

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота
другий (магістерський)
(рівень вищої освіти)

на тему Сучасні методи комп'ютерного моделювання та візуалізації
3d-об'єктів

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1219-пзс
спеціальності 121 Інженерія програмного
забезпечення

(код і назва спеціальності)

освітньої програми Інженерія програмного
забезпечення

(код і назва освітньої програми)



М. К. Бебешко

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т. н.  В. І. Заяц
(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент директор ТОВ «Дісітел»



П. О. Лютий

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2020

6. Консультанти розділів магістерської роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата |
|--------|---|------------------|
| | | Завдання прийняв |
| | | |

7. Дата видачі завдання 01.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів магістерської роботи | Строк виконання етапів магістерської роботи | Примітка |
|-------|---|---|----------|
| 1 | Аналіз предметної області | 02.09-10.09.20 | виконано |
| 2 | Формулювання основної задачі дипломної роботи та узгодження її з науковим керівником | 11.09-12.09.2020 | виконано |
| 3 | Аналіз існуючих методів рішення | 13.09-17.09.19 | виконано |
| 4 | Дослідження області комп'ютерної візуалізації | 18.09-24.09.19 | виконано |
| 5 | Узгодження подальших дій з науковим керівником | 25.09-26.09.19 | виконано |
| 6 | Аналіз теоретичних відомостей | 27.09-15.10.19 | виконано |
| 7 | Проектування моделювання ізометричного зображення | 15.10-23.10.19 | виконано |
| 8 | Узгодження моделі зображення з науковим керівником | 23.10-24.10.19 | виконано |
| 9 | Реалізація 3D-моделі екстер'єру котеджу | 25.10-14.11.19 | виконано |
| 10 | Представлення отриманих результатів науковому керівнику і узгодження плану подальшого дослідження | 15.11-16.11.19 | виконано |
| 11 | Реалізація анімації по траєкторії | 16.11-23.11.19 | виконано |
| 12 | Проведення аналізу сучасних методів моделювання 3D-об'єктів | 24.11-09.12.20 | виконано |
| 13 | Оформлення звіту | 10.12-28.12.20 | виконано |

Студент


(підпис)

Бєбєшко М. К.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Заяц В.І.
(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер


(підпис)

Скрипник І.А.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Сторінок: 103

Рисунків: 42

Таблиць: 3

Джерел: 16

Бєбєшко М.К. Сучасні методи комп'ютерного моделювання та візуалізації 3d-об'єктів.

Кваліфікаційна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 121 – Інженерія програмного забезпечення, науковий керівник Заяц В.І. Інженерний інститут ЗНУ. Факультет енергетики, електроніки та інформаційних технологій, 2020.

Мета кваліфікаційної роботи полягає у вивченні методів сучасних методів моделювання 3D об'єктів, а також порівняння програмних забезпечень при моделюванні тривимірних сцен.

Досліджено методи і сучасні конкуруючі програмні забезпечення розроблені для тривимірного моделювання. Для досягнення мети було вирішені такі завдання: спроектування начерку, моделювання ізометричної 3D моделі, реалізування та нанесення карти текстури, розроблення 3D сцени, налаштування візуалізації (рендеру), створення анімації.

Ключові слова: *3D ОБ'ЄКТ, ТРИВИМІРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ, ТЕКСТУРА, МОДЕЛЮВАННЯ ІЗОМЕТРИЧНОЇ 3D МОДЕЛІ, РЕНДЕР.*

SUMMARY

Pages: 103

Figures: 42

Tables: 3

Sources: 16

Bebeshko M.K. Modern methods of computer modeling and visualization of 3d objects.

Qualification work for obtaining a higher education master's degree in specialty 121 - Software Engineering, supervisor V.I. Zaiats Engineering Institute of ZNU. Faculty of Energy, Electronics and Information Technology, 2020.

The purpose of the qualification work is to study methods of modern methods for modeling 3D objects, as well as comparing software for modeling three-dimensional models.

Methods are investigated and modern competing software is developed for 3D modeling. To achieve the goal, the following tasks were solved: sketch design, isometric 3D model modeling, texture implementation and application, 3D scene development, visualization (rendering) setup, animation creation.

Keywords: *3D OBJECT, THREE-DIMENSIONAL MODELING, TEXTURE, MODELING OF AN ISOMETRIC 3D MODEL, RENDER.*

ЗМІСТ

| | |
|---|----|
| ВСТУП..... | 8 |
| РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ 3D ОБ'ЄКТІВ | 14 |
| 1.1 Загальні відомості про сучасні способи візуалізації 3D об'єктів..... | 14 |
| 1.2 Приклади задач тривимірної візуалізації..... | 15 |
| 1.3 Методи 3D моделювання..... | 17 |
| 1.3.1 Моделювання на основі примітивів..... | 17 |
| 1.3.2 Сплайнове моделювання..... | 18 |
| 1.3.3 Моделювання за допомогою модифікаторів..... | 19 |
| 1.3.4 Створення об'єктів за допомогою булевих операцій..... | 20 |
| 1.3.5 Створення тривимірних сцен з використанням частинок..... | 21 |
| 1.3.5 NURBS-моделювання..... | 22 |
| РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ 3D ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ІНТЕР'ЄРУ КІМНАТИ..... | 24 |
| 2.1 Аналіз програм тривимірного моделювання..... | 24 |
| 2.2 Математичне подання основних операцій тривимірної графіки..... | 25 |
| 2.3 Види об'єктів в CINEMA 4D..... | 27 |
| 2.4 Створення примітивів і їх види..... | 29 |
| 2.5 Створення інтер'єру кімнати за допомогою комбінування методів моделювання..... | 31 |
| 2.6 Моделювання екстер'єру котеджу за допомогою комбінування методів моделювання..... | 38 |
| 2.7 Показ об'єктів. Затінення..... | 51 |
| 2.8 3D Анімація..... | 56 |
| 2.8.1 Історія анімації..... | 56 |
| 2.8.2 Сучасна анімація..... | 57 |
| 2.8.3 2D-анімація..... | 59 |
| 2.8.4 3D-анімація..... | 60 |
| 2.8.5 3D-анімація у Cinema 4D..... | 65 |
| 2.9 Система координат..... | 68 |

| | |
|--|-----|
| 2.10 Текстури і Матеріали..... | 69 |
| РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СУЧАСНИМИ МЕТОДАМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ..... | 78 |
| 3.1 Архітектура системи..... | 78 |
| 3.2 Засоби реалізації..... | 78 |
| 3.2.1 Мова програмування C++..... | 78 |
| 3.2.2 Мова програмування Python..... | 79 |
| 3.2.3 Редактор коду Visual Studio Code..... | 80 |
| 3.2.4 Графічний редактор CINEMA 4D..... | 82 |
| 3.2.5 Графічний редактор Autodesk 3Ds Max 2017..... | 83 |
| 3.2.6 Графічний редактор ARCHICAD..... | 85 |
| 3.2.7 Бібліотека FreeGLUT..... | 88 |
| 3.3 Структура даних..... | 89 |
| 3.4 Програмна частина системи..... | 91 |
| РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ АНАЛІЗУ СУЧАСНИХ МАТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ..... | 95 |
| 4.1 Порівняння програмного забезпечення..... | 95 |
| 4.2 Порівняльний аналіз сучасних методів комп'ютерного моделювання.. | 97 |
| 4.3 Порівняльний аналіз швидкодії різного апаратного забезпечення..... | 98 |
| ВИСНОВКИ..... | 101 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ..... | 102 |

ВСТУП

Актуальність теми

Тривимірна графіка існує з 90-х років, їй не так багато часу, але її вже не відрізнити від реальних фотографій і відеозаписів. Крім того, що вона дуже схожа на реальне життя, її роблять ще яскравіше і красивіше. Це стосується не тільки тривимірні анімації, але і відеоігри, які вже здатні занурити вас в дуже приємну і красиву атмосферу. Візуальні ефекти, прийоми поєднання комп'ютерної графіки з реальним відео вражають уяву і викликають у багатьох інтерес до тривимірного моделювання та анімації.

Але новачкові, який поставив собі за мету освоїти ремесло аніматора або 3D-художника, важко відразу зорієнтуватися у виборі програмного забезпечення. Щоб після тижнів або навіть місяців не виявилось, що час на вивчення 3D-редактора було витрачено даремно, необхідно добре уявляти собі сильні і слабкі сторони кожної конкретної програми.

На сьогоднішній день сфера мультимедійних технологій постійно розвивається, роблячи інформацію більш наочною і зручною до сприйняття. Кіноіндустрія і ігрової індустрії випереджає традиційне телебачення. Розвиваються способи обміну, зберігання та обробки інформації.

Однак фахівців з виробництва мультимедійних продуктів не вистачає, необхідно готувати фахівців професіоналів для ринку. Це визначається складністю і трудомісткістю створення тривимірних об'єктів, необхідний тривалий термін практичної роботи.

Мета і завдання дослідження

Мета кваліфікаційної роботи полягає у вивченні методів сучасних методів моделювання 3D об'єктів, а також порівняння програмних забезпечень при моделюванні ізометричних моделей.

Об'єкт дослідження

Методи і сучасні конкуруючі програмні забезпечення розроблені для тривимірного моделювання.

Предмет дослідження

Порівняння програм для створення тривимірної графіки і технології тривимірного моделювання.

Методи дослідження

Для розв'язання представлених завдань використовуються такі методи дослідження:

- Аналіз програмного забезпечення і сучасних технологій для візуалізації 3D об'єктів.
- Проведення паралелі серед конкуруючих програм.
- Узагальнення отриманих результатів досліджень.
- Порівняльний аналіз програмних продуктів.

Наукова новизна одержаних результатів

Одержані результати є наочним відображення сильних та слабких сторін кожної конкретної програми, та методів для створення тривимірної графіки. На основі аналізу цих даних у майбутньому можливо визначати складність і трудомісткість створення тривимірних об'єктів.

Практичне значення одержаних результатів

На базі отриманих результатів можна виявити яке програмне забезпечення та методи візуалізації 3D об'єктів є найбільш відповідними для створення ізометричної, тривимірної сцени. Також якщо дослідити цю роботу шляхом розкладу її на складові частини можна зробити висновки щодо найбільш вдалих налаштувань рендерінгу ізометричного зображення. Ознайомитися з переважаючими складнощами що виникають у моделюванні начерку, нанесенні текстури, налаштування рендерінгу, та підходи їх розв'язання.

Апробація результатів

Результати роботи було представлено на науково-технічних конференціях студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених.

Глосарій

Тривимірна графіка — розділ комп'ютерної графіки, присвячений методам створення зображень або відео шляхом моделювання об'ємних об'єктів в тривимірному просторі.

3D-моделювання — процес створення тривимірної моделі об'єкта. Завдання 3D-моделювання — розробити зоровий об'ємний образ бажаного об'єкта. При цьому модель може як відповідати об'єктам з реального світу (автомобілі, будівлі, ураган, астероїд), так і бути повністю абстрактною (проекція чотиривимірного фракталу).

Текстура — растрове зображення, що накладається на поверхню полігональної моделі для додання їй кольору, забарвлення або ілюзії рельєфу. Приблизно використання текстур можна легко уявити як малюнок на поверхні скульптурного зображення. Використання текстур дозволяє відтворити малі об'єкти поверхні, створення яких полігонами виявилось б надмірно ресурсномістких. Наприклад, шрами на шкірі, складки на одязі, дрібні камені і інші предмети на поверхні стін і ґрунту. Якість текстурованою поверхні визначається текселями — кількістю пікселів на мінімальну одиницю текстури. Так як сама по собі текстура є зображенням, дозвіл текстури і її формат відіграють велику роль, яка згодом позначається на загальному враженні від якості графіки в 3D-додатку.

Ізометрична проекція — це різновид аксонометричної проекції, при якій в відображенні тривимірного об'єкту на площину коефіцієнт спотворення (відношення довжини спроектованого на площину відрізка, паралельного координатної осі, до дійсної довжині відрізка) по всіх трьох осях один і той же. Слово «ізометрична» в назві проекції прийшло з грецької мови і означає «рівний розмір», відображаючи той факт, що в цій проекції масштаби по всіх осях рівні.

Рендерінг — термін в комп'ютерній графіці, що позначає процес отримання зображення по моделі за допомогою комп'ютерної програми. Часто в комп'ютерній графіці (художньої та технічної) під рендерингом (3D-

рендерингом) розуміють створення плоского зображення, цифрового растрового зображення, за розробленою 3D-сценою. Синонімом в даному контексті є візуалізація.

