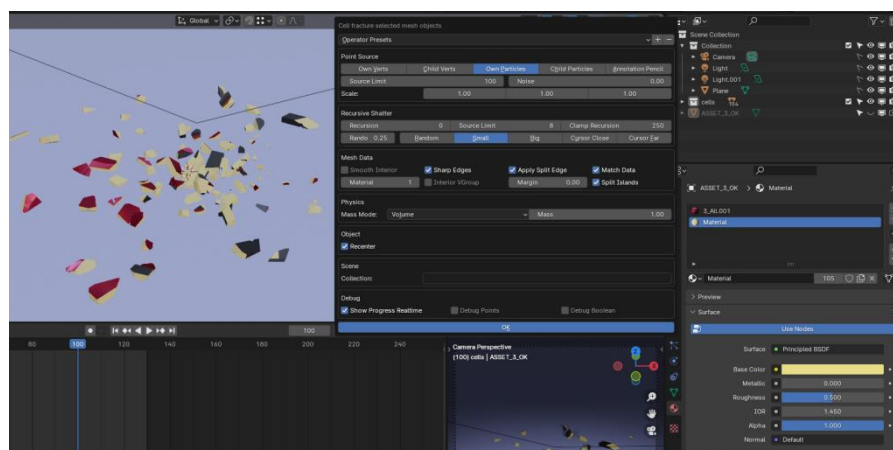


Рисунок 5.8 – Пример работы Material для внутренней поверхности осколков

6. Interior VGroup (Внутренняя группа вершин) - создаёт группу вершин для внутренних граней, которые образуются при разбиении объекта. Эта опция полезна для упрощения дальнейшего редактирования и управления внутренними фрагментами.

7. Margin (Отступ) - добавляет небольшой отступ между фрагментами. Это помогает избежать пересечений при физической симуляции и делает разломы более заметными.

8. Split Islands (Отдельные острова) - используется для разделения фрагментов объекта на отдельные острова (islands) в процессе разбиения. Это позволяет создать более сложные и разнообразные фрагменты, которые могут быть использованы в анимации или визуализации.

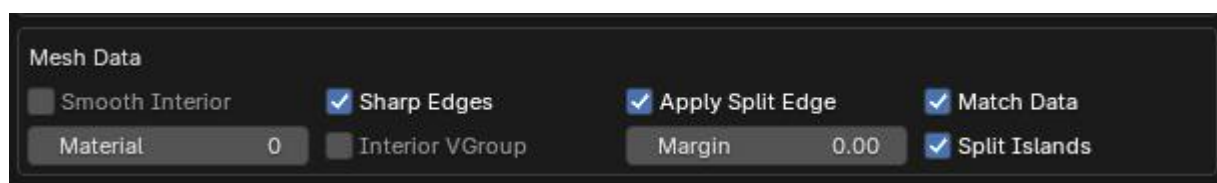


Рисунок 5.9 – Раздел Mesh Data

Physics (Физика) - даёт возможности добавлять физические свойства к фрагментам для симуляции взаимодействия фрагментов с окружающей средой, что особенно полезно для анимации разрушений и динамических сцен:

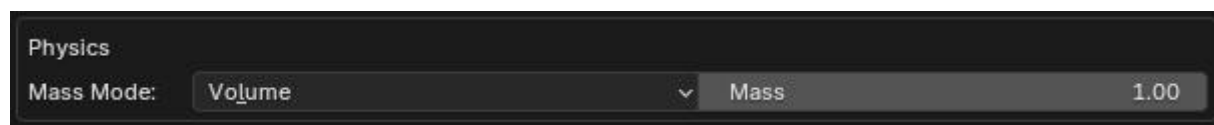


Рисунок 5.10 – Раздел Physics

Object (Объект) - устанавливает центры масс фрагментов обратно в центр каждого из них после дробления. Это особенно важно для физических симуляций, чтобы объекты правильно реагировали на силы:

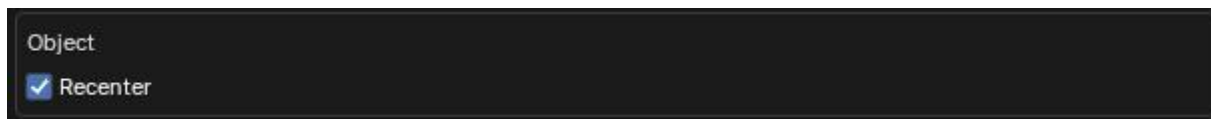


Рисунок 5.11 – Раздела Object

В Scene (Сцена) можно указать имя существующей или будущей коллекции куда поместятся осколки при создании:

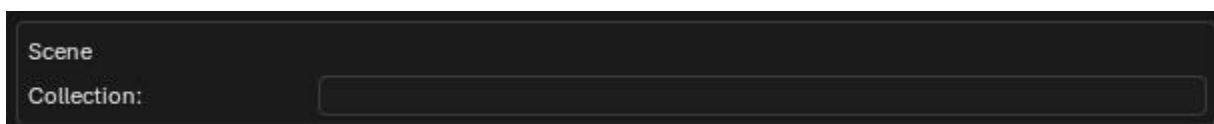


Рисунок 5.12 – Раздел Scene

Debug имеет параметры:

1. Show Progress Realtime (Показ прогресса в реальном времени) - показывает работу аддона в реальном времени
2. Debug Points (Точки отладки)- генерирует дополнительные объекты, показывающие точки разрушения, что может помочь в отладке и визуализации процесса дробления.
3. Debug Boolean (Отладка булевых операций) - пропускает применение булевого модификатора, который удерживает фрагменты внутри оригинальных границ объекта. Это позволяет видеть и применять модификатор на созданных ячейках.

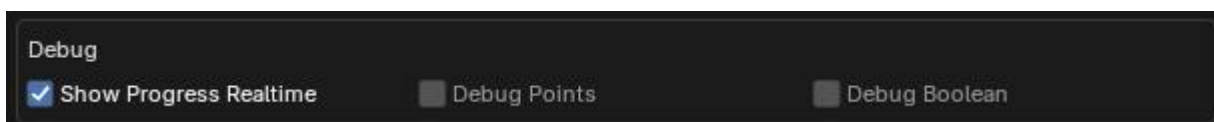


Рисунок 5.12 – Раздел Debug

В данном разделе был рассмотрен аддон Cell Fracture, который расширяет возможности Blender в области симуляции разрушений. Его использование позволяет эффективно создавать разбиения объектов на фрагменты с помощью алгоритма «вороного» и применять к ним физическую симуляцию.

Ключевые выводы:

1. Аддон предоставляет широкий спектр настроек, включая параметры дробления, создание осколков различных размеров и формы.
2. Возможности настройки физических свойств фрагментов, таких как трение и масса, позволяют достичь высокой реалистичности разрушений.

3. Использование Cell Fracture существенно упрощает процесс моделирования разрушений, что делает его незаменимым инструментом для задач 3D-анимации и визуализации.

Изученные принципы и функционал аддона служат основой для реализации более сложных сценариев разрушений, что будет полезно в дальнейшей работе.

6. Простая симуляция разрушения с помощью Cell Fracture

Цель данного раздела — продемонстрировать процесс создания базовой симуляции разрушения объекта с использованием аддона Cell Fracture в Blender.

Задача:

1. Выбрать исходный объект для разрушения (например, топор).
2. С помощью аддона Cell Fracture разбить объект на заданное количество фрагментов.
3. Добавить к каждому фрагменту параметры Rigid Body для настройки физических свойств.
4. Настроить взаимодействие фрагментов с окружающей средой, чтобы симуляция выглядела реалистично.

Если ничего не менять в базовых настройках кроме шума и кол-ва осколков, применить их, то будет создано 35 кусочков, которым нужно добавить параметр через Object --> Rigid Body --> Add Active.

Тогда получится такой результат (видео exemple_axe).

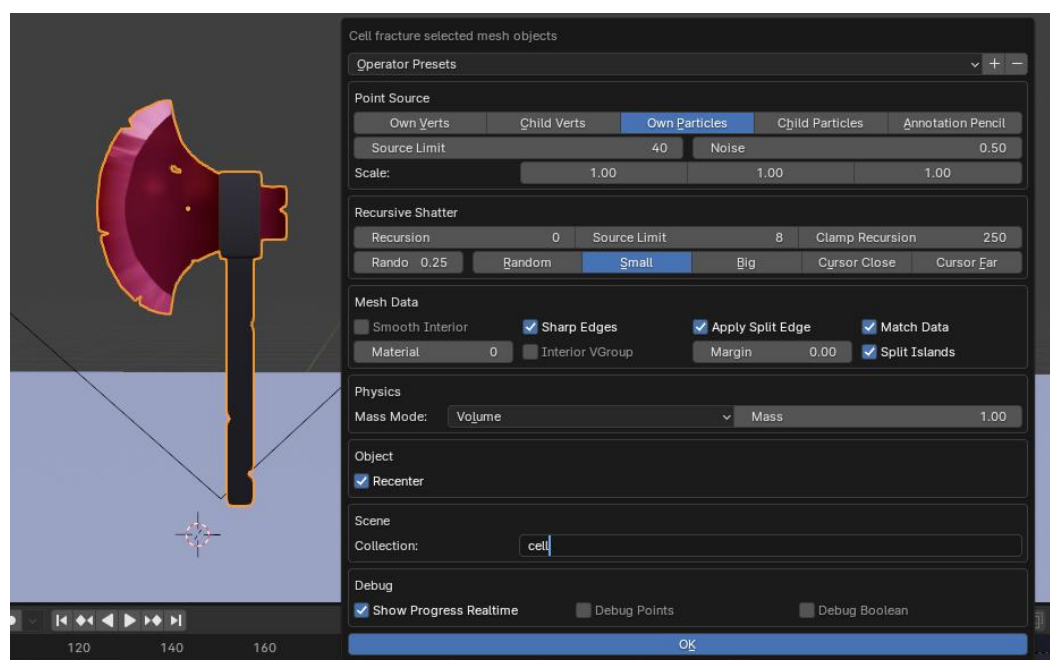


Рисунок 6.1 – Модель и настройки разрушения

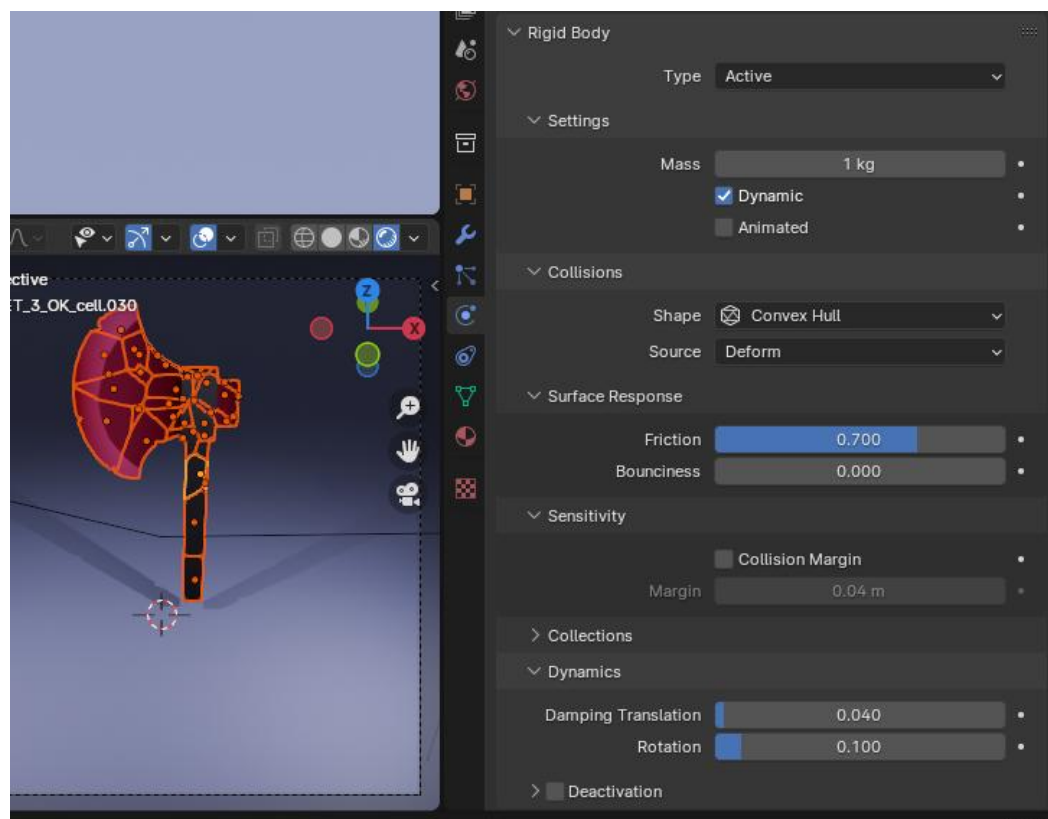


Рисунок 6.2 – Результат разрушения и настройки физического тела осколков

В данном разделе была реализована базовая симуляция разрушения объекта с использованием аддона Cell Fracture. Это позволило продемонстрировать основные этапы работы: разбиение объекта на фрагменты, настройку физических свойств и запуск симуляции взаимодействий.

Ключевые выводы: аддон Cell Fracture позволяет быстро создавать простые разрушения, задавая количество осколков и их распределение, настройка параметров Rigid Body для фрагментов обеспечивает реалистичное поведение при взаимодействии с другими объектами и окружающей средой, простая симуляция является основой для дальнейшего создания более сложных сценариев разрушений.