Тривимірні, або стереоскопічні дисплеї — дисплеї, за допомогою стереоскопічного або будь-якого іншого ефекту створюють ілюзію реального обсягу у демонстрованих зображень. В даний час переважна більшість тривимірних зображень показується за допомогою стереоскопічного ефекту, як найбільш легкого в реалізації, хоча використання самої лише стереоскопії не можна назвати достатнім для об'ємного сприйняття. Людське око як в парі, так і поодиноці однаково добре відрізняє об'ємні об'єкти від плоских зображень.

3ds Max (3D Studio MAX) — тривимірний графічний редактор, повнофункціональний професійний застосунок, система для створення і редагування об'єктів та створення візуалізацій, розроблена компанією Autodesk. Містить найсучасніші засоби для архітекторів, дизайнерів, художників і фахівців в області мультимедіа. Працює в операційних системах Microsoft Windows і Windows NT (як в 32-бітових, так і в 64-бітових). 3ds Max використовується для створення візуалізацій моделей будівель, комп'ютерних ігор, тривимірних анімаційних мультфільмів, рекламних роликів тощо. За допомогою цього редактора зроблено безліч анімованих моделей для кінофільмів. Власником торгової марки 3ds Max є фірма Autodesk.

Cinema 4D — програмний пакет для створення тривимірної графіки та анімації, розроблюваний Maxon. Cinema 4D є універсальною комплексною програмою для створення і редагування тривимірних ефектів і об'єктів. Дозволяє рендерити об'єкти за методом Гуро. Основна програма містить інструменти для моделювання, текстурювання, рендеру та анімації. Основою для створення об'єктів слугують примітиви на кшталт сфери чи площини, поділені на полігони. Об'єкти, як цілком, так за виділеними полігонами, можуть змінюватися базовими перетвореннями, такими як обертання, зміна розміру, та просунутими — скручування, тиснення, перетворення за формулою тощо. Програма надає ряд деформаторів і генераторів складних об'єктів, наприклад,

ландшафтів. Особливістю Cinema 4D є інструмент «ніж» для ручного розділення більшого полігона на менші. Програма також дає змогу малювати полігональні стрічки, прив'язувати одні полігони до інших, перетворювати грані на дуги. Інструмент MoGraph дозволяє автоматично створити з базового об'єкта чи їх групи складний об'єкт перетвореннями на кшталт клонування чи симетричного копіювання.

CGI (від англ. *Common Gateway Interface* — «загальний інтерфейс шлюзу») — стандарт інтерфейсу, який використовується для організації взаємодії програми веб-сервера із зовнішньою програмою. Програму, яка працює за таким інтерфейсом спільно з веб-сервером, прийнято називати шлюзом. Також вживаються терміни «скрипт» (сценарій) або «CGI-програма». Сам інтерфейс розроблений таким чином, щоб можна було використовувати будь-яку мову програмування. Для обміну даними використовуються стандартні інтерфейси вводу/виводу.

Система автоматизованого проектування (САП або САПР) — автоматизована система, призначена для автоматизації технологічного процесу проектування виробу, результатом якого є комплект проектно-конструкторської документації, достатньої для виготовлення та подальшої експлуатації об'єкта проектування. Реалізується на базі спеціального програмного забезпечення, автоматизованих банків даних, широкого набору периферійних пристроїв.

COLLADA (COLLABorative Design Activity) — це формат файлу обміну для інтерактивних 3D-додатків. Він управляється некомерційним технологічним консорціумом Khronos Group і був прийнятий ISO в якості загальнодоступної специфікації ISO / PAS 17506. COLLADA визначає відкриту стандартну схему XML для обміну цифровими активами між різними графічними програмними додатками, які в іншому випадку могли б зберігати свої активи в несумісних форматах файлів. Документи COLLADA, що описують цифрові активи, являють собою файли XML, зазвичай ідентифікуються з розширенням імені файлу .dae.

FBX (Filmbox) — це приватний формат файлів (.fbx), розроблений Kaudara і належить Autodesk з 2006 року. Він використовується для забезпечення взаємодії між додатками для створення цифрового контенту. FBX також є частиною Autodesk Gameware, серії проміжного програмного забезпечення для відеоігор.

STL — це формат файлу, властивий програмного забезпечення САПР для стереолітографії, створеному компанією 3D Systems. STL має кілька бекронімів, таких як «Стандартна мова трикутників» і «Стандартна мова тесселяції». Цей формат файлу підтримується багатьма іншими програмними пакетами; він широко використовується для швидкого створення прототипів, 3D-друку і автоматизованого виробництва. Файли STL описують тільки геометрію поверхні тривимірного об'єкту без будь-якого подання кольору, текстури або інших загальних атрибутів моделі САПР. Формат STL визначає як ASCII, так і двійкове подання. Двійкові файли зустрічаються частіше, оскільки вони більш компактні. У вихідній специфікації все координати STL повинні були бути позитивними числами, але це обмеження більше не застосовується, і сьогодні в файлах STL зазвичай зустрічаються негативні координати. Файли STL не містять інформації про масштаб, і одиниці виміру є довільними.

DWG — це закритий формат виконаного файлу, який використовується для зберігання двох-і тривимірних проектних даних і метаданих. Це власний формат для декількох пакетів САПР, включаючи DraftSight, AutoCAD, BricsCAD, IntelliCAD, Caddy і сумісні з Open Design Alliance додатки. Крім того, DWG не підтримує багатьма іншими додатками САПР.

РОЗДІЛ 1 ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОБЛЕМИ МОДЕЛЮВАННЯ 3D ОБ'ЄКТІВ

1.1 Загальні відомості про сучасні способи візуалізації 3D об'єктів

Термін “3D-візуалізація” використовується як синонім тривимірної графіки, 3D-рендерінг, комп'ютерних зображень (CGI) і інших термінів. Всі вони в основному відносяться до процесу створення графічного контенту з використанням програмного забезпечення. Це технологія, стала основною в останні кілька десятиліть і перетворилася в один з найбільш життєздатних варіантів для створення високоякісного цифрового контенту.

Тривимірне моделювання фігур, об'єктів зазвичай використовується в декількох сферах, таких як комп'ютерна графіка, комп'ютерний дизайн, відеоігри, розпізнавання об'єктів, телебачення та область культурної спадщини. 3D-сканування у сфері культурної спадщини — це створення вмісту, який може бути використаний для навчання студентів та для інформування широкої громадськості.

Однак існують деякі поширені помилки щодо термінології. Як було сказано вище, це "процес, за допомогою якого створюється графічний контент", тобто кінцевим результатом є візуальний контент (тобто зображення та анімації). Це не те саме, що 3D-дизайн або 3D-розробка, терміни, які зазвичай відносяться до виробництва вмісту, таких як файли з автоматизованим дизайном (САП), створені інженерами або промисловими дизайнерами і призначені для виробничих цілей. 3D-виконавці можуть використовувати САП при розробці 3D-візуалізації, але кінцеві результати — це не просто файли САП — це динамічна графіка, яка поєднує в собі як технічну майстерність, так і артистизм.

Як і фотографія, 3D-візуалізація — це також мистецтво, яке вимагає як художньої, так і технічної майстерності. 3D-художники використовують такі інструменти, як Autodesk 3ds Max, Maya та Cinema 4D, щоб створити приголомшливі візуалізації, які можна використовувати в будь-якій галузі.

Знову ж таки, є деякі помилки, особливо для тих, хто не знайомий з процесом, коли справа стосується найму потрібного фрілансера чи агентства для послуг 3D-візуалізації. Оскільки для 3D-виконавців існують різні інструменти та набори навичок (на відміну від інженерів чи промислових дизайнерів, які спеціалізуються на виробництві контенту для виготовлення та 3D-друку).

Якщо мова заходить про візуалізацію 3D-виробів, 3D-художники проходять процес приблизно так само, як і фотографи при налаштуванні зйомки. Вони починаються з моделювання продукту в 3D або використання наявних файлів САП від інженерів, а потім встановлюють віртуальні камери, світильники та оточення для отримання бажаних результатів. Хоча процес має схожість із традиційною фотографією, рівень контролю та гнучкість із тривимірної візуалізацією не мають собі рівних.

Великий відсоток продукції, що продається сьогодні на веб-сайтах і телебаченні, створюється за допомогою 3D-візуалізації. Ця кількість постійно збільшується протягом останніх років, насамперед завдяки прогресу в технологіях візуалізації, таких як V-Ray Chaos Group і Luxion's Keyshot. Ці вдосконалення дозволили 3D-художникам швидко створити фотореалістичні візуалізації, які відповідають якості стандартної фотографії без клопоту з організаціями складних і дорогих фотосесій. 3D-візуалізація дозволяє створювати вміст з повним контролем над кожним аспектом зображення аж до поверхні матеріалу. Ця технологія допомагає створювати візуальні зображення, які можуть бути або неможливими для створення, або занадто дорогими для створення фотографій.

1.2 Приклади задач тривимірної візуалізації

Приклад задач для вирішення яких використовується 3D моделювання:

1. Створення різних моделей персонажів.

Зазвичай це використовується при створенні мультфільмів і при проектуванні сучасних комп'ютерних відеоігор;

2. 3D візуалізація будівель.

Цим займаються проектні організації, які бажають оцінити для замовника конструктивні особливості майбутнього об'єкта;

3. Створення 3D моделей предметів інтер'єру.

У більшості випадків їх виконують дизайнерські компанії з метою демонстрації естетичних властивостей представлених експозицій;

4. Реклама і маркетинг.

Часто потрібні нестандартні об'єкти для рекламування. Важливу складову тривимірна графіка відіграє при демонстрації будь-якої послуги. Це дозволяє зробити більш ефектне враження на зацікавлених осіб;

5. Виготовлення ексклюзивних прикрас.

Професійні художники і ювеліри використовують спеціальні програми, які дозволяють створити оригінальний і неповторний ескіз;

6. Виробництво меблів і комплектуючих.

Виробничі меблеві компанії нерідко використовують розробку тривимірної моделі для розміщення своєї продукції в електронних каталогах;

7. Промислова сфера.

Сучасне виробництво неможливо уявити без моделювання продукту компанії. Кожну деталь або повноцінний об'єкт простіше збирати по готової і продуманої 3D-моделі;

8. Медична сфера.

Наприклад, при проведенні пластичної операції або ж хірургічному втручанні, все частіше використовують тривимірну графіку для того, щоб наочно продемонструвати пацієнтові, як буде проходити процедура, і яким буде результат.

1.3 Методи 3D моделювання

1.3.1 Моделювання на основі примітивів

Примітиви — це будівельні блоки основних геометричних форм, які можна використовувати як є, так і змінювати за допомогою перетворень та булевих форматів. Хоча більшість цих об'єктів можливо створити за допомогою обрешітки або екструдювання 2D фігур, більшість програмних пакетів створюють їх для швидкості та зручності.[2]

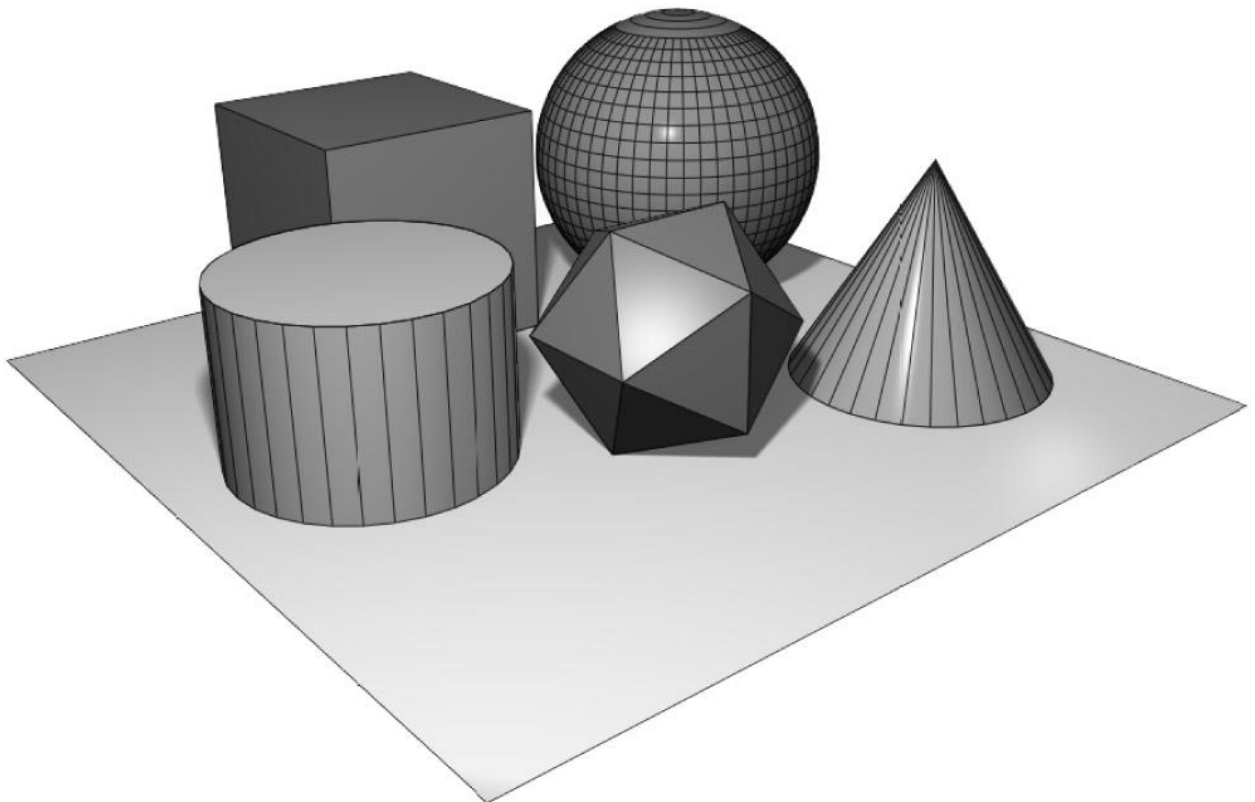


Рис.1 Примітиви геометричних форм

Даний метод застосовується в тих випадках, коли можна подумки розбити об'єкт на кілька простих примітивів, з'єднаних між собою. Необхідно мати гарне просторове мислення, постійно представляти об'єкт, всі його основні деталі і їх розташування відносно один одного.[1] Використовуючи примітиви, можна зобразити практично будь-який об'єкт, але при моделюванні складних об'єктів, після деякого великої кількості примітивів, використання даного методу недоцільно.

Процес створення об'єктів на основі примітивів можна розбити на етапи:

- уявне розбиття вихідного об'єкта на примітиви;
- створення примітивів;
- розташування примітивів відносно один одного за формою створюваного об'єкта;
- коригування розмірів примітивів;
- накладення текстури.

1.3.2 Сплайнове моделювання

Сплайнове моделювання дозволяє створювати об'єкти, перетворюючи 2D фігури в 3D-об'єкти.

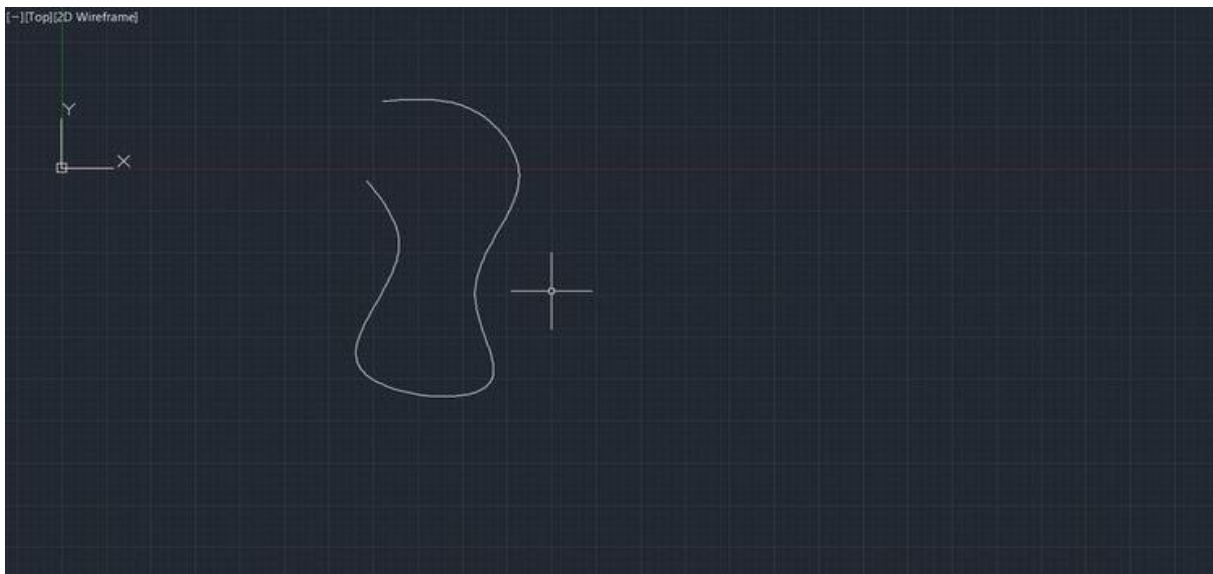


Рис.2 Сплайн

Один з ефективних способів створення тривимірних моделей. Створення моделі за допомогою сплайнів зводиться до побудови каркаса, на основі якого створюється тривимірна геометрична поверхня.

У більшості редакторів тривимірної графіки є можливість сплайн моделювання, а інструментарій даних програм включає в себе наступні фігури:

- Line (Пряма);

- Circle (Окружність);
- Arc (Дуга);
- Ngon (Багатокутник);
- Text (Текст);
- Section (Переріз);
- Rectangle (Прямокутник);
- Ellipse (Еліпс);
- Helix (Спіраль).

За замовчуванням примітиви сплайнів не відображаються на етапі візуалізації і використовуються як допоміжні об'єкти, але при необхідності їх можна зробити видимими. На основі сплайнів можна створювати складні геометричні тривимірні об'єкти. Даний метод найбільш часто використовується при моделюванні симетричних об'єктів, обертанням сплайна навколо деякої осі, а так само несиметричних об'єктів, наданням обсягу перетину обраної сплайнової фігури.

1.3.3 Моделювання за допомогою модифікаторів

Модифікатором називаються спеціальні операції, які можна застосувати об'єкту, в результаті чого властивості об'єкта змінюються. У всіх редакторах тривимірної графіки є велика кількість модифікаторів, які по-різному впливають на об'єкт, наприклад, згинаючи, витягаючи, згладжуючи або скручуючи його. Модифікатори також можуть служити для управління становищем текстури на об'єкті або змінювати його фізичні властивості.[9]

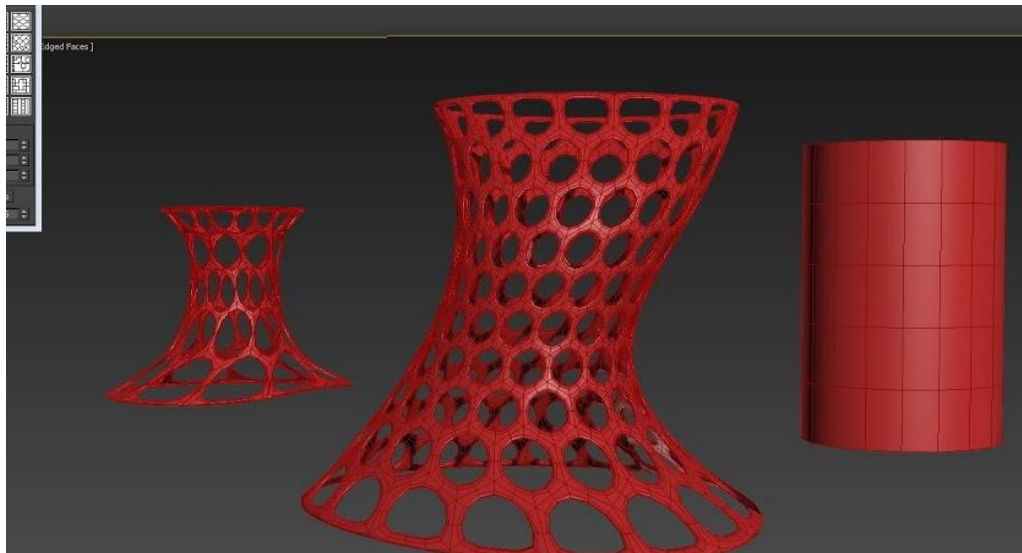


Рис.3 Результат дії деяких модифікаторів на об'єкт

У професійних повнофункціональних продуктах для 3D моделювання, наприклад "Autodesk 3ds Max" є можливість швидко перейти до налаштувань об'єкту і застосованим до нього модифікаторам, відключити або включити дії модифікаторів, а так само поміняти черговість їх впливу на об'єкт.

1.3.4 Створення об'єктів за допомогою булевих операцій

Булеві операції — це ефективний спосіб створення складних фігур з простих геометричних об'єктів. Булевими операторами є віднімання, об'єднання, перетин та злиття.

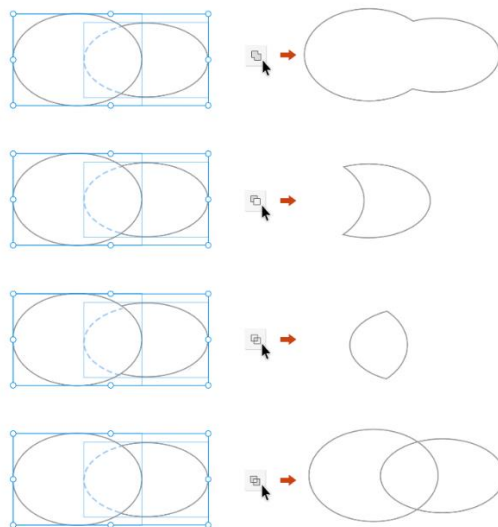


Рис.4 Результат булевих операцій

Даний метод добре підходить для роботи з архітектурними та технічними елементами, але не бажаний в роботі з органічними об'єктами, такими як люди, тварини і рослини. Незважаючи на поширеність булевих операцій, вони мають недоліки, що призводять до помилок побудови результуючої моделі (спотворення пропорцій і форми вихідних об'єктів). З цієї причини багато користувачів використовують додаткові модулі, що дозволяють уникнути помилки в геометрії фінальних об'єктів.

1.3.5 Створення тривимірних сцен з використанням частинок

Система частинок — спосіб представлення 3D об'єктів, що не мають чітких геометричних кордонів. Використовується для створення природних явищ, таких як хмари, туман, дощ, сніг. Системи частинок дозволяють істотно спростити створення різноманітних атмосферних явищ, спецефектів, домогтися яких непроцедурного методами було б непрактично і неефективно. Система частинок складається з фіксованого або довільного кількості частинок. Кожна частинка представляється як матеріальна точка з атрибутами, такими як, швидкість, колір, орієнтація в просторі, кутова швидкість, і іншими.

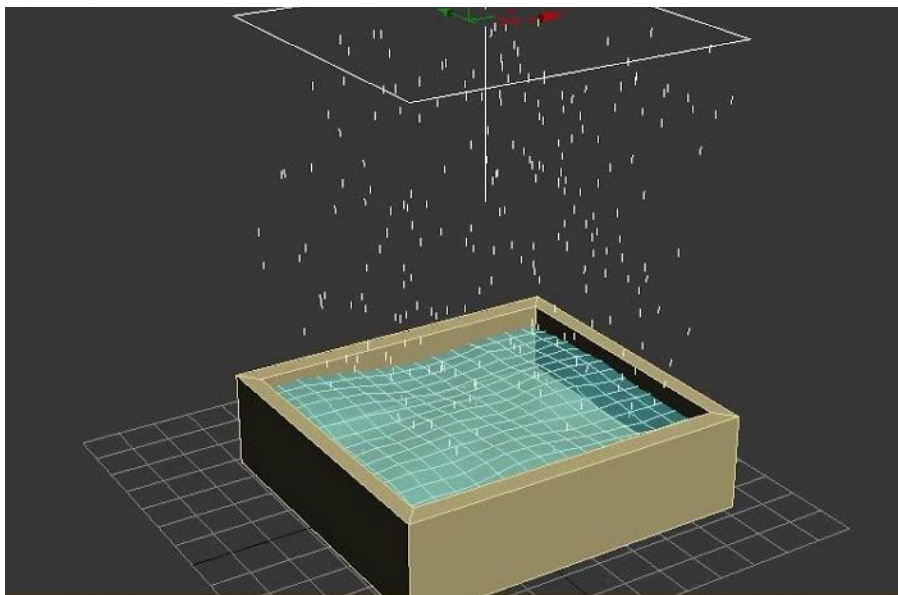


Рис.5 Система частинок

Моделювання систем частинок вимагає високу продуктивність комп'ютера. У 3D додатках, зазвичай вважається, що частки не відкидають тіні один на одного і на навколишнє геометрію, і що вони не поглинають, а випромінюють світло, інакше системи частинок вимагатимуть більше ресурсів із-за великої кількості додаткових обчислень: у випадку з поглинанням світла буде потрібно сортувати частки по віддаленості від камери, а у випадку з тінями кожену частинку доведеться малювати кілька разів.