Полученные результаты подтверждают эффективность аддона в решении задач базового уровня и его значимость в процессе освоения инструментов симуляции в Blender.

7. Аддон RBDLab

RBDLab - это аддон для Blender, который развивался в течение долгого времени. Его цель - облегчить работу по созданию высококачественных разломов простым и эффективным способом. Он предлагает широкий спектр

инструментов, которые пользователь может использовать для достижения различных результатов, тем самым облегчая весь процесс работы, от рассеивания, разрушения, ограничений, частиц и, наконец, дыма. Как и любой другой инструмент, он требует первоначального обучения, но как только рабочий процесс становится понятным, создание симуляций жёстких тел становится простым.

Стоит отметить, что после новой версии Blender происходят проблемы с импортом аддона из-за разницы версий языка Python, на котором написан 3D редактор, потому работа выполнена на версии 4.0.2.

Target Collection (Целевая коллекция) - это первая панель, которую находится в RBDLab. Каждый раз, при разбиении объекта, будет создаваться коллекция с фрагментами этого объекта. Эту коллекцию можно будет выбрать из Target Collection. На этой панели выбирается, с какой коллекцией предстоит работать в RBDLab. Внизу есть информационная панель, которая указывает, с какой коллекцией ведётся работа. Все, что делается в модулях Physics, Particles, Constraints, Collisions, Activators и Smoke, будет зависеть от выбранной коллекции в модуле Target Collection. Таким образом, можно комфортно работать с каждой коллекцией осколков, просто переключаясь с одной коллекции на другую, чтобы использовать модули, которые относятся к "Основным модулям". Кроме того, опция "Добавить пользовательскую коллекцию" позволяет добавить коллекцию объектов для использования в RBDLab без необходимости иметь геометрию осколков в RBDLab.

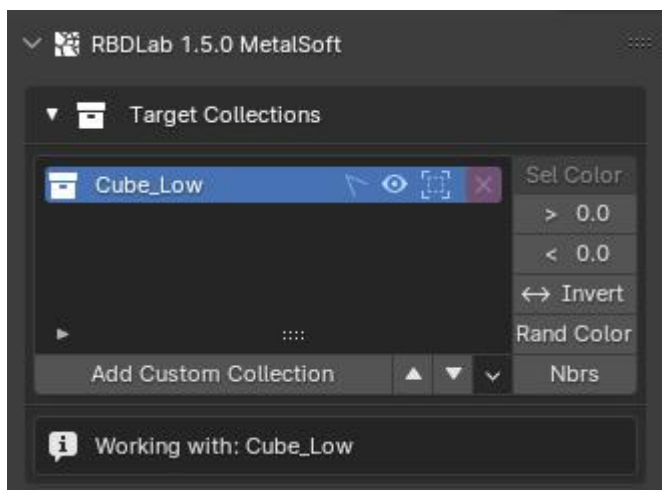


Рисунок 7.1 – Демонстрация окна для работы с коллекциями

Selection Tools (Инструменты выделения) - помимо целевых коллекций, есть несколько вариантов выделения. Первая - это выбор по цвету. Если есть фрагменты другого цвета (потому что они были преобразованы в активаторы, или пассивные, или другие...), можно выбрать один фрагмент этого цвета, а затем, нажав на кнопку "Sel Color", выбрать все фрагменты этого цвета. Следующие кнопки - это селекторы размеров. Первый выбирает кусочки от самого маленького до самого большого. Второй селектор фильтрует этот выбор, удаляя самые

маленькие и оставляя самые большие. Третья кнопка используется для инвертирования этого выбора.

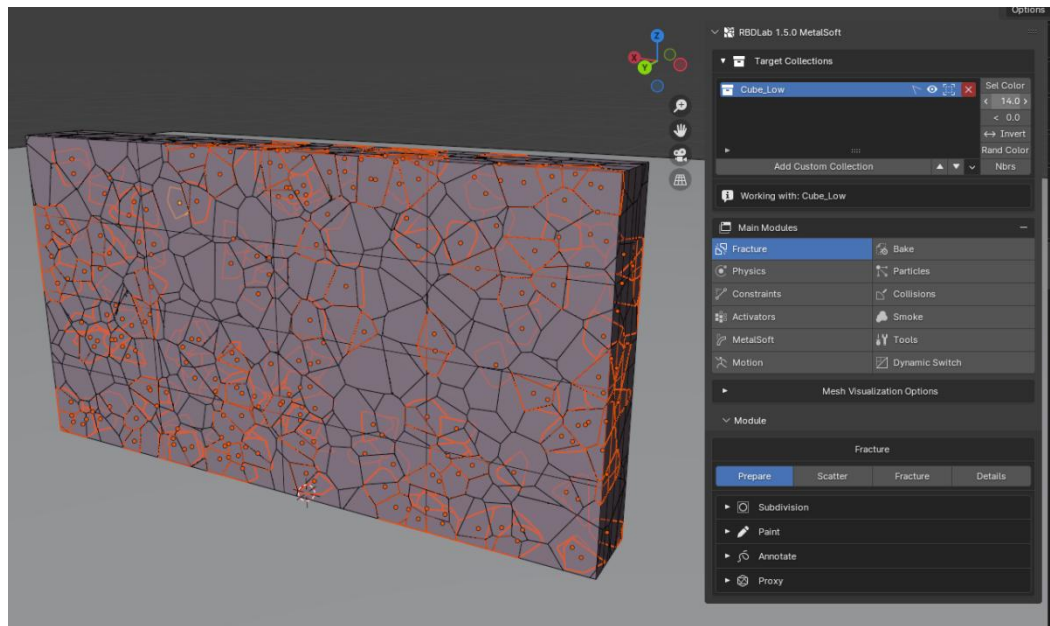


Рисунок 7.2 – Демонстрация инструмента выделения в окне для работы с коллекциями

Mesh Visualization Options (Параметры визуализации сетки) - MVO модуль имеет различные инструменты, которые облегчают визуализацию нашего моделирования. Когда разрушается объект и генерируется High Detail (Детали высокого качества), при наложении разрушения видно Low Detail (Детали низкого качества) во вьюпорте. Это происходит потому, что RBDLab необходимо работать с низкой детализацией для создания симуляции. В MVO можно изменить область просмотра на High Detail, когда нужно. По умолчанию всегда будем включён High Details в Render.

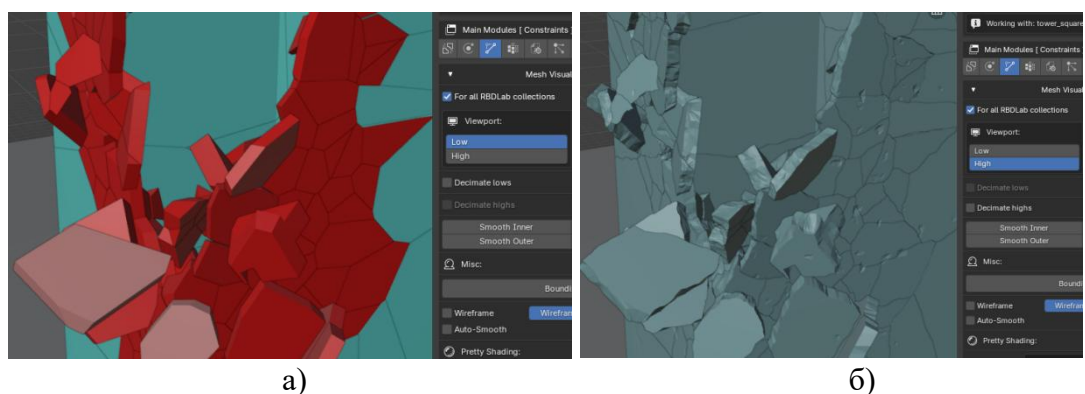
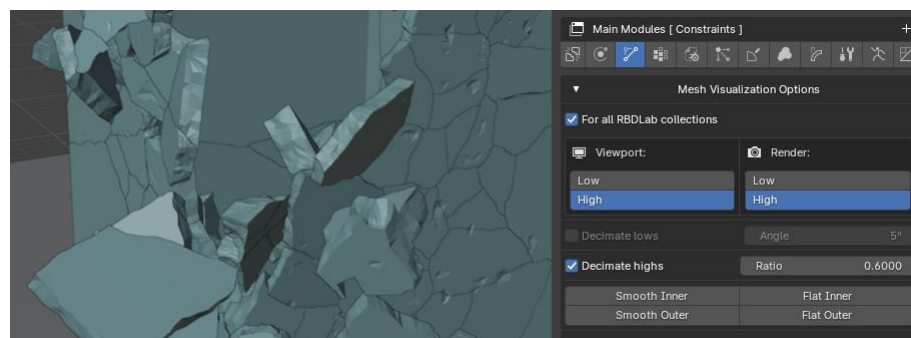
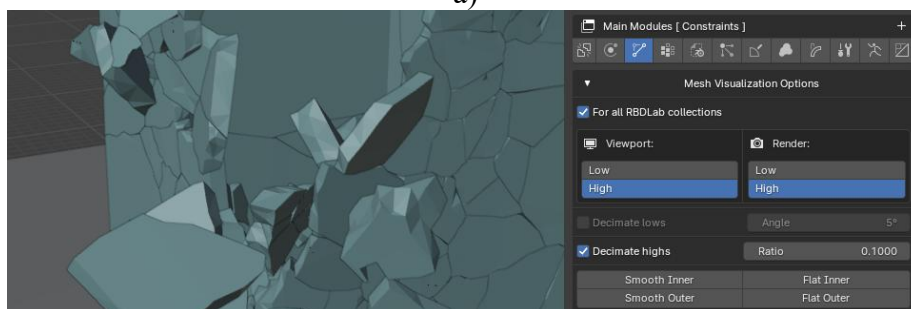


Рисунок 7.3 – Демонстрация областей просмотра: а) Low Detail; б) High Details

Также можно создать Decimate (Уменьшение), чтобы уменьшить количество полигонов, или выбрать тип сглаживания - для внешних или внутренних граней.

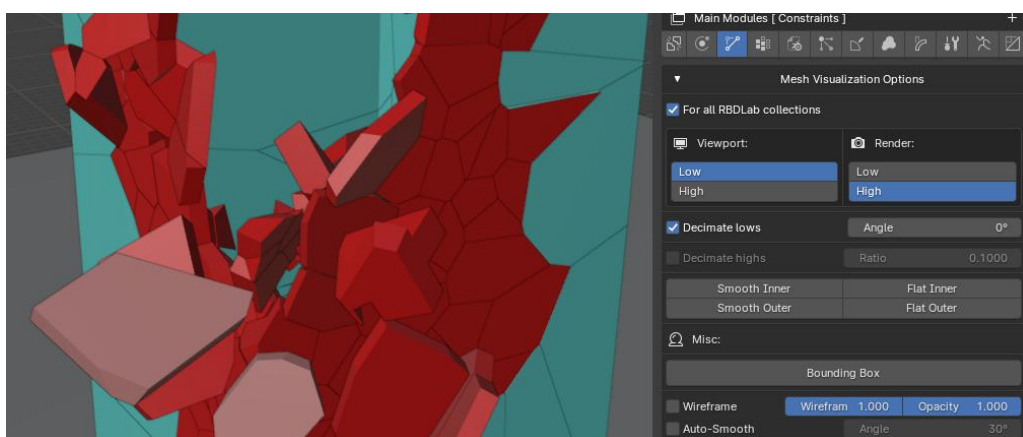


а)

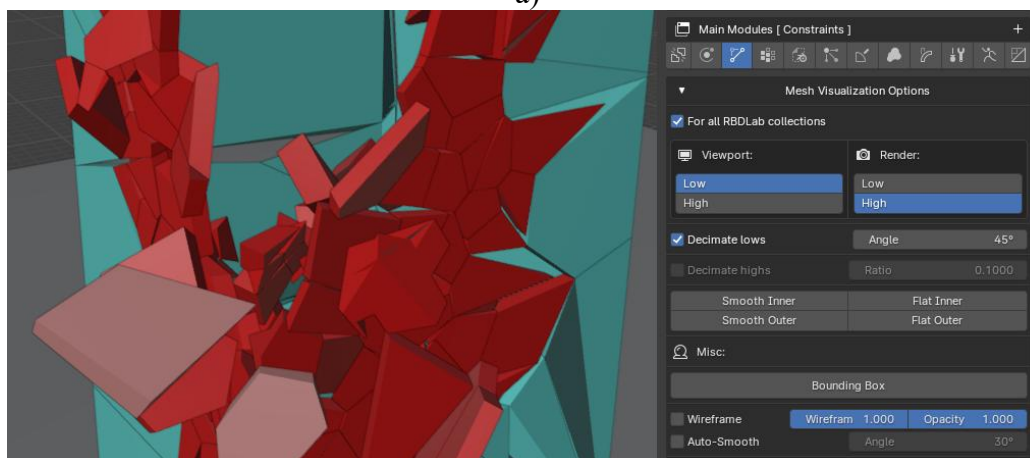


б)

Рисунок 7.4 – Демонстрация параметра Decimate highs: а) 0.1; б) 0.6



а)