1.3.6 NURBS-моделювання

NURBS — (англ. Non-uniform rational B-spline; укр. Нерівномірний раціональний В-сплайн) — це математичні зображення тривимірної геометрії, які дозволяють точно описати будь-яку фігуру від простої 2D лінії, кола, дуги або кривої до найскладнішої 3D органічної поверхні вільної форми. Завдяки своїй гнучкості та точності моделі NURBS можна використовувати в будь-якому процесі — від ілюстрації та анімації до виробництва.

Геометрія NURBS має важливі якості, що робить її ідеальним вибором для комп'ютерного моделювання:

- Для обміну геометрією NURBS використовується декілька стандартних галузевих методів. Це означає, що клієнти можуть переміщувати свої цінні геометричні моделі між різними програмами моделювання, візуалізації, анімації та інженерного аналізу. Вони можуть зберігати геометричну інформацію таким чином, який стане корисним у майбутньому.
- NURBS мають точне і добре відоме визначення. Математику та інформатику геометрії NURBS викладають у більшості великих університетів. Це означає, що виробники спеціальних програм, інженерні команди, фірми промислового дизайну та анімаційні будинки, яким потрібно створити власні програмні програми, можуть знайти підготовлених програмістів, здатних працювати з геометрією NURBS.

- NURBS може точно представляти як стандартні геометричні об'єкти, такі як лінії, кола, еліпси, кулі, торі, так і геометрію вільної форми, як кузови автомобілів, так і тіла людини.

Найчастіше даний спосіб використовується для моделювання органічних об'єктів, анімації особи персонажів. Є найскладнішим методом в освоєнні, але в той же час самим налаштованим. Присутній в професійних пакетах 3D моделювання, найчастіше це реалізується включенням в ці додатки NURB-графічного движка, розробленого спеціалізованою компанією.

РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ 3D ВІЗУАЛІЗАЦІЇ ІНТЕР'ЄРУ КІМНАТИ

2.1 Аналіз програм тривимірного моделювання

Дослідження існуючих програмних пакетів тривимірного моделювання здійснюється в роботі з метою визначення особливостей, переваг і недоліків кожного з пакетів, а також найбільш ефективних сфер їх застосування. Для проведення дослідження в роботі проаналізовані найбільш популярні в даний час програмні продукти, такі як: Autodesk Maya; Autodesk 3Ds Studio Max; Lightwave 3D; Maxon Cinema 4D; Blender; ZBrush.

Autodesk Maya — це найбільш затребуваний наразі програмний пакет тривимірного моделювання, відмінною рисою якого є робота з анімацією. З цієї причини Maya використовується в кінематографі і мультиплікації для створення реалістичності.

3Ds Studio MAX — орієнтований в першу чергу на створення тривимірних зображень, локацій і інтер'єрів. Він дозволяє працювати також з анімацією і моделюванням персонажів, проте найбільш ефективно його використання для проектування локацій. Саме з урахуванням такої спрямованості, даний пакет широко використовується в ігровій індустрії.

Lightwave 3D — ще одна програмне середовище, добре підтримує анімацію, забезпечує рендеринг (візуалізацію) високої якості і глобальне освітлення.

Maxon Cinema 4D — професійний 3D-пакет для створення анімації, що дозволяє швидко перемикатися між моделюванням, анімацією і шаблонами.

Blender — програмний пакет, що знаходиться у вільному доступі. Придатний для створення мультиплікаційних фільмів, проте має обмежені можливості для професійного проектування.

ZBrush — програмне середовище тривимірного моделювання від компанії Pixologic з унікальною технологією «Скульптінга», що дозволяє моделювати об'єкти дуже високої деталізації без сильних навантажень на апаратне забезпечення .

Слід зазначити характеристики, які є загальними для всіх розглянутих програмних пакетів. Так, програмні продукти, розроблені за допомогою цих пакетів, вимагають високої продуктивності апаратної частини, що не завжди можливо. Тому розробники ігор і кінцевих продуктів спрощують структуру тривимірних моделей. Для цього вони використовують ряд методів.

Одним з них є метод «Невидимі полігони» (Unseen polygons). У деяких випадках користувач не зможе побачити деякі частини моделі, тому видалення цих «невидимих» частин цілком доцільно для скорочення кількості полігонів і, відповідно, скорочення часу візуалізації. Наприклад, якщо персонаж весь час знаходиться в одному і тому ж одязі, розумно залишити його зсередини порожнистим, що складається лише з окремих частин цього самого одягу, що належить в цілому форму людини.

Метод «Трикутники і чотирикутники» (Triangles and Quads) передбачає, що для більш легких обчислень кожен чотирикутний полігон моделі, імпортованої в програмний компонент гри, розбивається на два трикутних полігони. Система робить подібну операцію шляхом створення нових граней, що з'єднують існуючі вершини на моделі. І чим більше кутів має багатокутник (полігон), тим більше існує різних варіантів розбиття його на трикутники, що може призвести до ускладнення моделі. Якщо ж вона спочатку розбита на трикутні полігони, системі нічого не потрібно буде робити, і, по суті, так і буде виглядати заключна модель. Наприклад, у випадку з п'ятикутною полігоном варіантів розбиття вже шість, що значно гальмує візуалізацію.

2.2 Математичне подання основних операцій тривимірної графіки

Інформація, що представляє собою тривимірну модель, в основному зосереджена в формі полігонів (Polygons) і вершин (Vertices). Полігон являє собою багатокутну поверхню, яка складається з вершин, з'єднаних між собою лініями. Координати полігонів зберігаються в вершинах. Сама загальна форма полігону - це трикутник (Triangle). Оскільки така форма є плоскою, то її простіше обробляти.

Над тривимірними моделями можна здійснювати трансформації — операції, які змінюють координати об'єкта або ж його частини в просторі. Тривимірні перетворення в основному зберігаються як тривимірні матриці. Основними видами трансформацій тривимірного моделювання є: переміщення (Translation); обертання (Rotation) і масштабування (Scaling).

Під час переміщення все вершини об'єкта пересуваються уздовж однієї з осей (X, Y або Z). При цьому матриця переміщення виглядає наступним чином:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & t_x \\ 0 & 1 & 0 & t_y \\ 0 & 0 & 1 & t_z \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Обертання об'єкта проводиться навколо осі z, осі x і може бути описано за допомогою матриць відповідно:

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos\theta & -\sin\theta & 0 & 0 \\ \sin\theta & \cos\theta & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \cos\theta & -\sin\theta & 0 \\ 0 & \sin\theta & \cos\theta & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix}.$$

Масштабування дозволяє пропорційно змінити розміри об'єкта, якщо воно проводиться відповідно в усіх напрямках. при масштабуванні ж по якійсь одній або парі осей не вдасться пропорційно змінити модель. матриця масштабування представлена в наступному вигляді:

$$S = \begin{bmatrix} S_x & 0 & 0 & 0 \\ 0 & S_y & 0 & 0 \\ 0 & 0 & S_z & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$S^{-1}(S_x, S_y, S_z) = S\left(\frac{1}{S_x}, \frac{1}{S_y}, \frac{1}{S_z}\right).$$

Такі основні операції, що здійснюються над тривимірними об'єктами, в математичному вигляді.

2.3 Види об'єктів в CINEMA 4D

В основі тривимірного моделювання лежить розкладання об'єкта, що моделюється або сцени на найпростіші елементи. Залежно від того, які елементарні об'єкти використовуються в цьому випадку, примітиви, сплайнові об'єкти, результат буде різним.

Основними елементами каркасних об'єктів є вершини (vertices) — елементарні точки, які не видно при візуалізації. При з'єднанні вершин прямими лініями утворюються ребра (edges). Об'єднавши три або чотири грані, можна отримати полігон (polygons).[3]

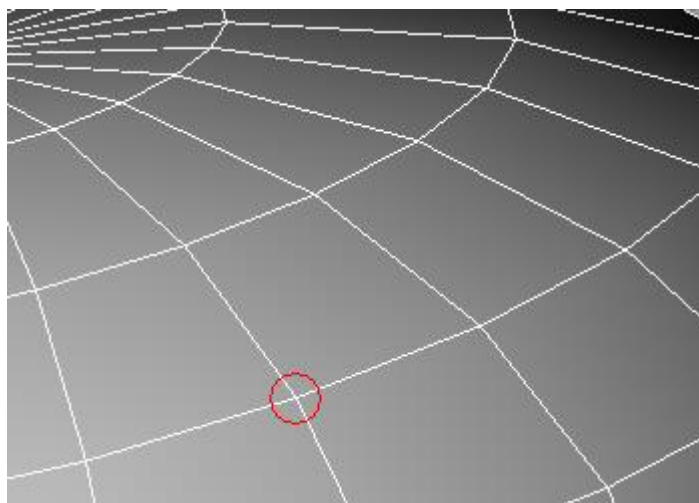


Рис.6 Вершина каркасного об'єкта

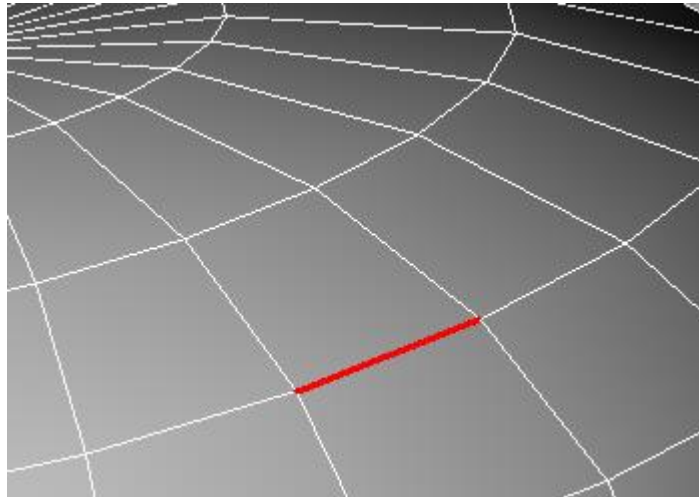


Рис.7 Ребро, що з'єднує вершини

Полігони — двовимірні об'єкти трикутної або прямокутної форми, які вже відображаються при візуалізації. З полігонів можуть бути складені примітиви або криволінійні поверхні. У центрі кожного полігону розташований перпендикулярний вектор — нормаль поверхні (normal), який використовується для визначення напрямку і орієнтації полігону.

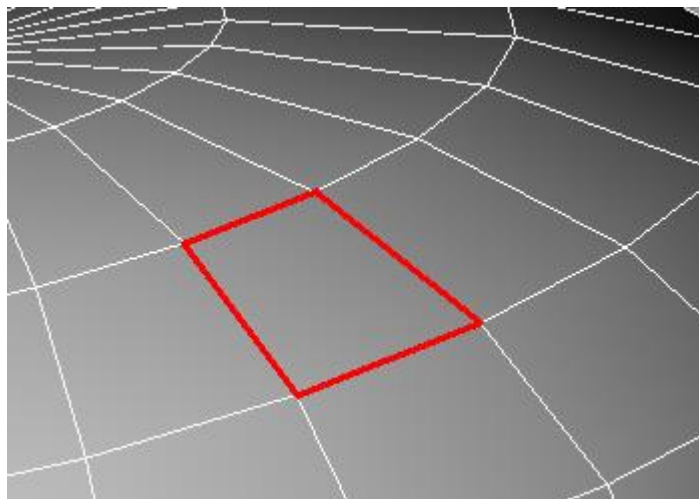


Рис.8 Чотири ребра утворюють полігон

Зрозуміло, чим більше число полігонів містить модель, тим більш гладкою і реалістичною буде виглядати форма. Однак слід по можливості обмежувати число полігонів, що складають об'єкт. Це викликано тим, що можливості будь-якого комп'ютера обмежені, і в складних об'єктах доводиться

зменшувати якість згладжування поверхонь, що призводить до зменшення часу перемальовування екрану (screen redraw time). Якщо ж ваш об'єкт вимагає великої кількості полігонів, і система не встигає прорахувати їх для коректного виведення на екран, то вам слід змінити режим відображення.

У міру вдосконалення навичок в моделюванні можливо створювати уявні складні сцени, які насправді будуть містити невелику кількість полігонів. Для більш економного витрачання ресурсів системи не створювати зайвих об'єктів, які не будуть видні при візуалізації сцени, і не ускладнювати деталізацію об'єктів, які не відіграють істотної ролі в остаточному продукті. Також іноді буває доцільним в якості фону використовувати растрові зображення або технологію проектування камери. Якщо об'єкт визначається математичними рівняннями, то такий об'єкт називається параметричним. Можливо легко змінити форму, задавши нові параметри, не змінюючи його структури на рівні полігонів. Однак таким чином ви можете змінити обмежене число налаштувань, що визначаються математичними параметрами.