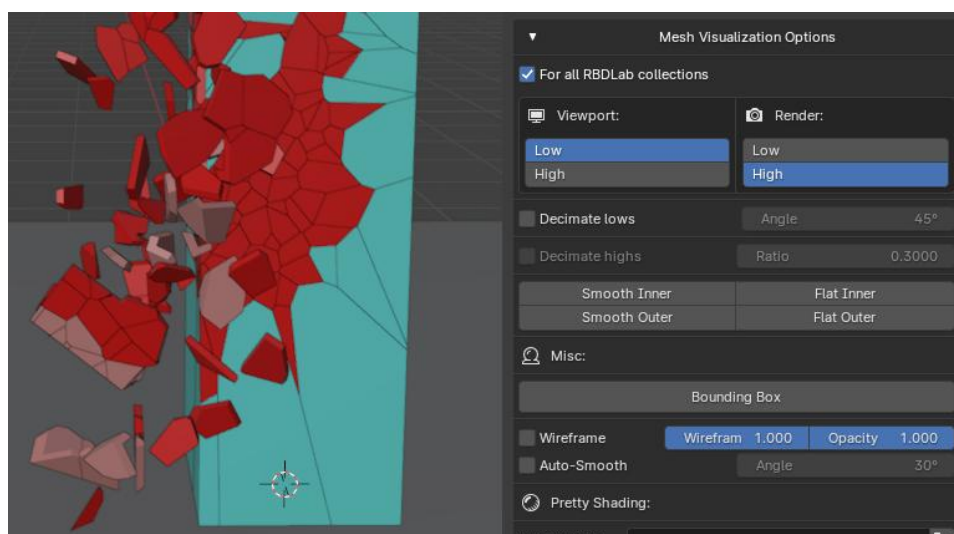


б)

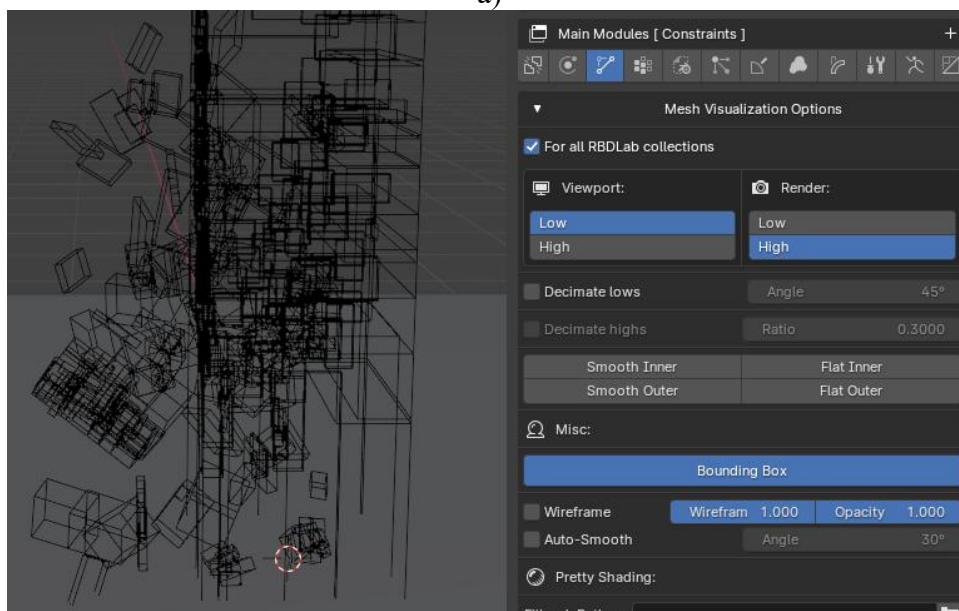
Рисунок 7.5 – Демонстрация параметра Decimate low: а) 0; б) 45

Можно выбрать Bounding Box (Ограничительная рамка) в качестве визуализации для быстрого просмотра моделирования, визуализировать

Wireframe (Сетка) или поместить всю коллекцию в Auto-Smooth (Авто-Сглаживание).



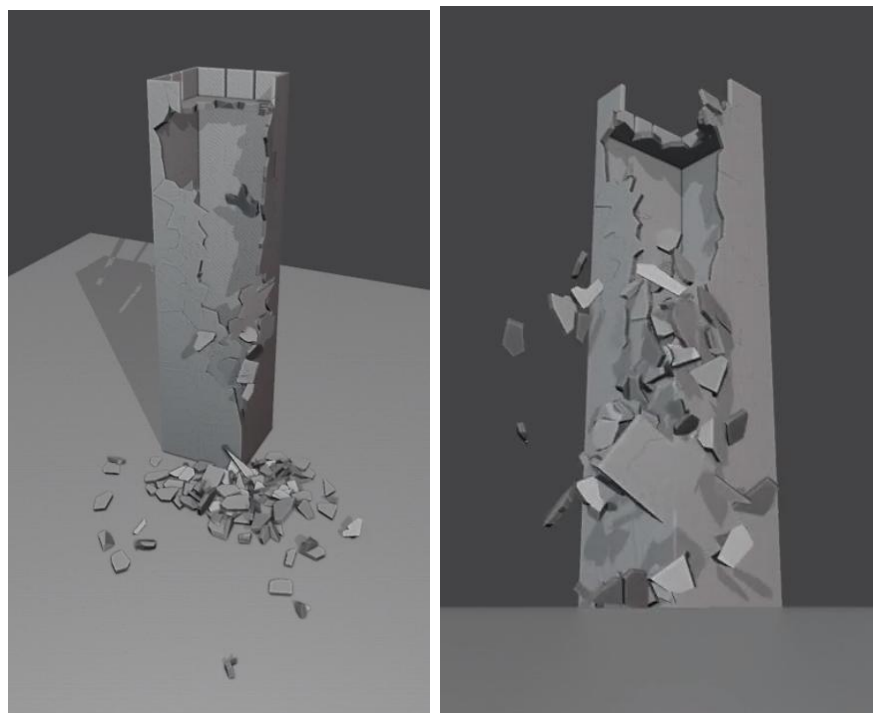
а)



б)

Рисунок 7.6 – Демонстрация параметра Bounding Box: а) выключен; б) включен

Pretty Shading (Красивые тени) - из этого раздела можно сделать более "красивую" визуализацию, которая позволит нам создать видовой экран рендера нашей симуляции. Можно настроить формат, разрешение и т. д. и получить предварительный просмотр нашей работы в реальном времени без необходимости генерировать окончательный рендер. В настройках RBDLab в разделе аддонов Blender можно выбрать папку, в которую RBDLab будет автоматически сохранять превьюшки.



а)

б)

Рисунок 7.7 – Демонстрация работы Pretty Shaing Flipbook Render: а) Первый ракурс (видео tower_1); б) Второй ракурс (видео tower_2)

Explode Visualization (Визуализация взрыва) - этот инструмент позволяет "открыть" геометрию излома, чтобы посмотреть, нравится ли результат излома. Его функция не заключается в создании анимации, для этого есть инструмент Activators, который позволяет сгенерировать взрыв в любой геометрии и анимировать его.

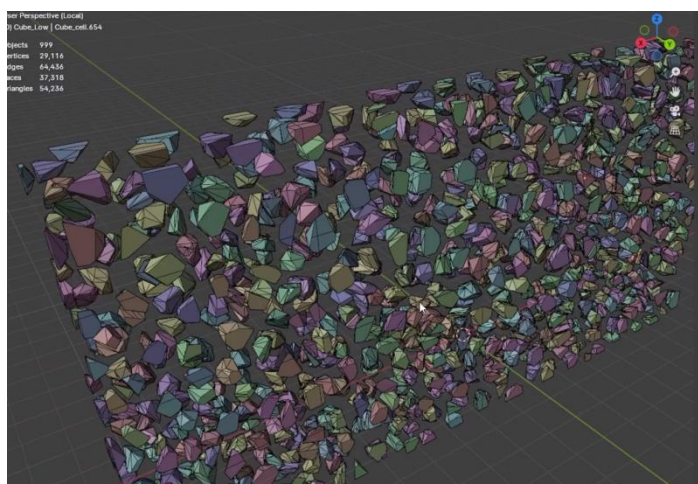


Рисунок 7.8 – Демонстрация работы Explode Visualization

Main Modules (Главные модули) - это сердце RBDLab. С их помощью можно организованно получить доступ к различным инструментам RBDLab. От создания разломов, добавления физики, обломков, ограничений, все проходит через Главные модули.

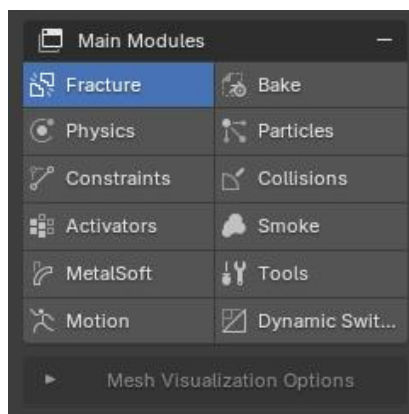


Рисунок 7.9 – Демонстрация окна с главными модулями

Fracture Module (Модуль разрушения) - это первый модуль Основных модулей. В нем различные подмодули для создания изломов.

В нём 4 раздела: Prepare (Подготовка), Scatter (Разброс), Fracture (Разрушение), Details (Детали).

В разделе Prepare (Подготовки) имеются инструменты: Subdivision (Подразделение), Paint (Рисование), Annotate (Аннотации), Proxy (Представитель). Первый инструмент позволяет разделить геометрию на части, чтобы использовать второй инструмент Paint более детально. Однако рекомендуется избегать использования инструмента сабдива, так как он добавляет лишнюю геометрию. С помощью Paint закрашиваются вершины, чтобы при добавлении Scatter (Разброс) (точек для создания изломов) получить большую плотность точек в этой области. Таким образом, можно настроить геометрию на контролируемый излом и выбрать, где необходимо получить большую плотность изломов.

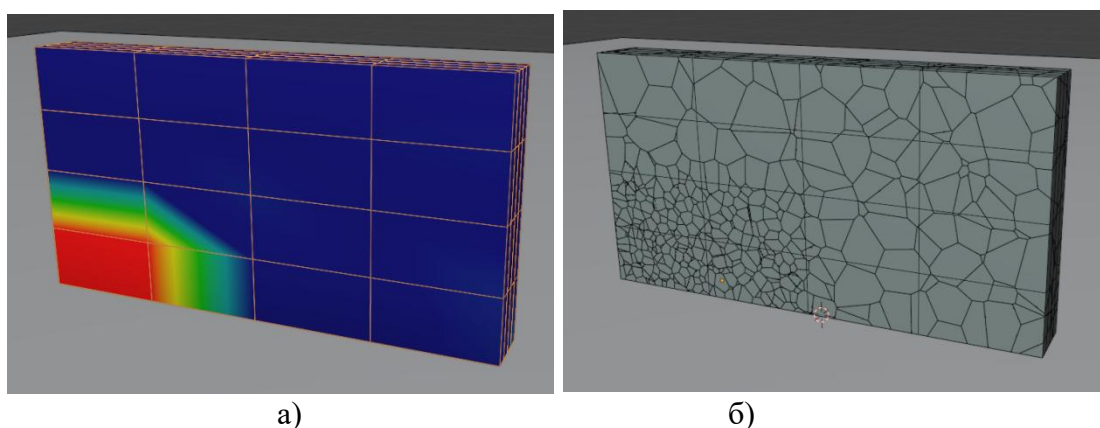


Рисунок 7.10 – Демонстрация работы Paint: а) подготовка; б) результат

Третий инструмент Annotate позволяет рисовать на геометрии, так что при разрушении в закрашенной области будет создаваться большее количество точек, что позволит достичь более высокого уровня детализации разрушений в этих областях.

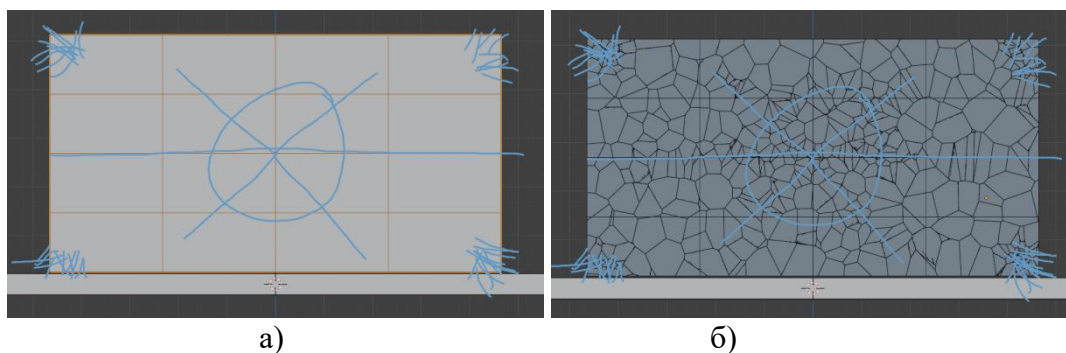


Рисунок 7.11 – Демонстрация работы Annotate: а) подготовка; б) результат

Четвёртый параметр Proxu в подразделе Prepare используется для создания упрощённой версии оригинальной геометрии объекта, которая будет использоваться в симуляциях. Это позволяет значительно повысить производительность и упростить работу с высокополигональными моделями.

В разделе Scatter (Разброс) можно настроить тип перелома, который необходимо сделать. Есть несколько подмодулей с различными шаблонами разброса:

1. Standart (Стандартный) - в этом подмодуле можно добавить шаблон точек для создания разломов. По умолчанию будет одна плотность, но есть возможность выбрать, где нужно генерировать точки: объем, грани, вершины и т. д.