2.4 Створення примітивів і їх види

Завдяки своїй простоті примітиви широко використовуються при моделюванні різних сцен. Важливою перевагою примітивів є також легке зміна їх геометрії завдяки тому, що вони є параметричними об'єктами. Хоча замість примітиву ви можете побудувати аналогічну форму сплайна, але математичні рівняння, що описують параметри примітиву, дозволяють заощадити ресурси системи і зменшити час, необхідний для промальовування і візуалізації таких об'єктів.

Cinema 4D містить 16 стандартних примітивів:

- Куб (Cube)
- Куля (Sphere)
- Конус (Cone)
- Циліндр (Cylinder)
- Полігон (Polygon)
- Площина (Plane)

- Диск (Disc)
- Піраміда (Pyramid)
- Капсула (Capsule)
- Цистерна (Oil Tank)
- Багатогранник (Platonic)
- Тор (Tore)
- Труба (Tube)
- Ландшафт (Landscape)
- Фігура людини (Human Figure)
- Рельєф (Relief)

Куля (Sphere)

За замовчуванням об'єкт Sphere складається з 24 сегментів (полігонів). Щоб поверхня кулі виглядала більш гладко, кількість сегментів збільшують. Чим їх більше, тим точніше виконуються перетворення, тим більше деталізованої може бути кінцева модель. Велика кількість полігонів вимагає і підвищених вимог до ресурсів та обладнання. Саме з цієї причини для моделей, що використовуються в комп'ютерних іграх і виступають в якості віртуальних акторів другого плану при створенні кінофільмів, кількість полігонів, з яких вони складаються, обмежують.

Куб (Cube)

Цей примітив спочатку має всього лише по одному сегменту на кожному зі своїх сторін (Segment по X, Y, Z дорівнює 1 см.) Якщо в подальшому з моделлю, заснованої на такому кубі, не виконуватимуться складні перетворення, можна залишити дані значення без змін. В іншому випадку кількість розбиття потрібно збільшувати. Якщо з куба створюється стіна будівлі або сам будинок, стіни якого не мають складних виступів, варто залишити пропоновані установки без змін. Але якщо куб піддається складним деформаціям і перетворенням, операціями, пов'язаними з полігональним моделюванням, кількість сегментів потрібно збільшувати.

Конус (Cone)

Ще один примітив — конус. Його характеристики дозволяють йому легко перетворюватися в усічений конус або циліндр. Початкові установки мають на увазі, що верхній радіус даного об'єкту має значення, рівне нулю. Якщо збільшити це значення, ми одержимо усічений конус, а якщо верхній і нижній діаметри дорівнюватимуть, конус стане циліндром.

Тор (Torus)

Іноді тор називають кільцем. Геометрично його утворює коло або еліпс при русі по направляючої у вигляді кола або еліпса, як правило, трохи більшого діаметра в порівнянні з утворюючим об'єктом.

Циліндр (Cylinder)

За допомогою цього примітиву можливо створювати циліндри, циліндричні сектори і багатогранні призми будь-яких пропорцій.

Труба (Tube)

З такого примітиву можна отримати об'єкти, подібні циліндру, але з позовжнім отвором всередині. Можливо також створювати сектори і багатогранні призми з отворами.

2.5 Створення інтер'єру кімнати за допомогою комбінування методів моделювання

Створення інтер'єру кімнати в стилі ізометричної проекції. Ізометрична проекція — це різновид аксонометричної проекції, при якій у відображенні тривимірного об'єкта на площину коефіцієнт спотворення по всіх трьох осях однаковий. Вона використовується в технічному кресленні і САПР для побудови наочних зображень деталей на креслениках, а також в комп'ютерній графіці для побудови тривимірних об'єктів і панорам. Слід зазначити, що паралельні проекції, різновидом яких є аксонометричні і, в тому числі ізометричні проекції поділяються на ортогональні (перпендикулярні), з напрямом проєкціювання перпендикулярним до площини проекції, і косокутні, з кутом між напрямом і площиною, відмінним від прямого.

Створюємо примітивний об'єкт Куб і видаляємо три полігони. Після чого налаштовуємо камеру і одержаний об'єкт буде символізувати стіни кімнати.

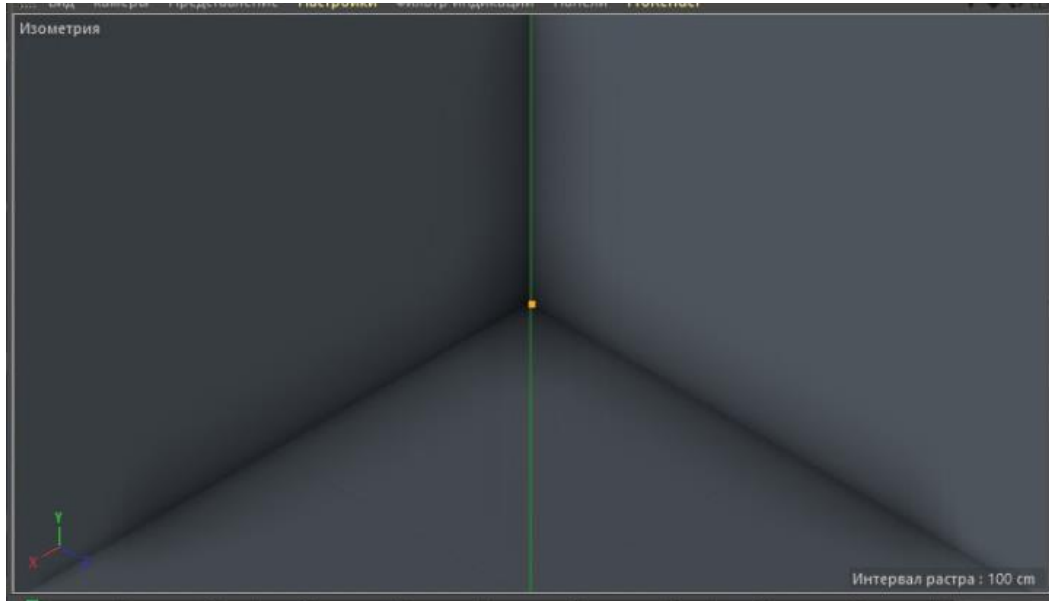


Рис.9 Відредагований примітив Куб

Далі створюємо отвір для вікна за допомогою булевих операцій. Булеві операції над багатокутниками — це набір булевих операцій (AND, OR, NOT, XOR, ...) з одним або декількома наборами багатокутників в комп'ютерній графіці. Ці набори операцій широко використовуються в комп'ютерній графіці, САПР і в проектуванні електронних схем (фізичне розташування елементів інтегральних схем і програми перевірки).

Три основних типи булевої операції

- Додавання. Результатом виконання операції є тіло, що об'єднує в собі всі частини тіл, що беруть участь в операції.
- Віднімання. Результатом виконання операції є тіло, отримане віднімання одного тіла з іншого.
- Перетин. Результатом виконання операції є тіло, отримане перетином тіл, що беруть участь в операції і складається із загальних частин цих тіл.

За допомогою операції Булев віднімання, отримуємо отвір для вікна.

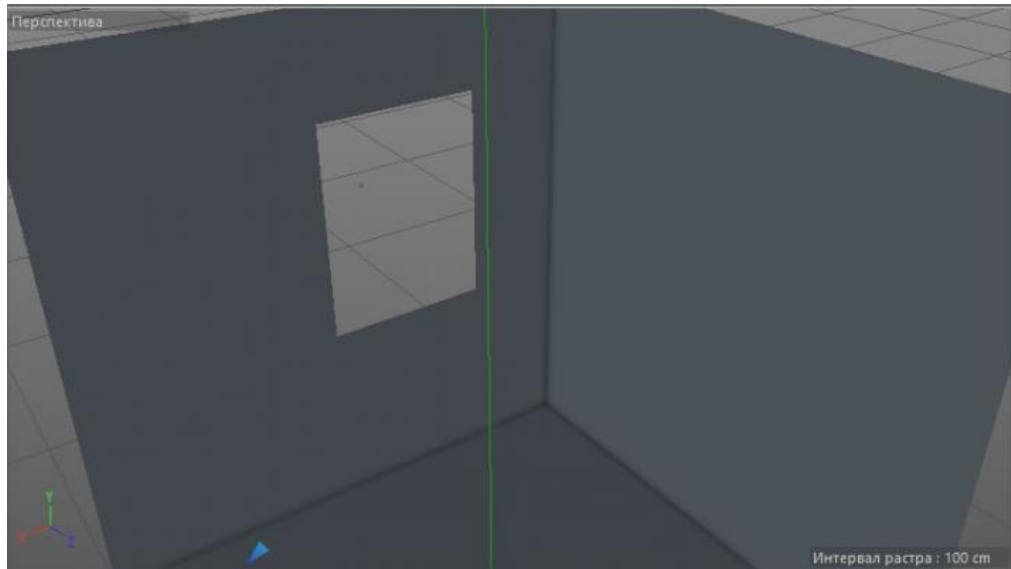


Рис.9 Результат операції Булев

За допомогою інструменту Сплайн ручка і Прив'язка по точкам отримуємо заготовку для плінтуса. Інструментом Сплайн ручка створюємо профіль плінтуса. Застосовуємо модифікатор Sweep на 2 створених сплайна.

Назва інструменту Sweep в перекладі на українську мову, стосовно тривимірній графіці, позначає розгортку з замітанням. Під цим мається на увазі просторове видавлювання сплайнової форми з нелінійного шляху. Ви створюєте дві криві, одна з яких є контуром, і витягується уздовж другого сплайна, званого направляючою кривою, або шляхом. Сплайн контуру повинен лежати в площині XY. Ви також можете розгортати сплайни, які складаються з декількох кривих. Крім того, можна використовувати і третій сплайн, званий рейкою, який буде керувати масштабом контуру по довжині шляху його обертанням.

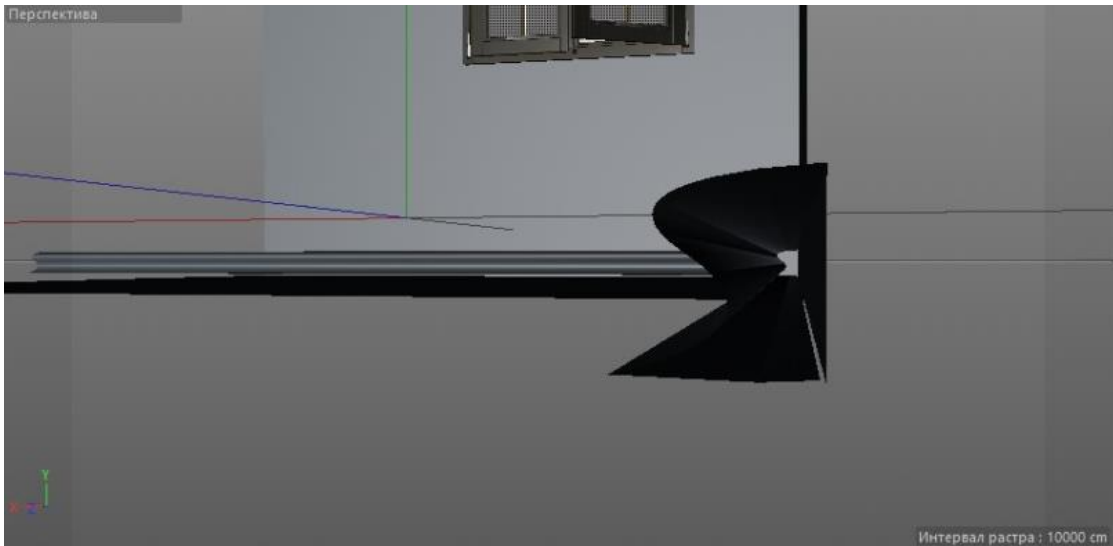


Рис.10 Результат модифікатора Sweep

Створюємо дві найпростіші фігури Куб, редагуємо їх розміри і координати, застосувавши до них функцію Bevel отримуємо макет ліжка.

Модифікатор Bevel дозволяє створювати фаску на місці ребер (або вершин), а також контролювати в яких місцях і наскільки сильним буде даний скіс. Найбільш часто застосовується для створення 3D тексту і логотипів, але можна і для інших цілей.