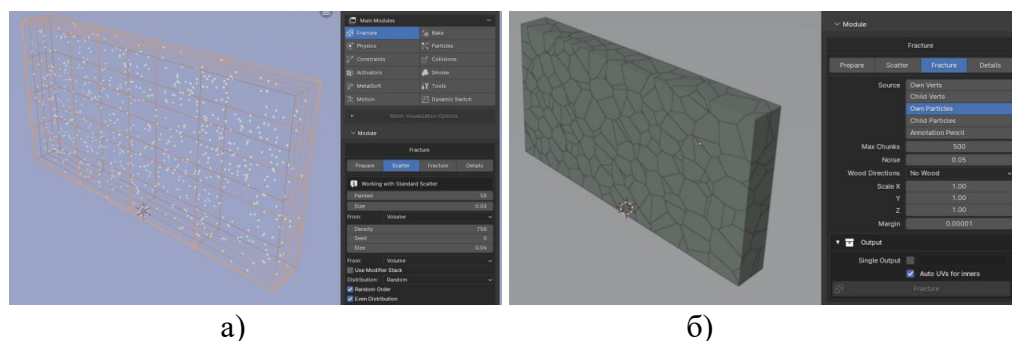


Рисунок 7.12 – Демонстрация работы Scatter Standart (From: Value): а) подготовка; б) результат

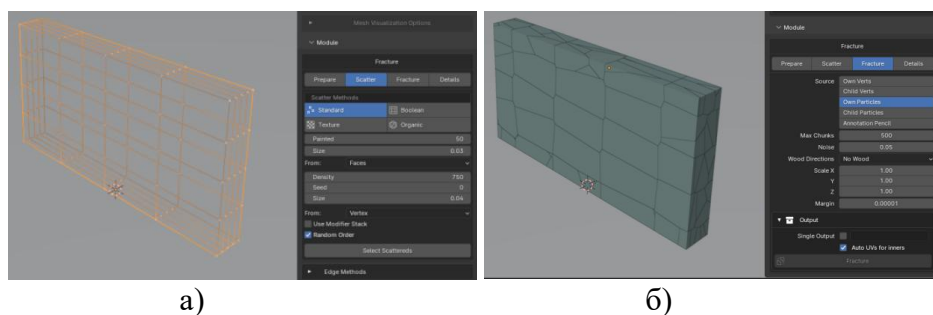


Рисунок 7.13 – Демонстрация работы Scatter Standart (From: Vertex): а) подготовка; б) результат

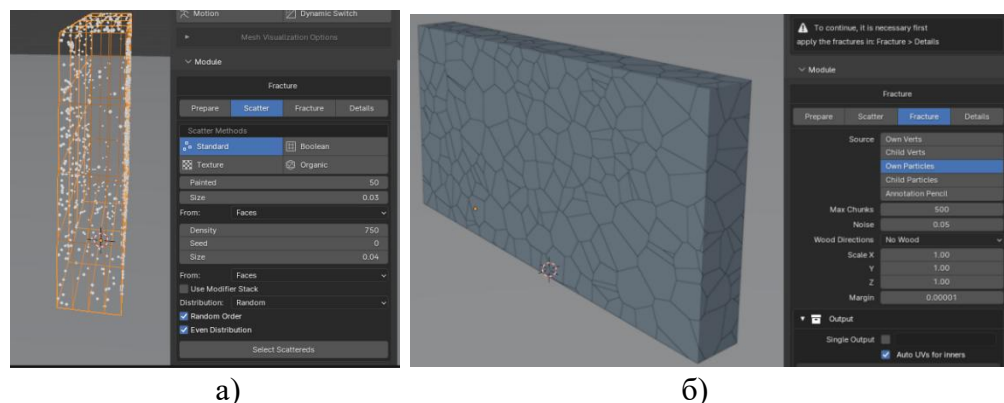


Рисунок 7.14 – Демонстрация работы Scatter Standart (From: Faces): а) подготовка; б) результат

2. Standart + Paint - если использовался инструмент Paint в разделе Prapare, появятся новые возможности в модуле - две плотности: одна для области, которая закрашена, а другая - для общей плотности. Это очень удобно, чтобы добавить больше трещин в локализованных областях.

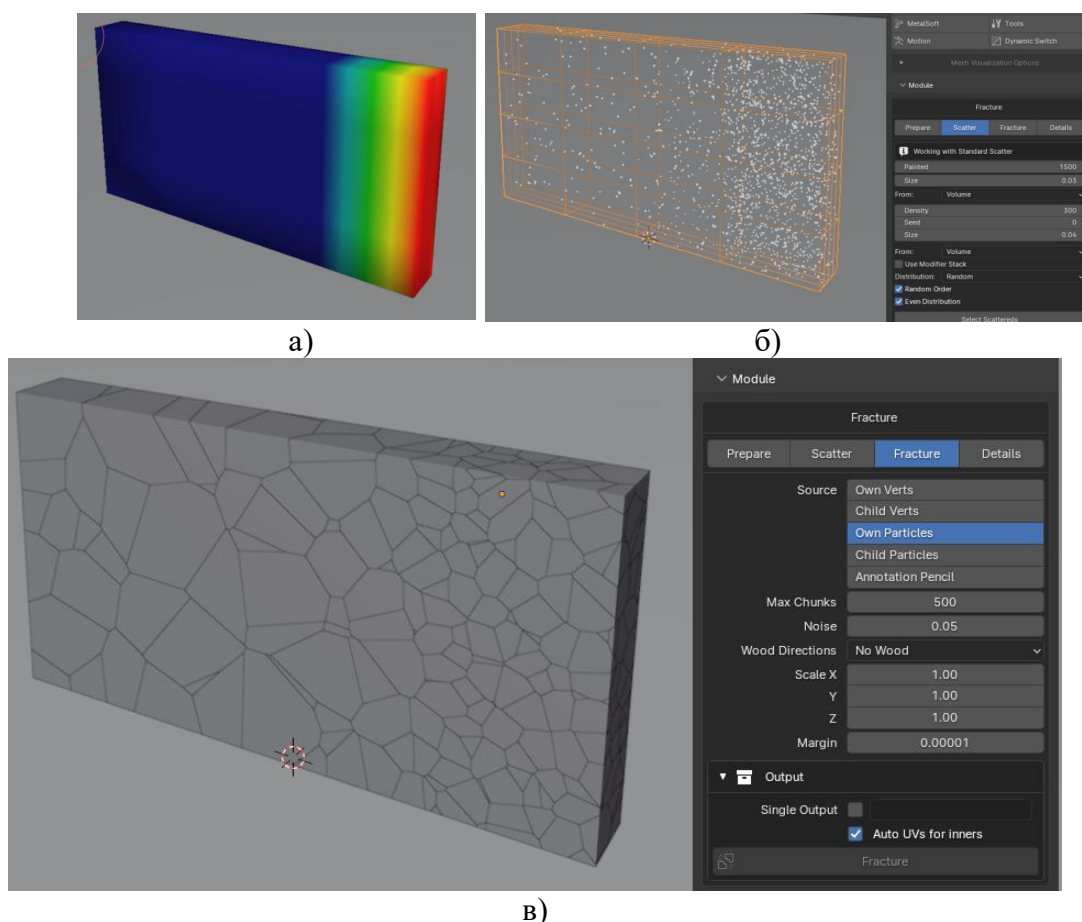
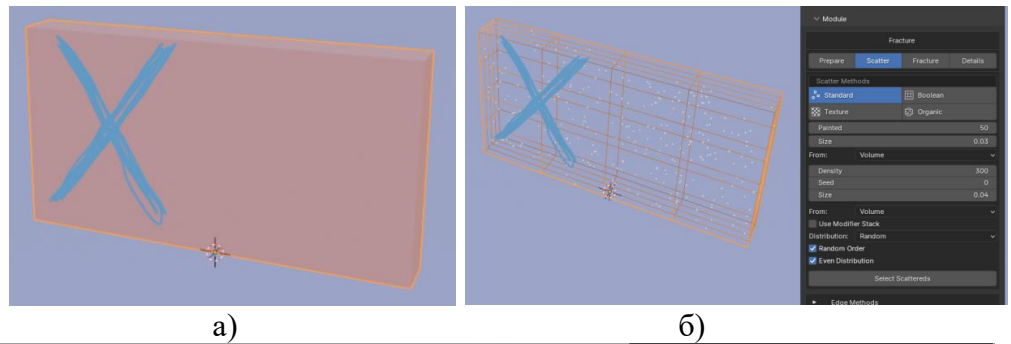


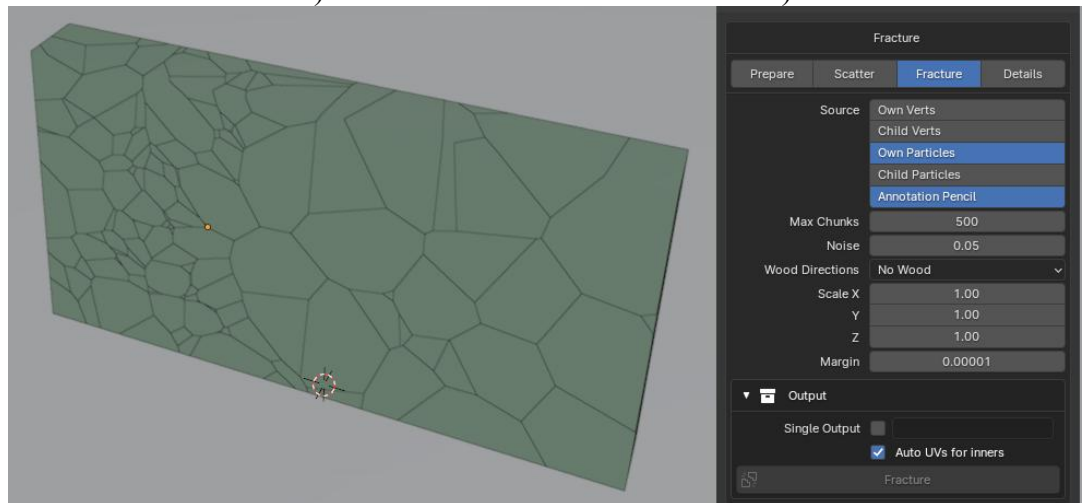
Рисунок 7.15 – Демонстрация работы Scatter Standart + Paint: а) подготовка рисование; б) подготовка разбиение ; в) результат

3. Standard + Annotate - если использовался инструмент Annotate, будут обычные опции плотности, и, таким образом, можно выбрать "базовую" плотность разломов, а затем более детально проработать разломы в зонах с помощью Annotate.



а)

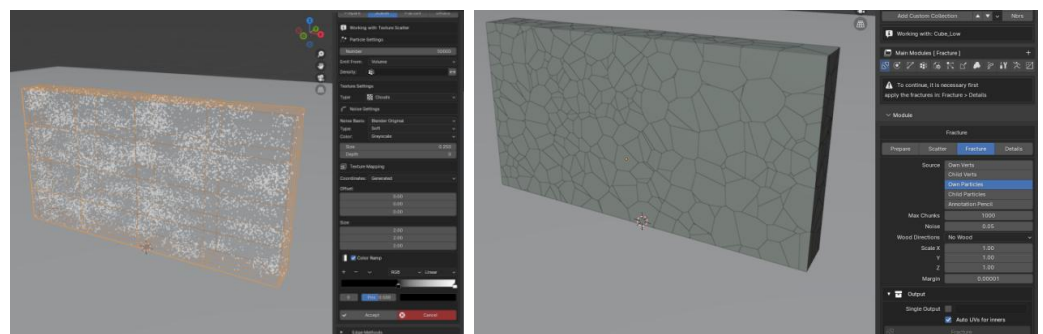
б)



в)

Рисунок 7.16 – Демонстрация работы Scatter Standart + Annotate: а) подготовка рисование; б) подготовка разбиение ; в) результат

4. Texture Scatter - этот подмодуль позволяет использовать процедурно сгенерированную текстуру для создания точечных узоров для излома. Инструмент очень полезен для создания более органичных изломов.