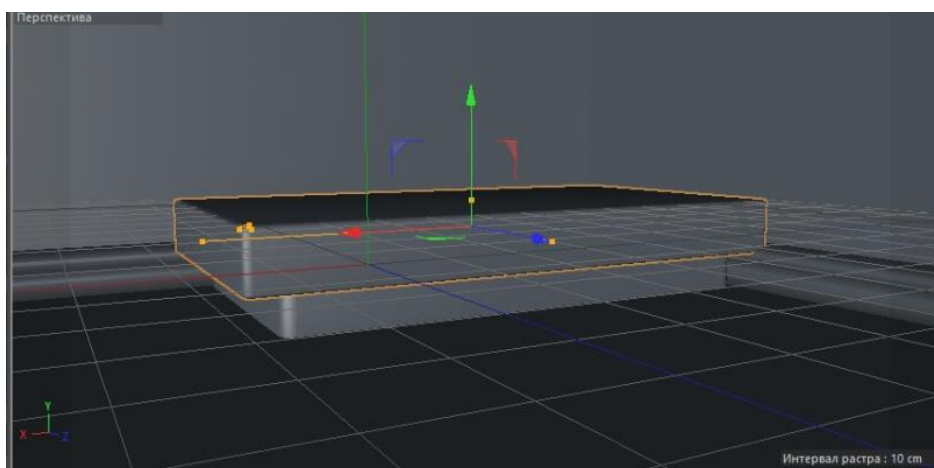


Рис.10 Макет ліжка

Далі Сплайн ручкою зробимо заготовку для столу. Вибираючи кілька кутових точок сплайна і застосуємо до них модифікатор Chamfer для заокруглення кутів. До об'єкту можна застосувати функцію Bevel для створення фаски.

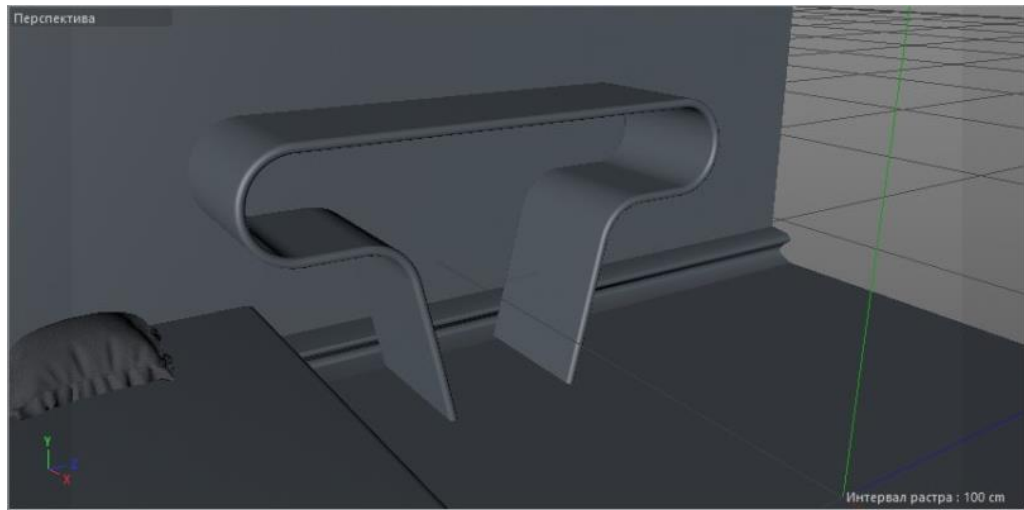


Рис.11 Макет столу

Створюємо висвітлення використовуючи інструмент *Psyhical Sky*. Застосовуємо до нього тег *Compositing*, а також ефекти *Global Illumination* і *Ambient Occlusion*.

Тэг *Compositing* призначений для управління взаємодією об'єкта з оточуючими факторами сцени (освітлення, камери). Використання Глобального освітлення (*Global illumination, GI*) допомагає спростити роботу зі світлом, прибрати чорні глухі тіні, в яких нічого не видно. *Ambient Occlusion* виконує прорахунок для кожної видимої точки поверхні на предмет її освітленості і виконує її затінення.

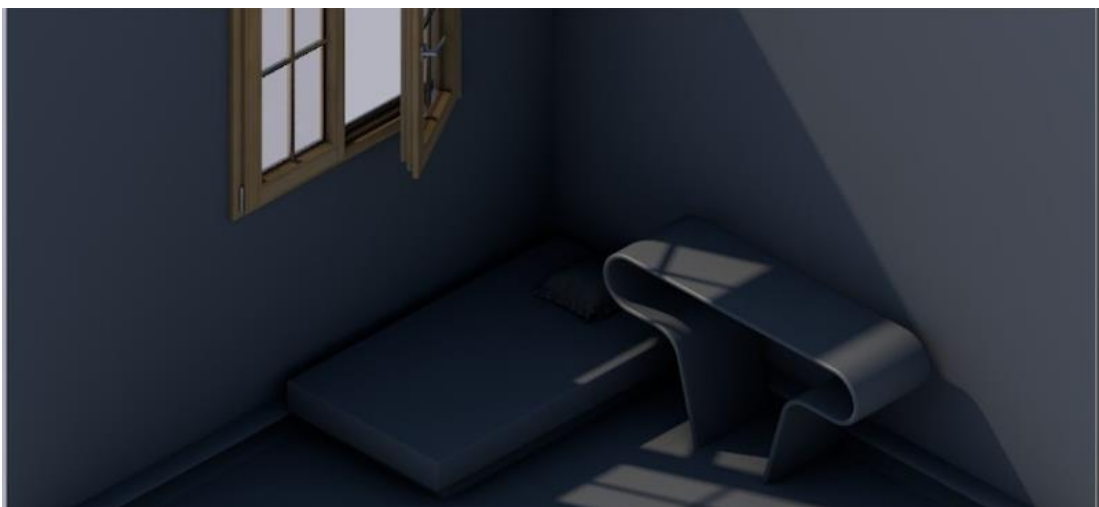


Рис.11 Кімната після висвітлення

Сплайн ручкою зробимо заготовку для стільця. Вибираючи кілька кутових точок сплайна і застосуємо до них модифікатор Chamfer для заокруглення кутів. До об'єкту можна застосувати функцію Bevel для створення фаски. Також додаємо текстури для готових макетів меблів.

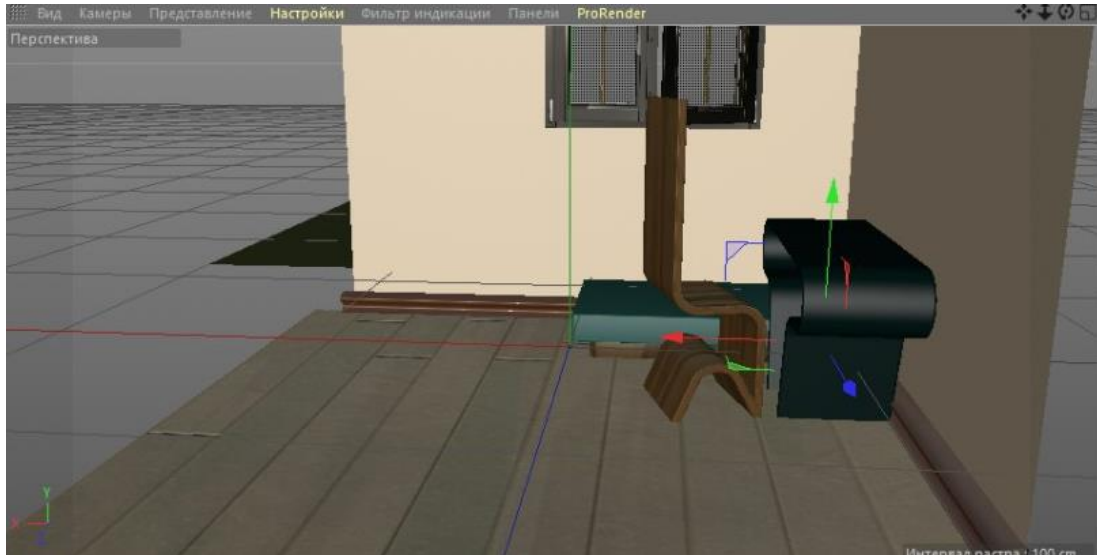


Рис.11 Кімната після додавання текстур

Створюємо примітив Куб, поміщаємо до однієї зі стін, редагуємо його параметри і отримуємо макет для полиці. Поміщаємо макет в об'єкт Cloner і створюємо 4 копії.

Об'єкт Cloner є основною ланкою, якщо мова йде про обробку інших об'єктів, їх клонування, розташування на точках інших об'єктів, спільного застосування їх зі сплайнами і так далі. За допомогою клону об'єкта ви можете створити ідеальне, первісний стан для об'єкта, який згодом при спільному використанні з численним набором ефекторів цього інструменту, може бути змінений різними методами. В об'єкті Cloner є режими які володіють своїми параметрами:

- Об'єкт — в цьому режимі дочірні об'єкти об'єкта Cloner будуть також призначені іншим об'єктам.
- Лінійний — якщо цей режим активний, то дочірні об'єкти, призначені об'єкту Cloner, будуть розташовані лінійно, починаючи від початкового об'єкта Cloner. Їх позиція, розмір і кут повороту можна також змінити.

Для цього вам потрібно змінити значення позиції, розміру і обертання початкового об'єкта.

- Радіальний — у цьому режимі всі призначені об'єкту Клон об'єкти будуть розташовані по колу від центру об'єкта Cloner.
- Каркасний — у цьому режимі всі призначені об'єкту Клон об'єкти будуть розташовані у вигляді каркаса.
- Стільники — цей режим створює плоский каркас, в якому кожен другий ряд буде зміщений горизонтально і таким чином кожен окремий клон буде розташований на центрі лежачого вище клону. Результатом цього методу є класичні стільники і його можна застосувати, наприклад, для створення фактури цегляних стін.

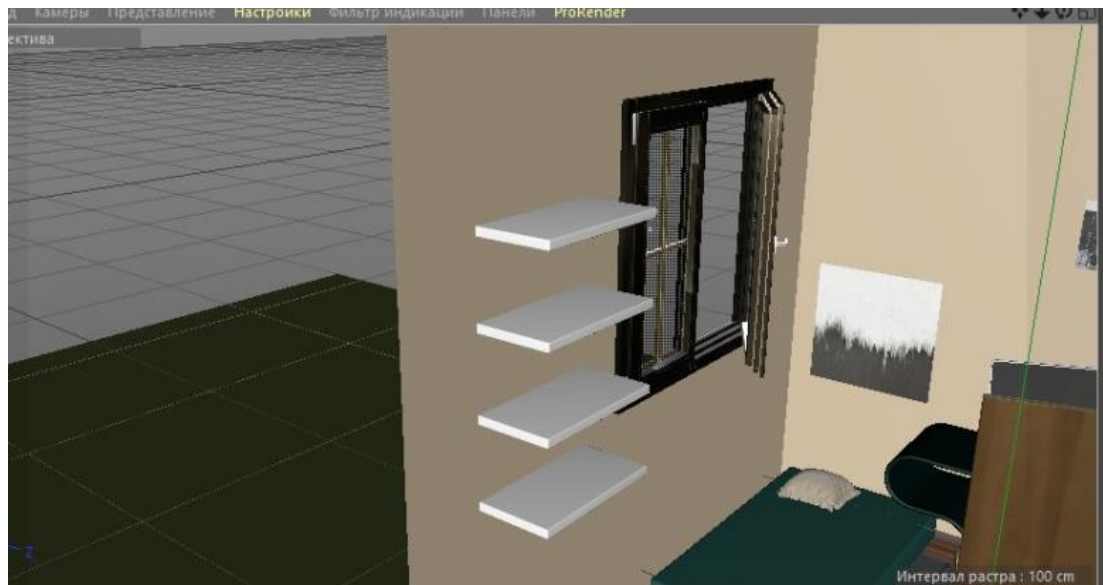


Рис.12 Результат після додавання макета полиці в об'єкт Cloner

В кінцевому підсумку виправляємо текстури, масштаб для всіх об'єктів в сцені, налаштовуємо рендер.



Рис.13 Вид кімнати після рендеринга

В ході виконання роботи я розглянув основні примітиви, побудував інтер'єр кімнати в програмному пакеті CINEMA 4D, за допомогою таких методів як: метод примітивів, сплайнів і модифікаторів.

2.6 Моделювання екстер'єру котеджу за допомогою комбінування методів моделювання.

Котедж – невеликий облаштований двоповерховий житловий будинок з раціональним плануванням і нормуванням площ приміщень за будівельними нормами. На першому поверсі проектують передню (хол), загальну кімнату, кухню-їдальню, вбиральню, топкові, вітальню з виходом на ділянку; на другому поверсі розміщують санвузол і спальні частково з мансардним дахом. При влаштуванні підвалу в ньому розташовують гараж, топкові і комори. Підвищують рівень проживання відкриті приміщення – балкони, тераси, веранди, лоджії, теплиці. У будівництві використовують недорогі, екологічно чисті матеріали (природний камінь, червона цегла, дерево, солома).[5]

У програмі CINEMA 4D створюємо новий проект і називаємо його Catage. За допомогою пресету House Builder, створюємо каркас для майбутнього будинку. Як впливає з назви, House Builder дозволяє

користувачам легко створювати 3D-конструкції будівлі в Cinema 4D з доданими предустановками.

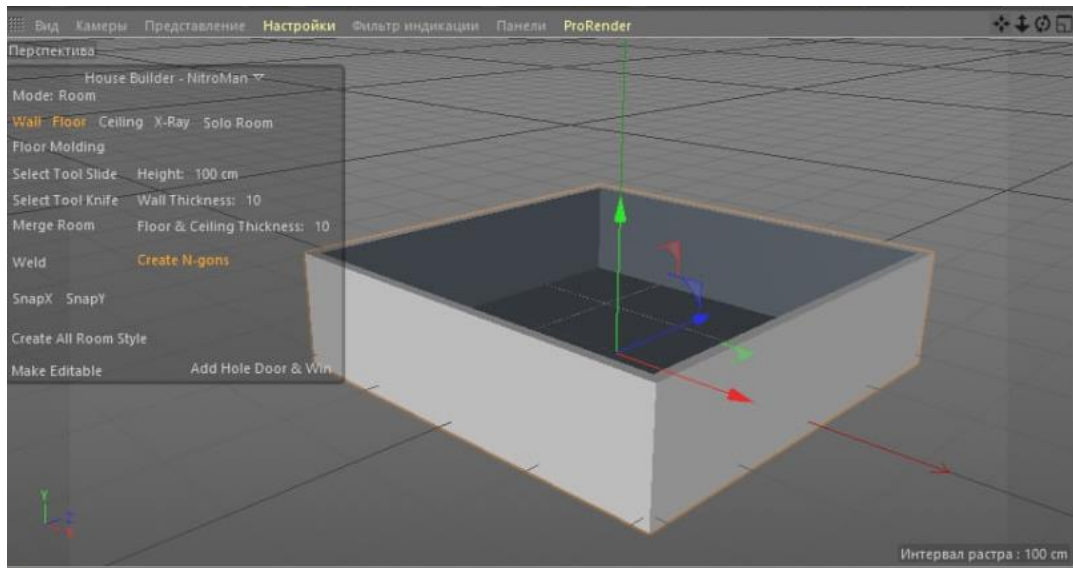


Рис.14 Каркас будинка

Наступним кроком переходимо в вид зверху і з допомогою інструменту Knife ділимо каркас на чотири кімнати.

За допомогою інструменту Knife (Ніж) ви можете "розрізати" полігони, розділяючи їх на нові, більш дрібні. Для виклику інструменту використовуйте команду Structure > Knife. Утримуючи кнопку миші натиснутою, проведіть на полігоні лінію розрізу. Якщо ви ріжете одну з граней полігонального об'єкта, що примикають грані будуть теж розділені відповідним чином для збереження правильної полігональної структури. У вкладці Attribute в режимі (Mode) Tool ви знайдете такі параметри.

- поле Constrain Angle (Обмежити кут) – призначено для завдання параметра кутової прив'язки. Якщо, застосовуючи інструмент Knife, ви будете утримувати кнопку SHIFT, то напрямок лінії розрізу буде прив'язане до значення кута в цьому полі;
- прапорець Restrict to Selection (Обмежить виділенням) — при його установці інструмент Knife буде застосовуватися тільки для виділених елементів.

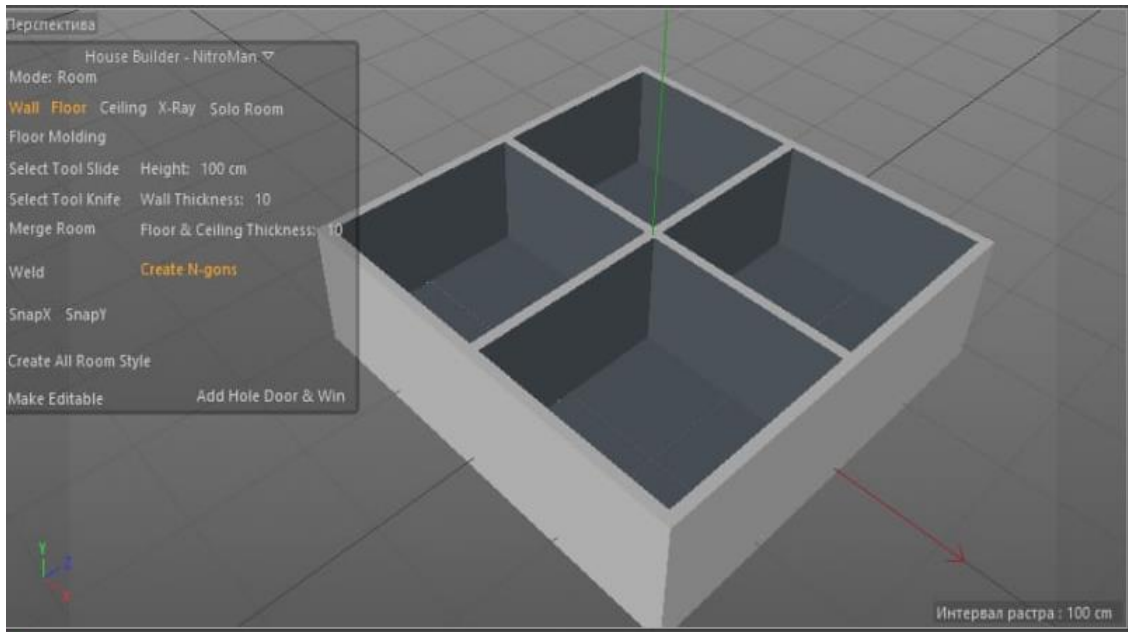


Рис.15 Каркас будинку з доданими стінами

За допомогою сплайна Circle надаємо каркасу потрібну форму. Для цього потрібно створити сплайн і поставити прапорці Enable Snap і Splane Snap. Далі поділимо межі на точки інструментом Create point і зробимо їх напівкруглими.

Установка прапорця Enable Snap активізує прив'язку виділених елементів. Характер прив'язки визначається за допомогою розташованих нижче параметрів.

Установка прапорця Splane Snap активізує прив'язку виділених елементів до сплайну. Характер прив'язки визначається за допомогою розташованих нижче параметрів.

Інструмент Create point допомагає створювати додаткові точки на ребрах сплайна.

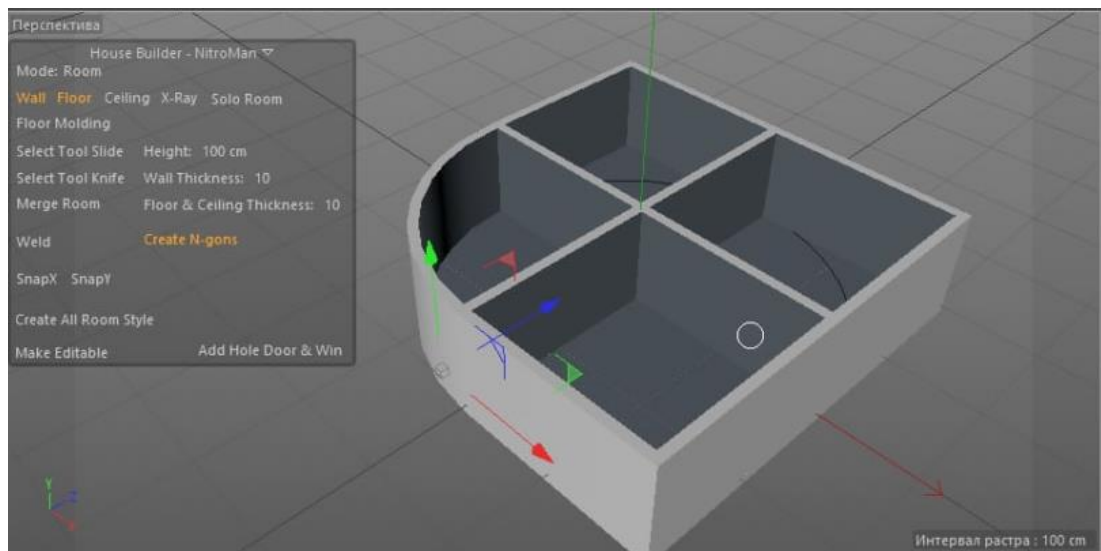


Рис.16 Будинок потрібної форми

Далі за допомогою сплайна Rectangle робимо отвори для вікон і дверей. Виставляємо потрібні параметри для сплайна і переносимо його у вкладку Hole Door & Wind.

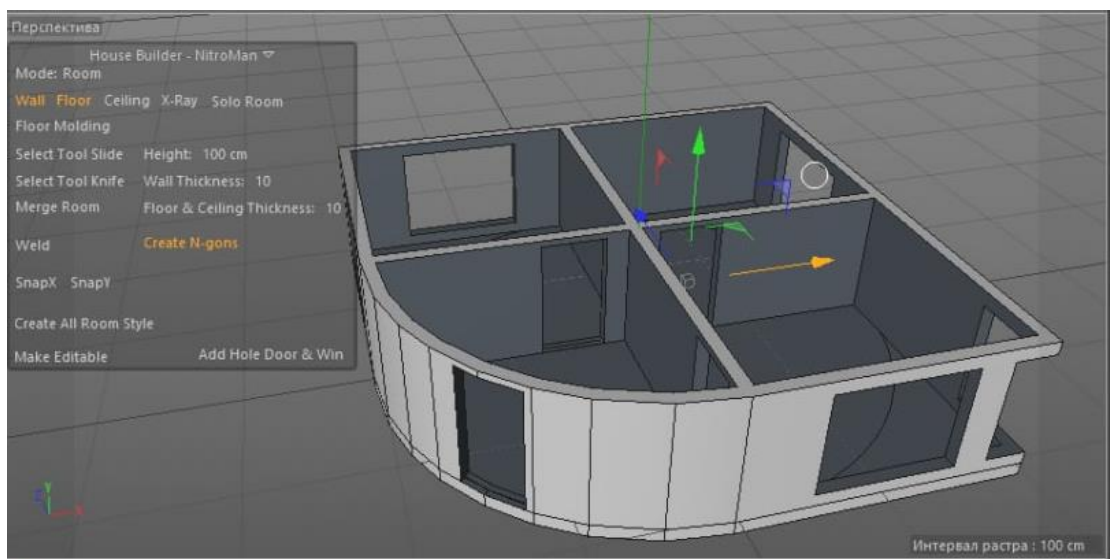


Рис.17 Отвори в будинку.

Для створення даху будинку потрібно виділити потрібні полігони і за допомогою масштабування і інструменту Close Polygon Hole надати їм форму.

Close Polygon Hole це інструмент який створює один великий багатокутник для закриття відсутнього полігону.

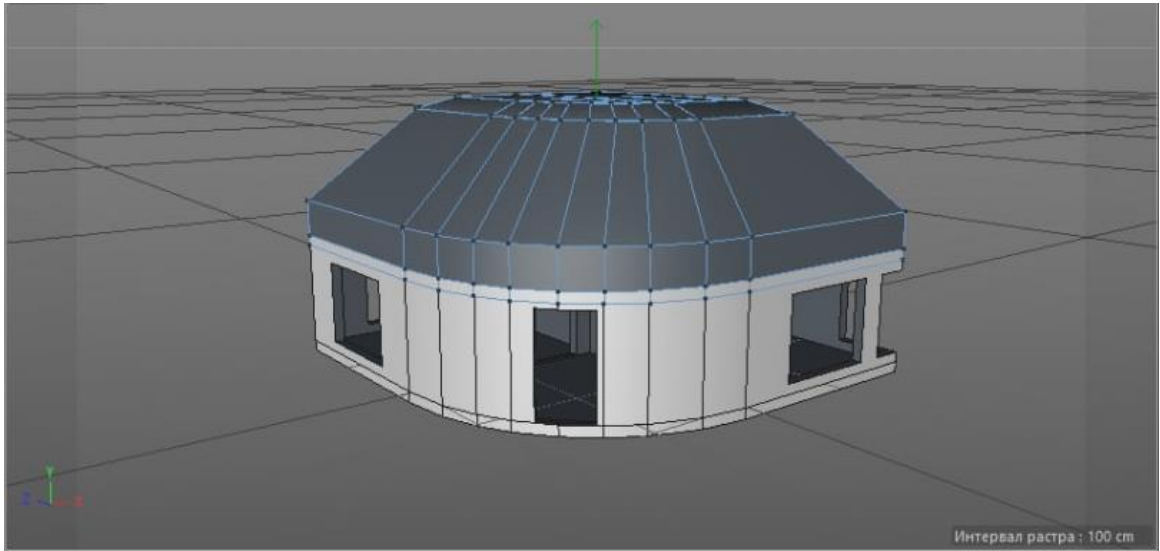


Рис.18 Дах.