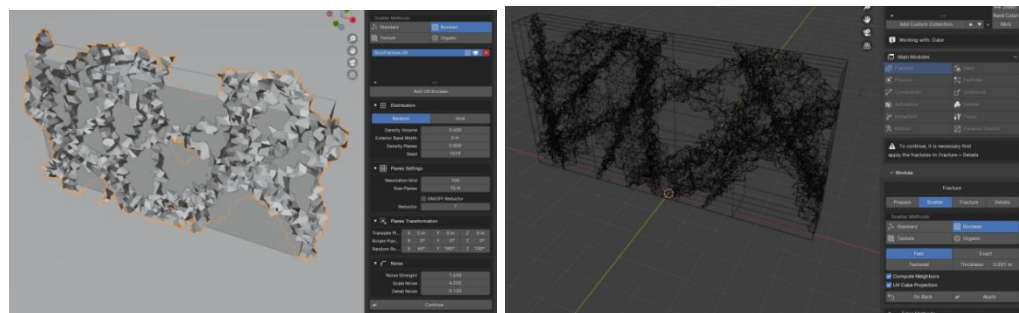


а)

б)

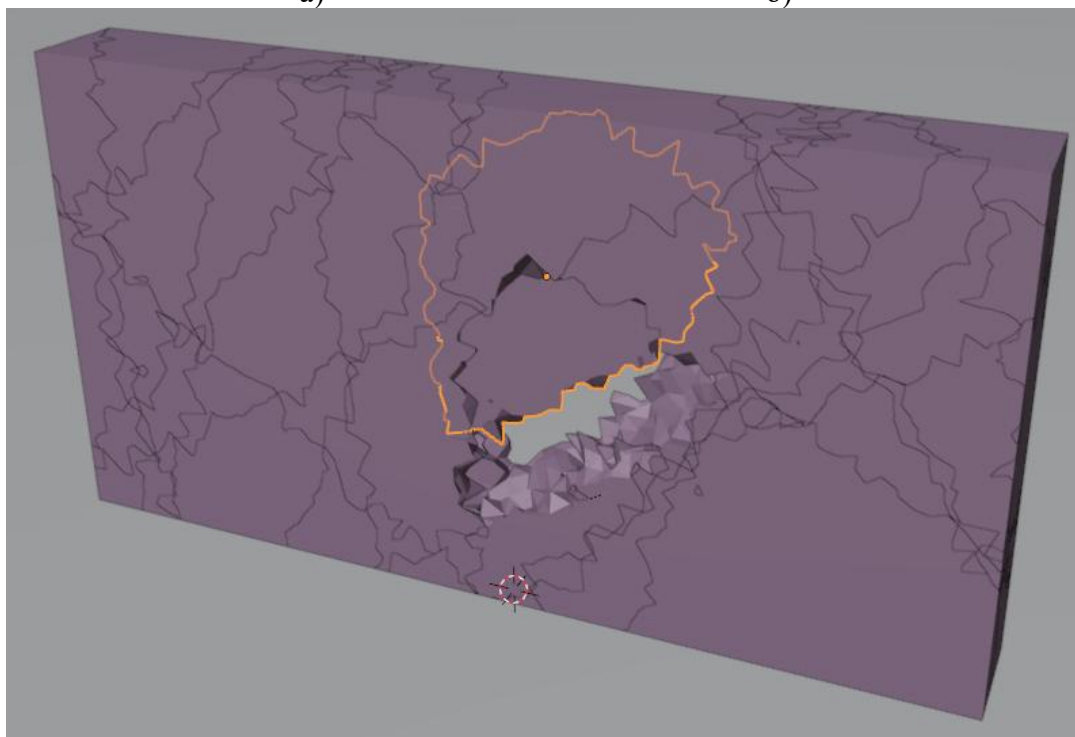
Рисунок 7.17 – Демонстрация работы Texture Scatter: а) подготовка; б) результат

5. Boolean Scatter - этот метод позволяет использовать плоскости для создания разрезов в геометрии с помощью булевых функций. Важно, чтобы плоскости были достаточно большими, чтобы покрыть всю геометрию, подлежащую разрезанию.



а)

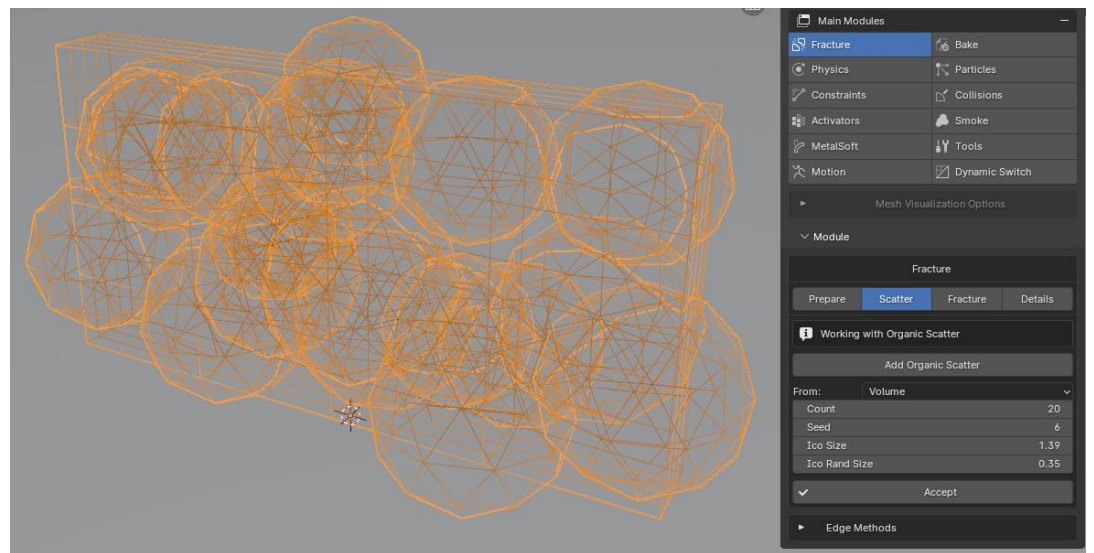
б)



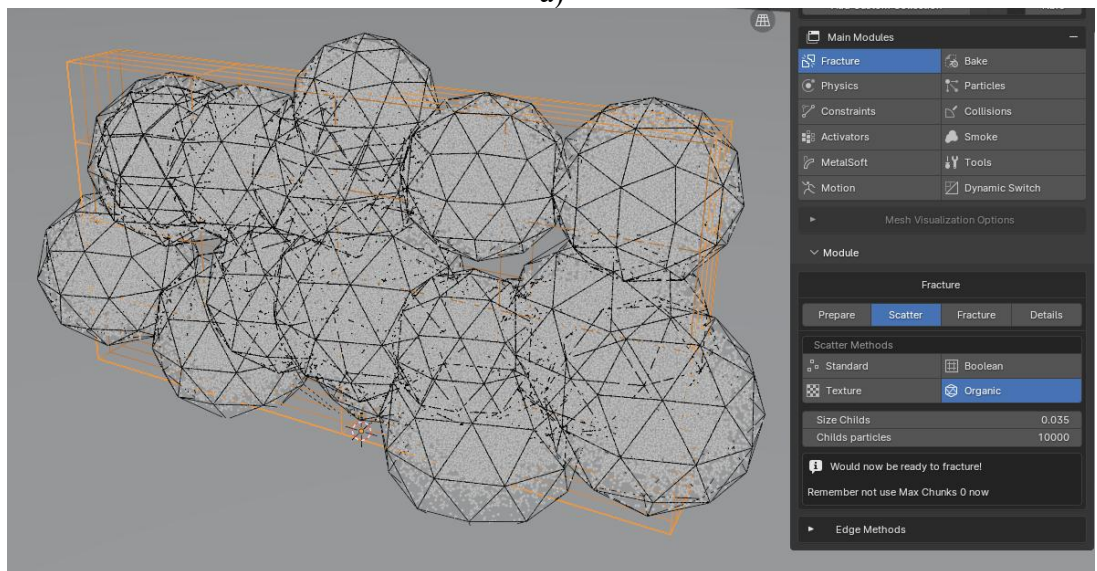
в)

Рисунок 7.18 – Демонстрация работы Boolean Scatter: а) подготовка плоскостей; б) разбиение; в) результат

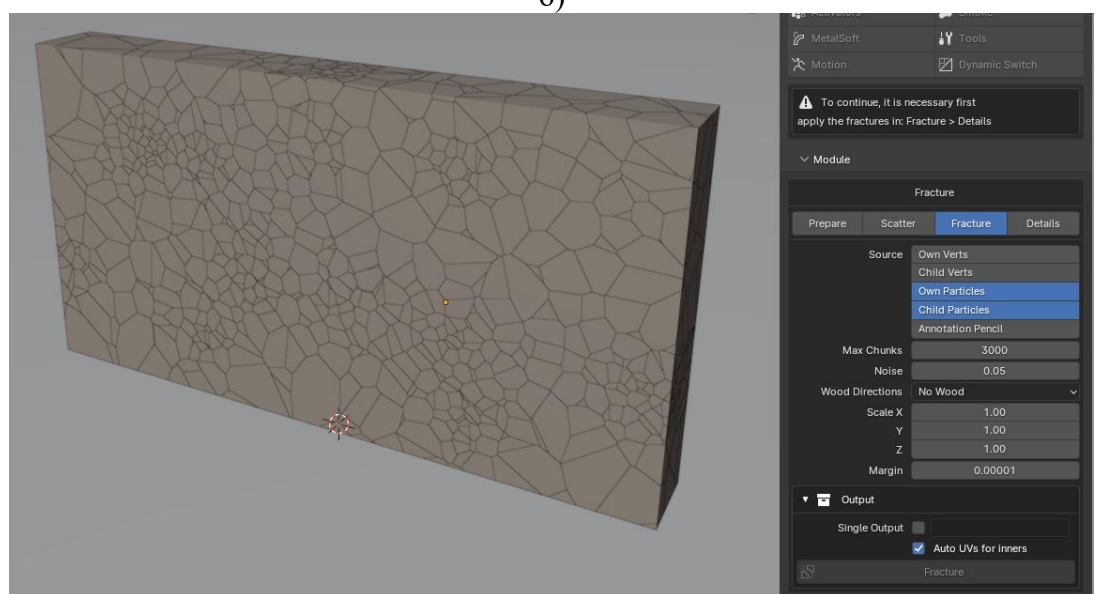
6. Organic Scatter - с помощью Organic Scatter можно добавить серию сфер в геометрию. Эти сферы будут заполнены точками, которые создадут изломы. Это позволяет создавать очень органичные изломы. Например, это очень полезно для создания изломов в бетоне, где могут быть очень большие и очень маленькие куски. Таким образом, если бетон начнёт разрушаться, маленькие кусочки оторвутся быстрее, и это создаст очень реальный эффект в моделировании.



а)



б)



в)

Рисунок 7.19 – Демонстрация работы Organic Scatter: а) подготовка сфер; б)

настройка частиц в сферах; в) результат

Edge Methods Scatter используется для управления процессом разбиения объектов на фрагменты с помощью методов, основанных на краях (edge-based methods).

Edge Method (Метод Ребра) - этот метод разрушения позволяет генерировать локализованные разрушения на краях кусков. Сначала геометрия должна быть разрушена (с небольшим количеством разрушений), а затем выполняется второе разрушение с помощью метода Edge Method. Это позволит создать локализованные трещины на краях кусков. Существует несколько типов методов Edge, которые рассмотрим ниже.

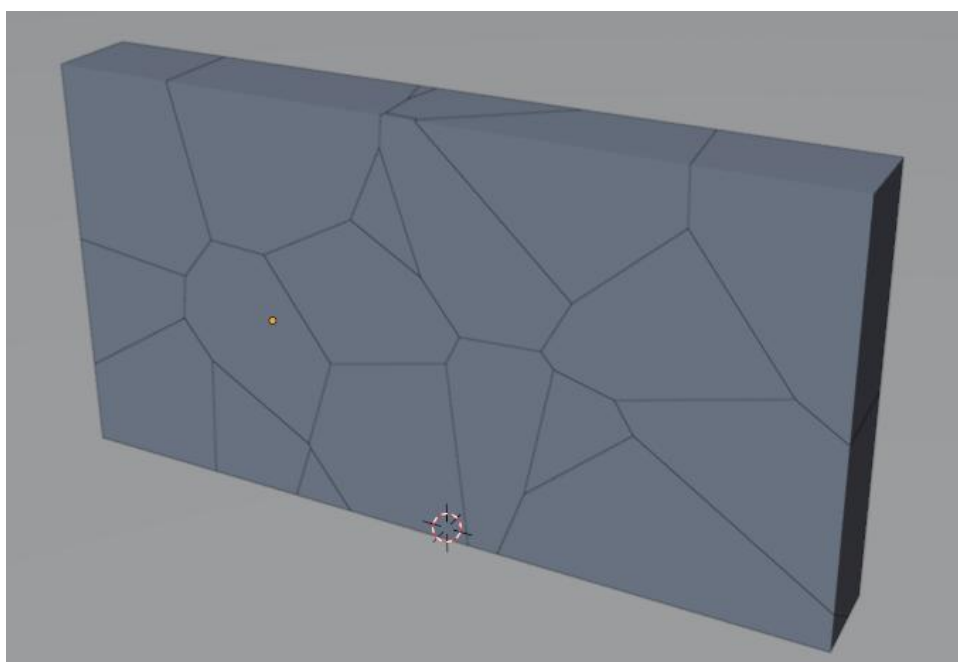
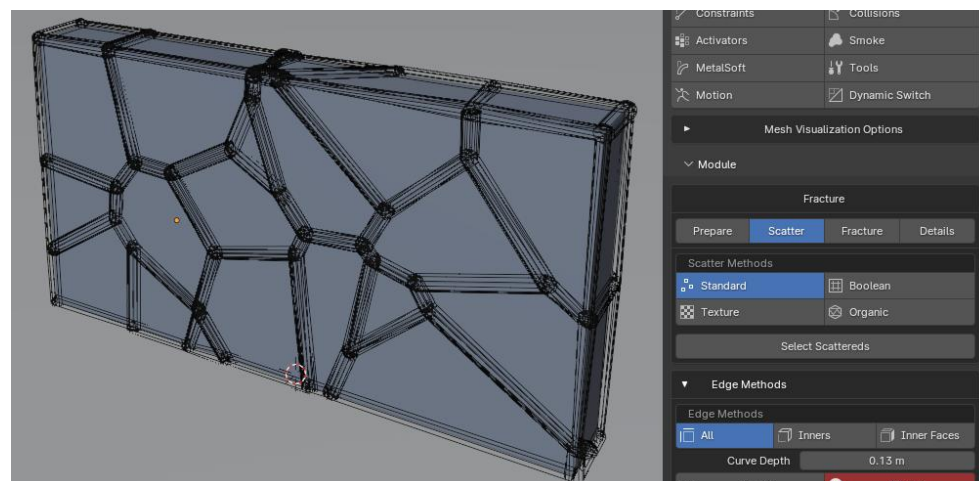
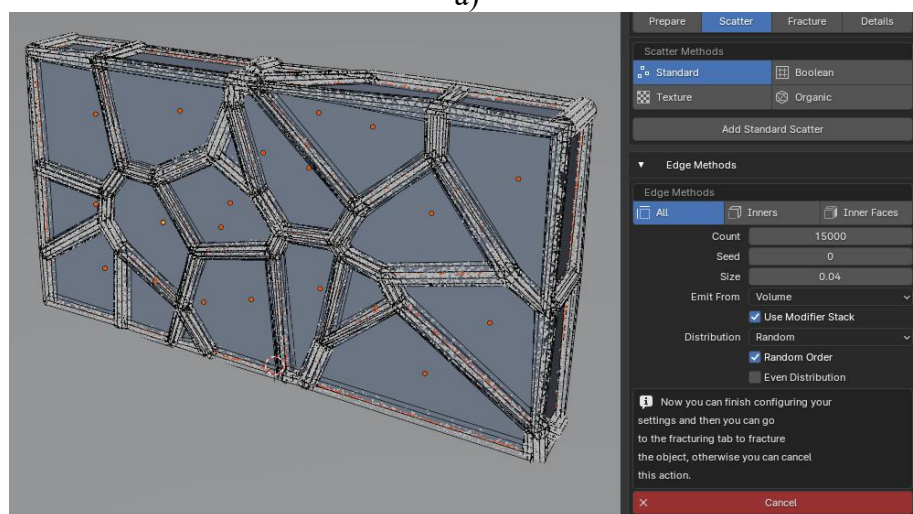


Рисунок 7.20 – Разбитая стена для работы с Edge Methods

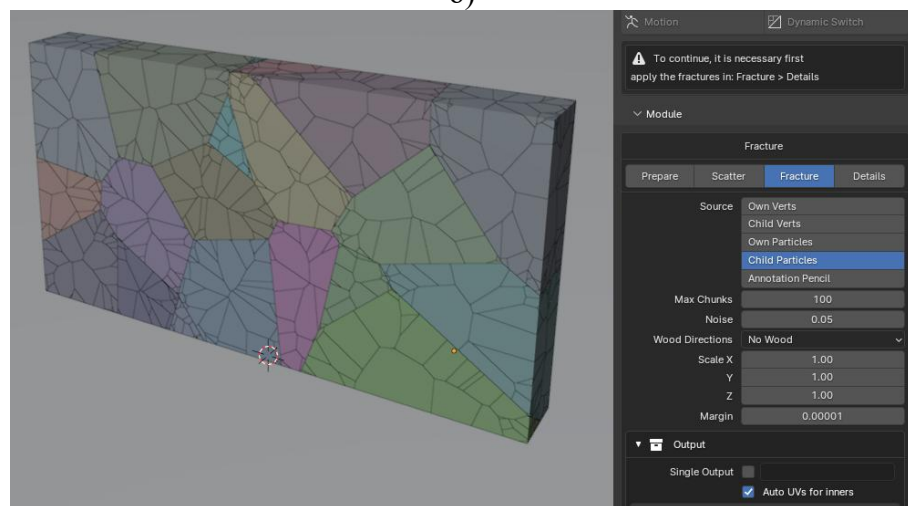
All Simple - генерирует изломы на всех краях чанков, включая внешние чанки. Метод "Простой" снова создаёт изломы на каждом куске. Это означает, что в параметре "Max chunks" нужно задать "низкое" число, поскольку именно такое количество изломов будет сделано для каждого куска.



а)



б)



в)

Рисунок 7.21 – Демонстрация работы All Simple: а) подготовка областей для частиц; б) настройка частиц; в) результат

All Organic - при использовании метода "Organic" переразбиение будет проводиться по оригинальной геометрии, используя края трещин в качестве зоны переразбиения. Это позволит создать более органичные трещины, где не будет видно "разделения" исходных трещин. Здесь

значение параметра "Max Chunks" должно быть выше, так как это будет значение для разлома одной геометрии.

Inner Simple (Внутренняя простая) - это то же самое, что и All Simple, но без образования трещин на внешних гранях кусков, только на внутренних.

Inner Organic - как и метод All Organic, этот метод использует исходную геометрию для создания новых изломов, но игнорирует внешние края.

Fracture - использует аддон "Cell Fracture" для генерации изломов, но модифицированный RBDLab Studio. Скорость разрушения значительно выше, а в дополнение к разрушению выполняется множество действий по добавлению атрибутов к кускам. Таким образом, RBDLab может генерировать множество деталей при моделировании. Например, при дроблении чанков каждый чанк определяет, какой чанк является его соседом. Это будет очень полезно для последующей генерации частиц (Debris). В опциях "Источник" можно выбрать, из какого источника будут генерироваться разломы. RBDLab автоматически управляет этими параметрами в зависимости от выбранного типа разрушения (Scatter, Texture, Organic, Annotation и т. д.). Max Chunks указывает максимальное количество изломов, которые вы хотите получить с помощью Scatter, созданного в вашей геометрии.

Details (Детали) - предназначен для добавления дополнительных деталей к фрагментам, созданным в процессе разбиения объектов.

Extra Details (Дополнительные детали) - после создания изломов вы получите доступ к модулю "Детали". В нем вы можете принять изломы такими, какие они есть, без добавления деталей. Вы также можете выбрать опцию "Добавить дополнительные детали", чтобы создать внутренние детали в изломах. Этот модуль содержит множество инструментов, которые рассматриваются ниже.

Метод Subdivision - это метод по умолчанию для инструмента Extra Detail. В нем можно добавить больше или меньше плотности геометрии для создания внутренних деталей. В разделе "Шум" есть различные инструменты, с помощью которых можно работать с геометрией.

С помощью метода Remesh (Пересетка) можно получить гораздо больше возможностей при создании деталей. Для достижения определённых результатов потребуется большая плотность геометрии, но работать с этим методом очень интересно.

Инструмент Isolate (Изоляция) позволяет нам изолировать область трещин, чтобы была возможность увидеть, что происходит внутри, и получить лучший результат. Как только снова нажимается "Изолировать", все изменения, которые сделанные в этом фрагменте, будут применены и в остальных фрагментах.

Fixing Tools (Инструменты исправления) - инструменты в разделе "Исправление" очень важны и полезны. В зависимости от сложности

геометрии, размера шумов, подразделов и т. д... некоторые фрагменты часто генерируют ошибки при добавлении дополнительных деталей. Это можно легко исправить с помощью инструментов в разделе "Исправление". Сначала можно вручную провести "Предварительный отбор" (с помощью клавиши С) тех фрагментов, которые "сломаны". Не обязательно выбирать только эти фрагменты, их можно быстро выделить с помощью клавиши С. После выбора нажимается "Select Bad Chunks" ("Выбрать поврежденные фрагменты"), и RBDLab автоматически выберет повреждённые фрагменты в этом "предварительном выборе". Затем просто нажимается "Auto Fix", и они будут исправлены. Можно отменить выбор вкладки "In PreSelection" и использовать Select Bad Chunks без предварительного выбора, но это будет намного медленнее.

AutoSmooth - если разбивается геометрия сферической формы, полезно использовать этот инструмент, чтобы исправить отображение геометрии.

8. Физически корректное разрушение каменной башни

Целью данного раздела является создание реалистичной симуляции разрушения каменной башни с использованием инструментов Blender и аддона RBDLab. Основное внимание уделяется физически корректной проработке взаимодействий между осколками, включая реализацию постепенного разрушения структуры и добавление деталей для повышения реализма.

Описание объекта и процесса

Модель башни представляет собой текстурированное трёхмерное строение, имитирующее каменную конструкцию. Башня состоит из цельного объёма, который будет разбит на фрагменты с использованием аддона RBDLab. Особенности разрушения включают:

1. Сохранение части башни в статичном состоянии для достижения эффекта локального разрушения.
2. Постепенное распадение фрагментов под воздействием активаторов и внешних сил.
3. Использование дополнительных инструментов для детализации осколков и добавления частиц.

Желаемый результат — симуляция, в которой башня разрушается под воздействием активаторов, демонстрируя физически корректное поведение фрагментов (например, их оседание, скольжение или рассыпание).

Постепенное достижение цели

1. Создание модели и подготовка к разрушению

Башня была создана с текстурами камня и размечена с помощью инструмента Annotate для формирования линий разрушения.

2. Разбиение на фрагменты

С помощью RBDLab объект был разделён на осколки, причём детали разрушения настраивались для достижения реалистичного эффекта.

3. Настройка статичных и динамичных частей

Определены области, которые остаются статичными, и части, подверженные разрушению, для создания контраста между стабильной и разрушаемой структурой.

4. Анимация разрушения

Добавлены активаторы, которые поочерёдно инициируют распад башни. Использование Glue Strength позволило добиться постепенного отделения крупных фрагментов.

5. Детализация и визуализация

Добавлены мелкие осколки, пыль и частицы для усиления эффекта разрушения. Итоговая сцена продемонстрировала реалистичное разрушение каменной башни.

Этот проект является примером применения симуляций твёрдых тел для достижения правдоподобного визуального результата в 3D-графике.

Для начала понадобится модель любой башни. Например:

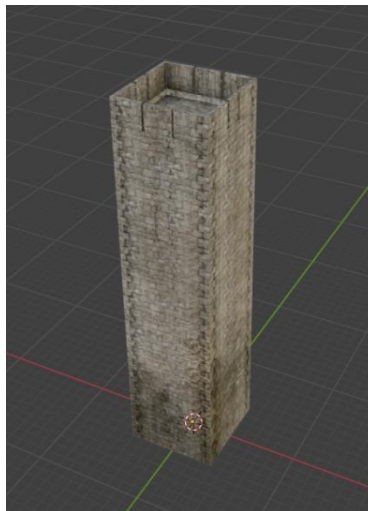
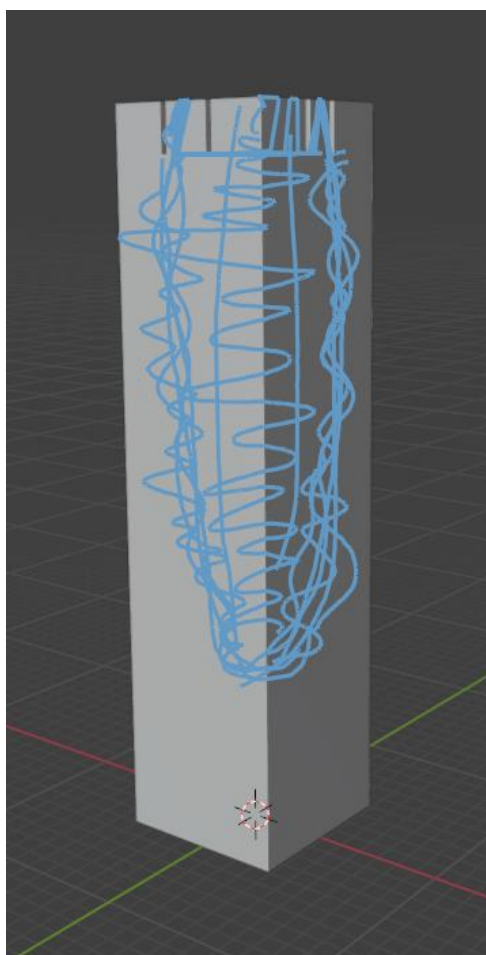
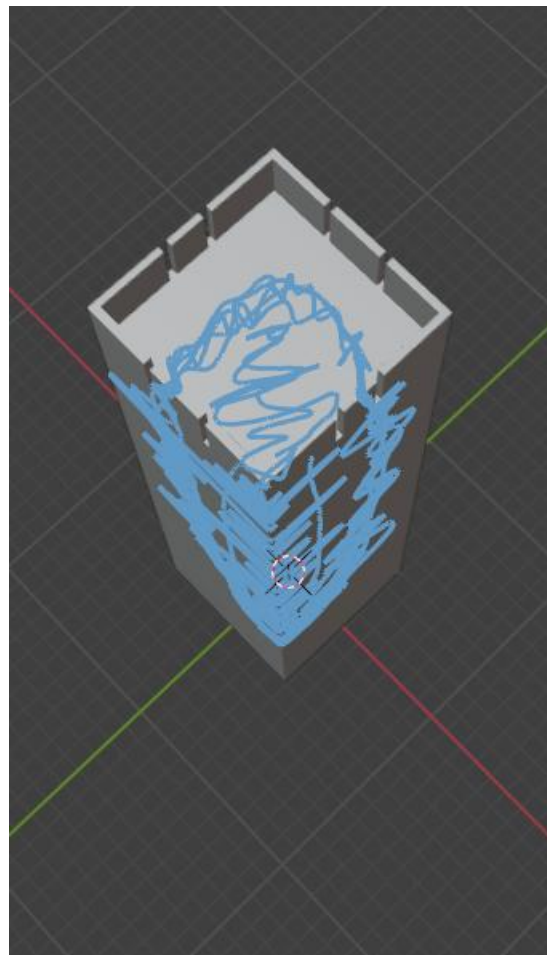


Рисунок 8.1 – Модель башни для разрушения с текстурой камня

Для определения линий разрушения используется инструмент Annotation, который используют как направляющие для разбиения, результате использования которого получится:



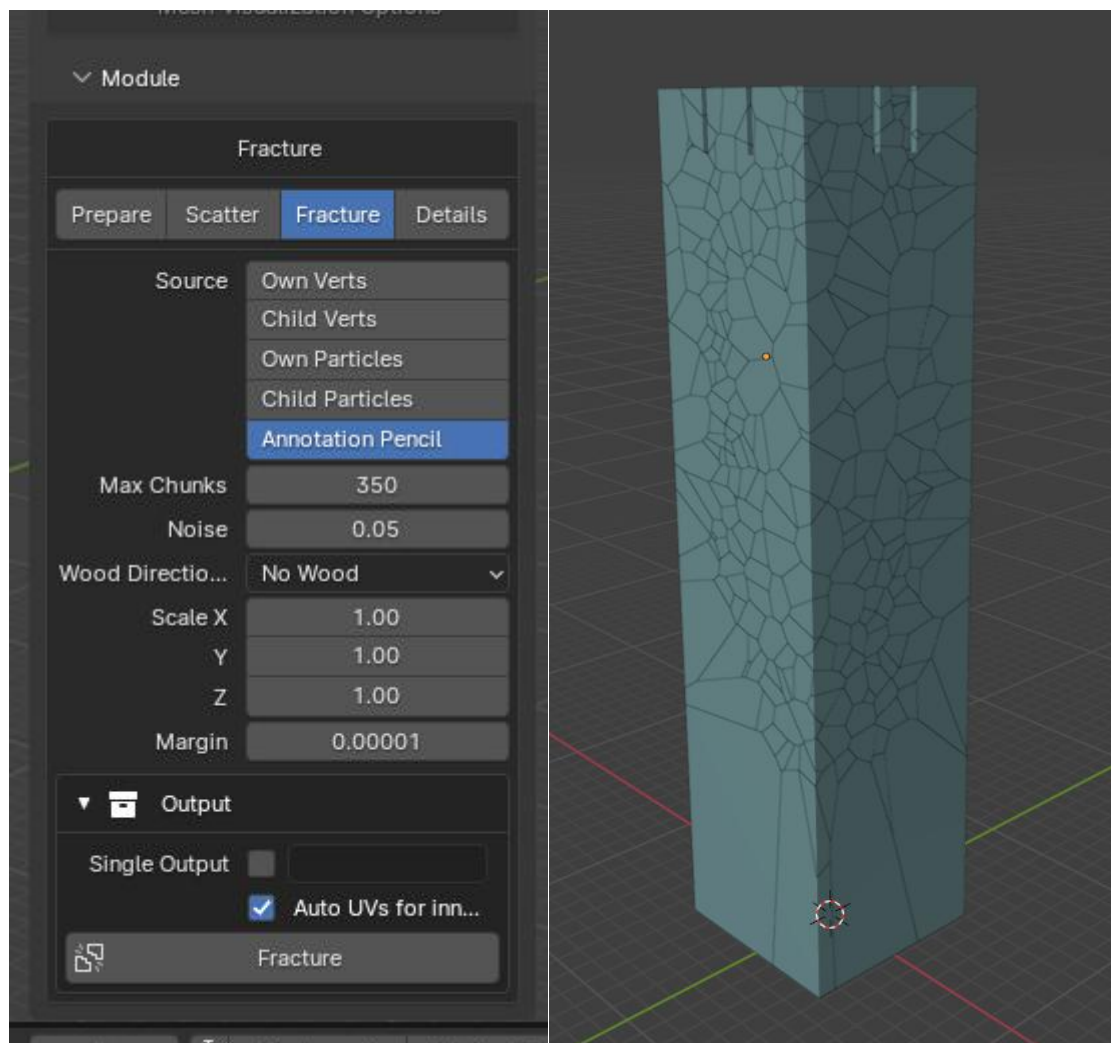
а)



б)

Рисунок 8.2 – Контура для разрушения башни с двух ракурсов

Затем следует сгенерировать осколки и получить разрушенную башню.



а)

б)

Рисунок 8.3 – Разбиение модели на осколки: а) параметры разрушения; б) результат разрушения

Для реалистичности добавляется детализация осколков через Extra Details:

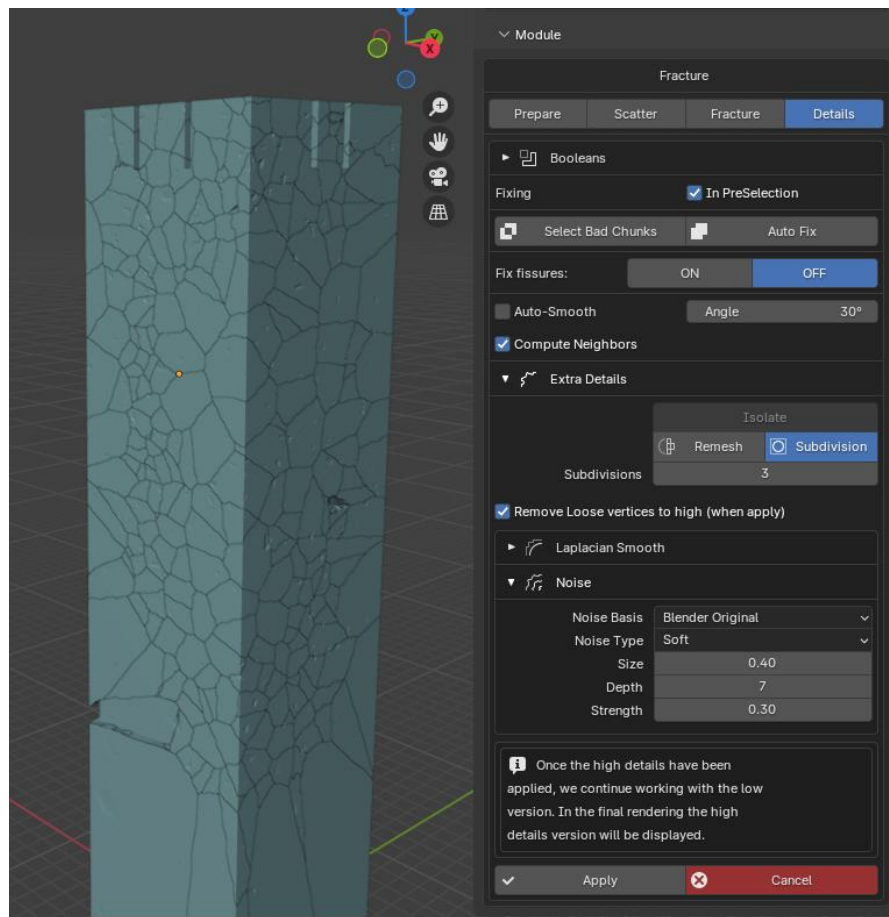


Рисунок 8.4 – Результат добавления дополнительных деталей с их настройкой

Если имеются неправильные осколки, их следует выделить и применить Auto Fix:

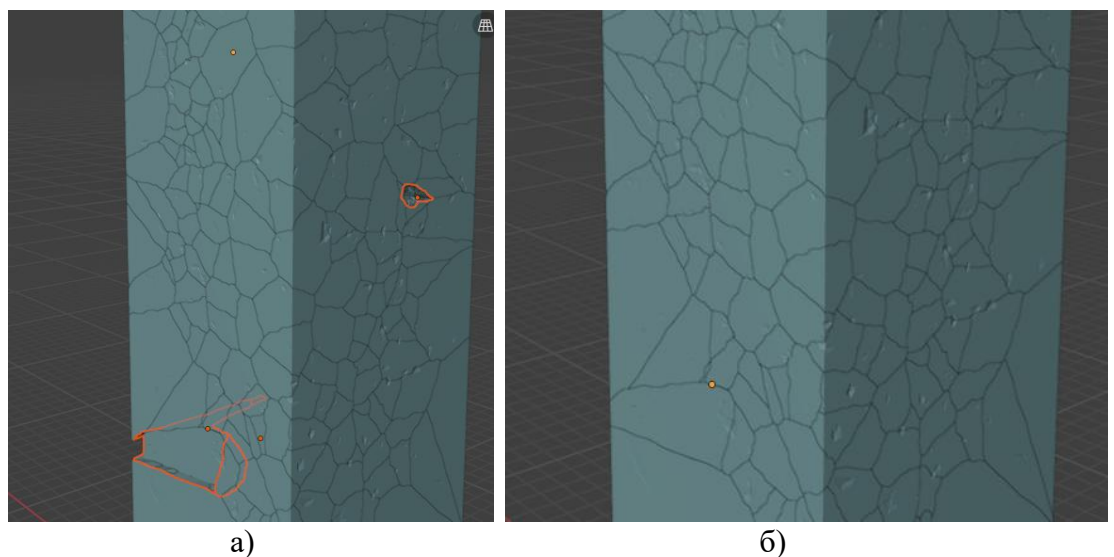


Рисунок 8.5 – Исправления неправильных осколков: а) До применения Auto Fix; б) После применения Auto Fix

После исправлений применяется разрушение через кнопку Apply внизу окна аддона.

Для анимации разрушения используется модуль Physics, где поднимается параметр Friction до 0.8 и добавляется физичность через Add RB:

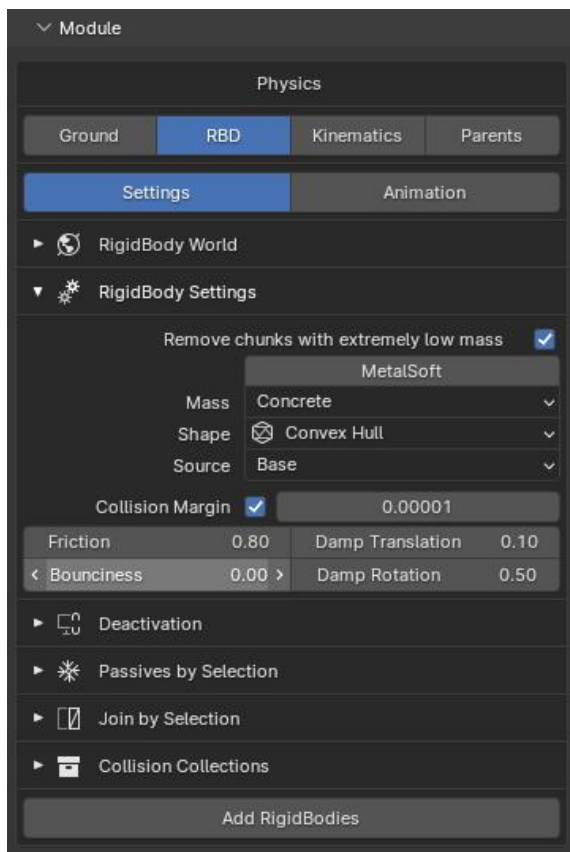


Рисунок 8.6 – Настройка физических характеристик осколков

Чтобы башня просто не падала в бездну добавляется поверхность под ней (при желании её можно спрятать через параметр Visible) и получить в результате (видео step_1):

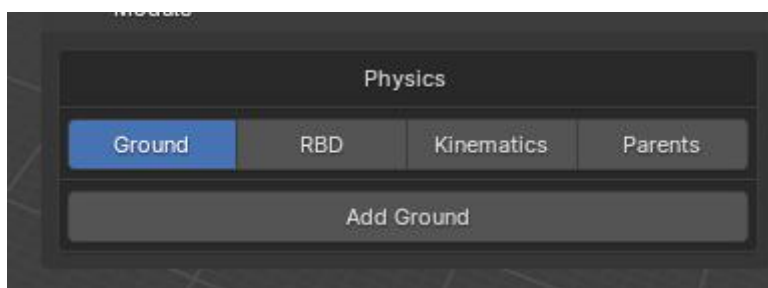


Рисунок 8.7 – Кнопка добавления поверхности

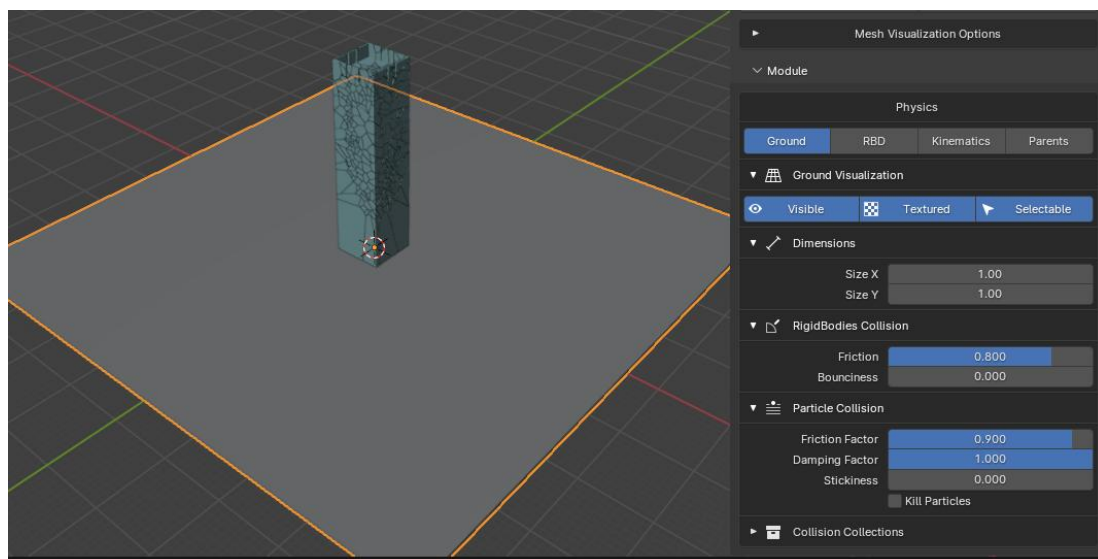
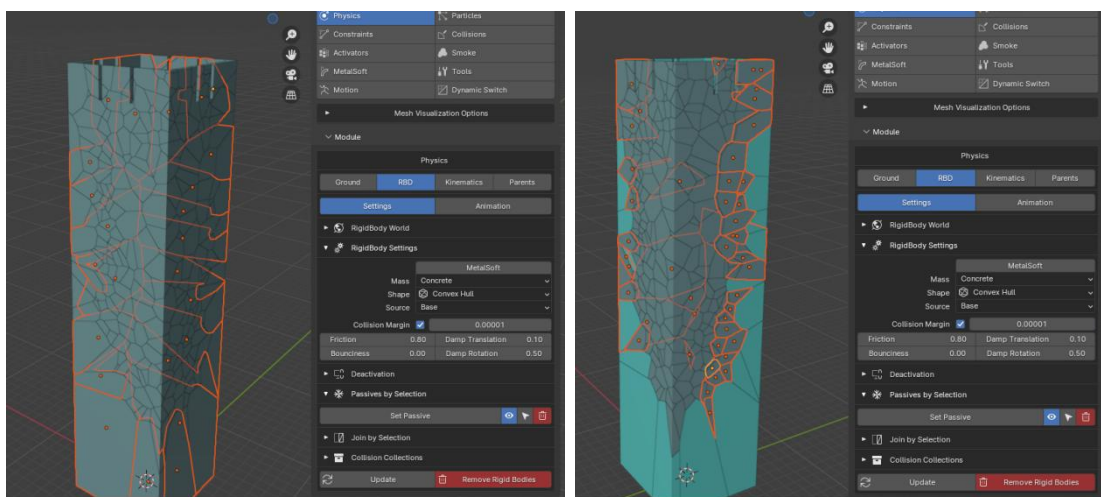


Рисунок 8.8 – Настройка физических характеристик поверхности

В разделе Kinematics после выбора осколков, которые должны быть статичны, им назначается параметр тип Passive через раздел Passive by Selection, чтобы получить разрушаемую часть и статичную:



а)

б)

Рисунок 8.9 – Создание статичных частей башни: а) Выделение больших осколков селектором; б) Выделение остальных осколков ручным методом по вкусу

В итоге должна получиться примерно такая картинка:

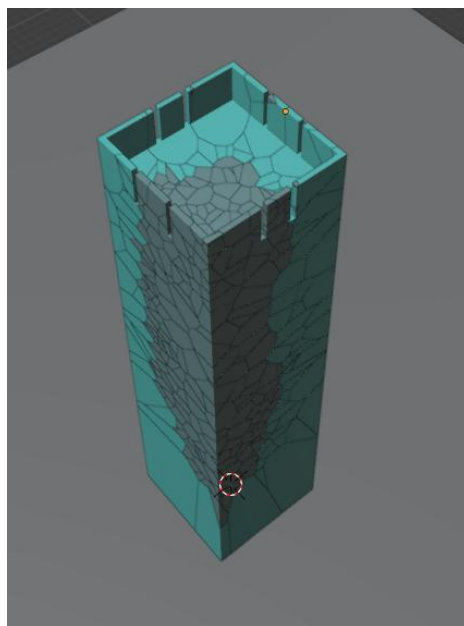


Рисунок 8.10 – Демонстрация статичных и динамичных осколков башни

Для анимации распада с течением времени создаётся 2 куба на местах где начнётся разрушение

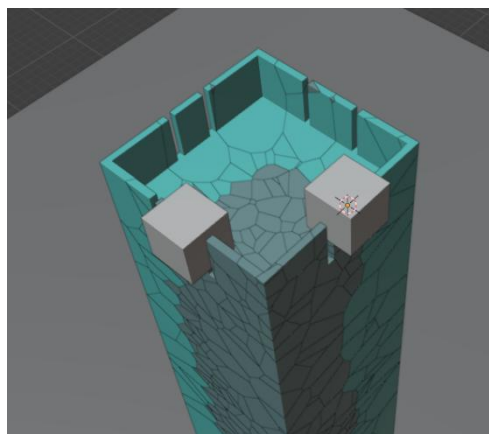


Рисунок 8.11 – Демонстрация положения кубов активаторов на башне

Чтобы башня не рассыпалась и можно было корректно провести кубы по траектории разрушения нужно отключить физику в blender:

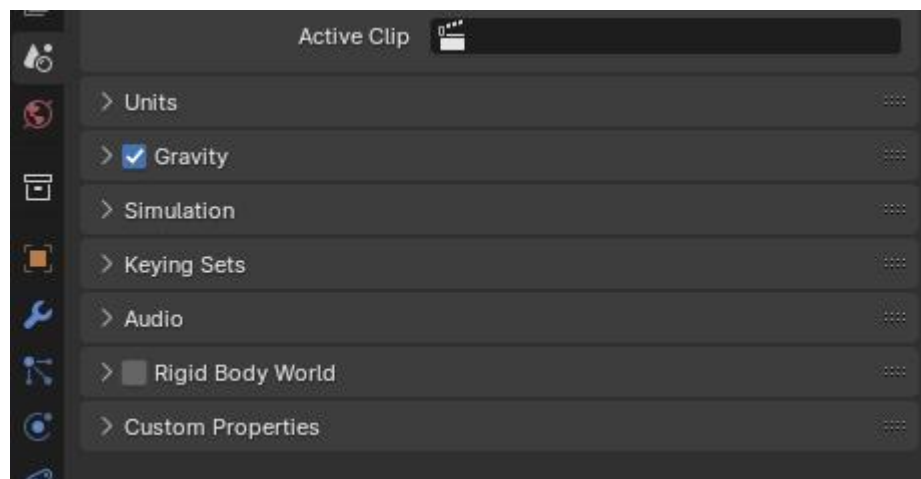


Рисунок 8.12 – Демонстрация выключенного параметра физики

После чего нужно активировать запись анимации и провести куб по линии разрушения, чтобы в итоге получить.

После чего активировать физику и добавить кубы как активаторы и разрушаемые части в слой:

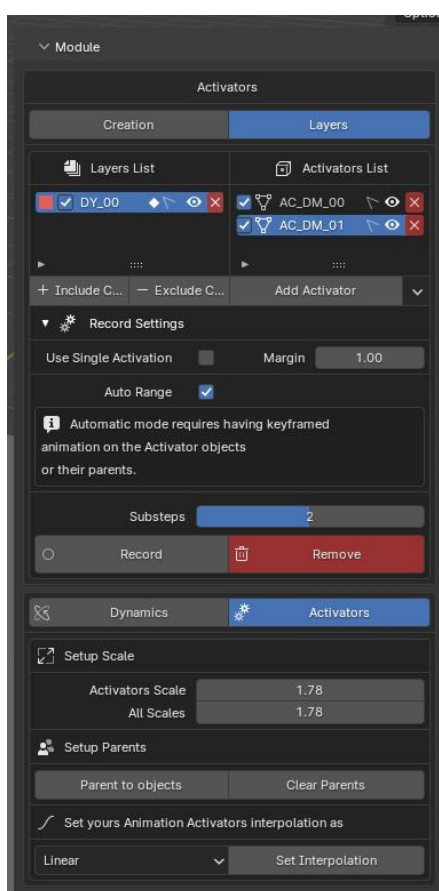


Рисунок 8.13 – Настройка активаторов и динамических частей

Затем добавить связи с параметрами, которые имитируют внутренние силы сцепления материала, определяющие прочность соединения между фрагментами для сохранения структуры и постепенного разрушения:

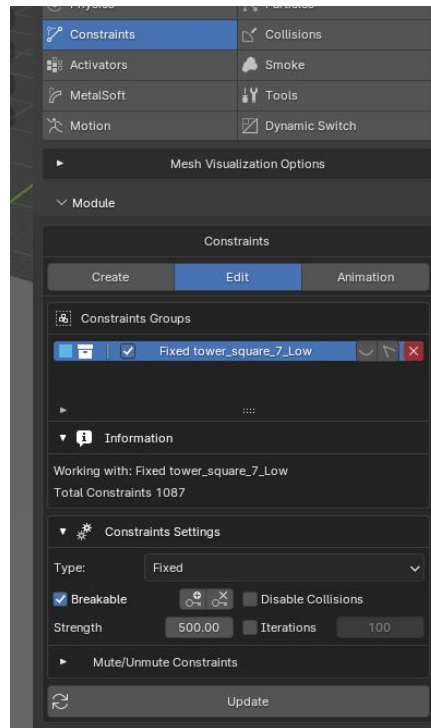


Рисунок 8.14 – Настройки связей между осколками

Становится заметно как куски башни отваливаются большими частями и падают разбиваясь на маленькие благодаря параметру *Glue Stranght* (Сила склеивания).



Рисунок 8.15 – Демонстрация связанности частей

В результате получается интересное, реалистичное разрушение, к которому можно добавить систему частиц и пыли для полной картины.

В ходе работы были изучены и применены технологии симуляции твёрдых тел для создания физически корректного разрушения объектов в Blender. Основные результаты:

1. Теоретическая база: Освоены ключевые параметры Rigid Body, настройки взаимодействий объектов и применение аддонов для разрушений.

2. Практическая реализация: Реализованы симуляции различной сложности, включая базовые разрушения и сложные анимации, такие как постепенное разрушение башни.

3. Инструменты: Продемонстрированы возможности аддонов Cell Fracture и RBDLab, которые значительно упрощают процесс разрушения и позволяют достигать высокого уровня детализации.

4. Реалистичность: Добавление деталей, частиц и динамических связей между осколками обеспечило визуально достоверный результат.

5. Анализ ограничений: Выявлены сложности, связанные с настройкой сцены и совместимостью инструментов на разных версиях Blender.

Полученные знания и навыки могут быть применены для решения задач в области 3D-анимации, визуализации и создания спецэффектов в фильмах и играх.

9. Заключение

В ходе выполнения данной курсовой работы были детально изучены основы симуляции твёрдых тел в Blender, включая ключевые параметры Rigid Body, настройки взаимодействий объектов, использование встроенных и сторонних инструментов, таких как аддоны Cell Fracture и RBDLab. Изученные технологии позволяют создавать реалистичные взаимодействия объектов и разрушений, которые находят применение в анимации, визуализации архитектурных проектов, создании спецэффектов для фильмов и видеоигр.

В процессе работы проведён анализ параметров симуляции и аддонов, выявлены их сильные стороны и ограничения, такие как возможность настройки точных физических характеристик и проблемы совместимости на различных версиях Blender. Особое внимание было уделено этапам подготовки объектов, проработке деталей разрушений и оптимизации сцен для повышения производительности.

Практическая часть работы включала реализацию различных сценариев разрушений: от простой симуляции столкновений до сложных анимаций, таких как реалистичное разрушение башни. В результате был создан визуально достоверный и детализированный эффект разрушения.

Полученные знания и навыки будут полезны в дальнейшем изучении технологий трёхмерной графики и анимации. Данная работа подтверждает, что использование симуляций твёрдых тел и дополнительных инструментов Blender является мощным и гибким решением для выполнения задач любой сложности в области 3D-анимации и компьютерной графики.

10. Библиография

1. Cell Fracture Addon [Электронный ресурс]. URL: <https://racoonsblendertutorials.wordpress.com/blender-tutorials/tutorials-lists/addons/25-2/> (Дата обращения: 29.09.24)
2. Cell Fracture [Электронный ресурс]. URL: <https://blender-addons.org/cell-fracture-addon/> (Дата обращения: 29.09.24)
3. Understanding Rigid Body Physics in Blender: A Comprehensive Guide [Электронный ресурс]. URL: <https://www.tripo3d.ai/blog/collect/understanding-rigid-body-physics-in-blender---a-comprehensive-guide-урууыгj-do4o> (Дата обращения: 15.10.24)
4. Столкновения (collisions) [Электронный ресурс]. URL: https://docs.blender.org/manual/ru/latest/physics/rigid_body/properties/collisions.html (Дата обращения: 15.10.24)
5. Динамика (dynamics) [Электронный ресурс]. URL: https://docs.blender.org/manual/ru/latest/physics/rigid_body/properties/dynamics.html (Дата обращения: 17.10.24)
6. Cell Fracture with Rigid Body exploding outwards instantly [Электронный ресурс]. URL: <https://blender.stackexchange.com/questions/272170/cell-fracture-with-rigid-body-exploding-outwards-instantly> (Дата обращения: 04.11.24)
7. RBDLab User Guide [Электронный ресурс]. URL: <https://sites.google.com/view/rbdlab-user-guide-en> (Дата обращения: 14.11.24)
8. BLENDER TUTORIAL: EPIC TOWER COLLAPSE with rbdlab! [Электронный ресурс]. URL: <https://sites.google.com/view/rbdlab-user-guide-en> (Дата обращения: 23.11.24)