Наступним кроком моделюємо макет ганку і колон. Для цього створюємо об'єкт Cylinder, конвертуємо його за допомогою команду Make Editable, робимо оптимізацію функцією Optimize і масштабуємо.

Об'єкти полігони і сплайни в програмі Cinema 4D на їх початковому етапі створення параметричних об'єктів. Вони змогли використати дані на рівні полігонів. Параметричний означає, що ви можете змінювати наявні параметри об'єкта, що ґрунтуються на математичних величинах і формулах (висота, радіус, число сегментів і т.д). Щоб отримати можливість обробки об'єктів на рівні точок або полігонів, його необхідно конвертувати, використовуючи для цього команду меню функції, Make Editable.

Якщо ви зробили моделювання об'єкта (або імпорт) з окремих 3-х і 4-х вугільних поверхонь, можлива наявність дублікатів окремих точок або поверхонь, а іноді навіть їх багаторазове наявність. параметричні об'єкти після їх конвертації будуть частково мати дублікати точок. За допомогою функції Optimize ви можете проводити видалення дублікатів для елементів. Зовнішній вигляд об'єкта при цьому не змінюється або може бути змінений лише незначно (частково). Необхідно дотримуватися запобіжних заходів для об'єктів, у яких на певних ділянках є дублікати точок з причин зовнішнього вигляду об'єкта. Це може виконуватися спеціально на етапі моделювання, для

запобігання округлення за допомогою об'єкта Розбивка поверхні і збереження жорстких і гострих ребер на певних ділянках. Процесу оптимізації піддаються виділені точки, ребра або полігони. Якщо ви виділили ребра \ полігони, пов'язані з ними точки при цьому будуть також враховуватися і навпаки. Цю функцію можна використовувати при роботі зі сплайнами. При цьому оптимізовані, можуть бути тільки точки, так як сплайн не має полігонів.

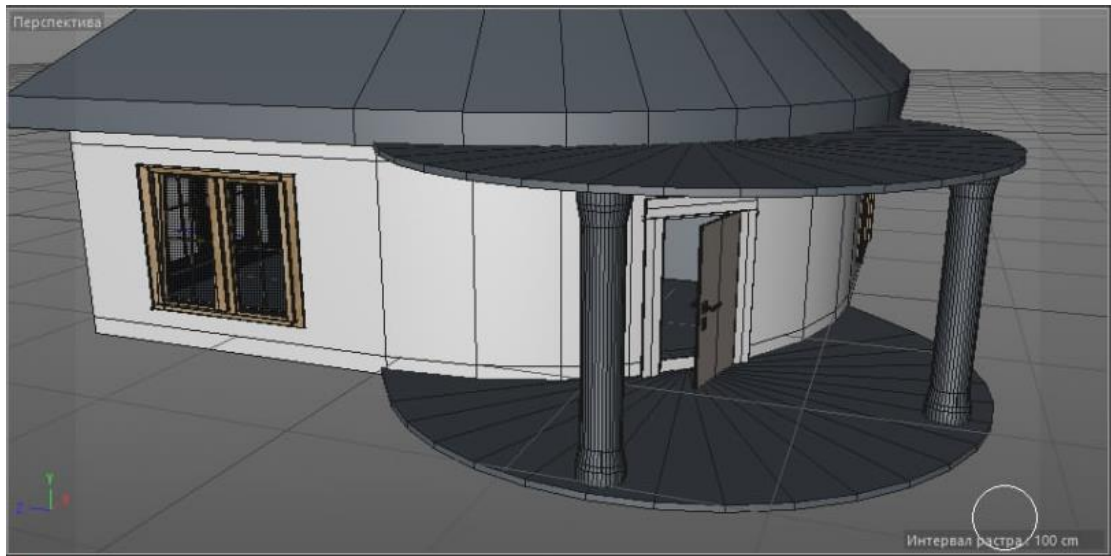


Рис.19 Макет ганку і колон.

Далі моделюємо перила для ганку. Створюємо об'єкт Tube з таким же радіусом як у об'єкту Cylinder з попереднього кроку і масштабується його. Також робимо фаску за допомогою модифікатора Bevel.

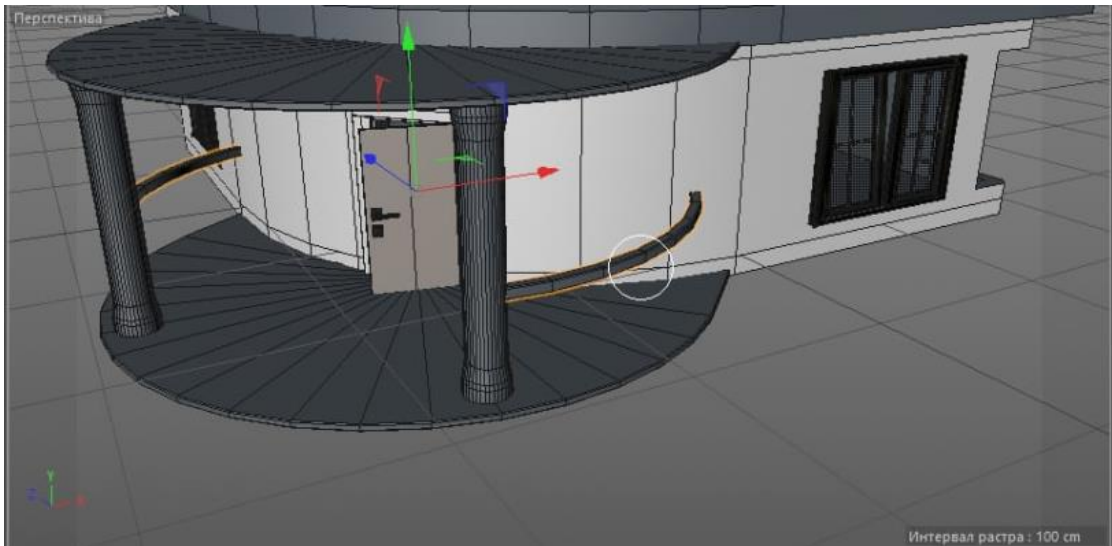


Рис.20 Об'єкт Tube після масштабування.

Після поручнів створимо для них стовпи. Створюємо об'єкт Kube, інструментом Knife і масштабуванням створюємо стовпи. Також для примітиву Kube застосовуємо модифікацію Bevel. Після цього копіюємо отримані стовпи і виставляємо їх під перилами.

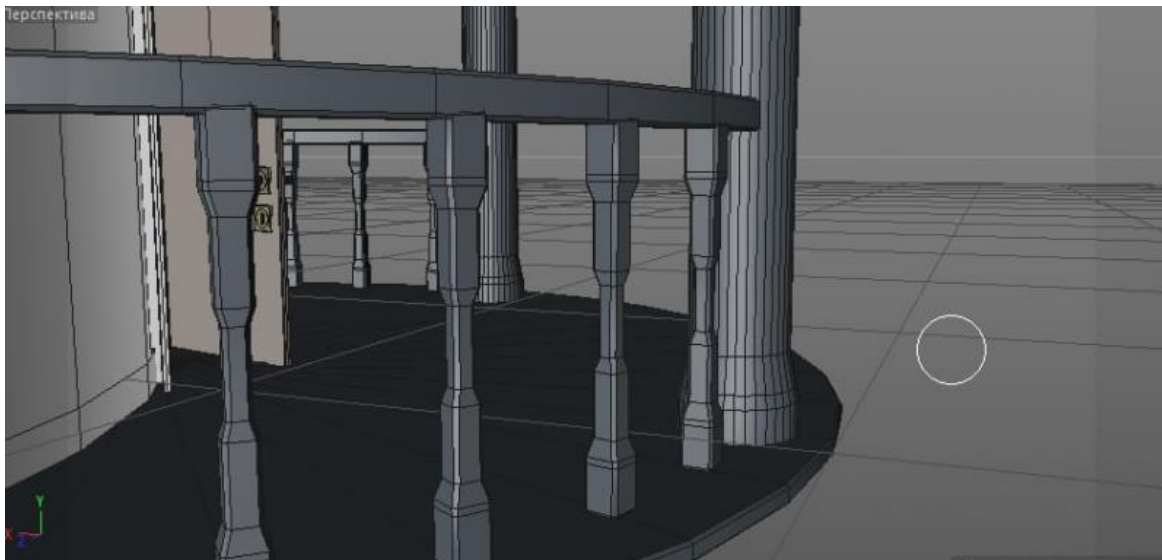


Рис.21 Стовпи для поручнів.

Копіюємо об'єкти першого поверху і ставимо їх на стелю, таким чином отримуємо другий поверх для котеджа.



Рис.22 Другий поверх

Далі побудуємо вікна на горищі. Для цього створюємо об'єкт Pyramid, конвертуємо його за допомогою команду Make Editable, робимо оптимізацію функцією Optimize. Інструментом Knife ділимо об'єкт на потрібні полігони, функцією Extrude Inner вдавлюємо передні полігони всередину піраміди.

Інструмент Extrude Inner дозволяє витягнути по нормалі один або кілька полігонів. При цьому створюються нові полігони, що з'єднують видавлений полігон з його початковим становищем. Для роботи з інструментом Extrude Inner ви повинні використовувати полігональний об'єкт або примітив, конвертований в полігональний, і перебувати в режимі редагування полігонів, тобто при кнопці Use Polygon Tool, або в режимі редагування ребер Use Edge Tool для витягування ребер.

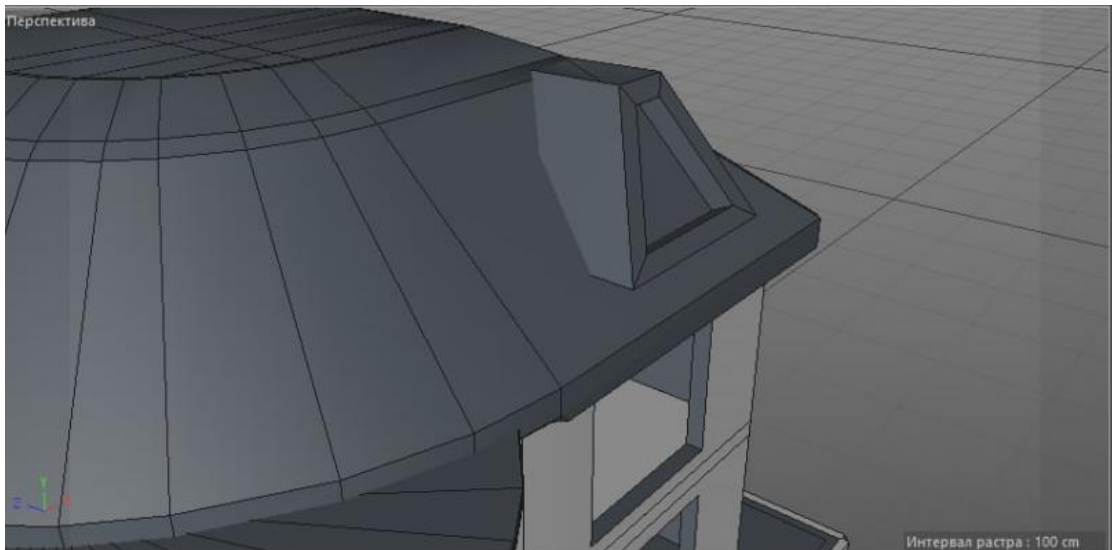


Рис.23 Вікна на горіщі

Наступним кроком моделюємо альтанку на дворі. Створюємо об'єкт Cylinder, в параметрах вказуємо кількість сегментів дорівнює шести і отримуємо шестикутник. Потім створюємо об'єкт Tube і виставляємо такі ж параметри як і у циліндра. Інструментом Knife відокремлюємо непотрібні полігони, для того щоб отримати отвори для вікон і дверей.

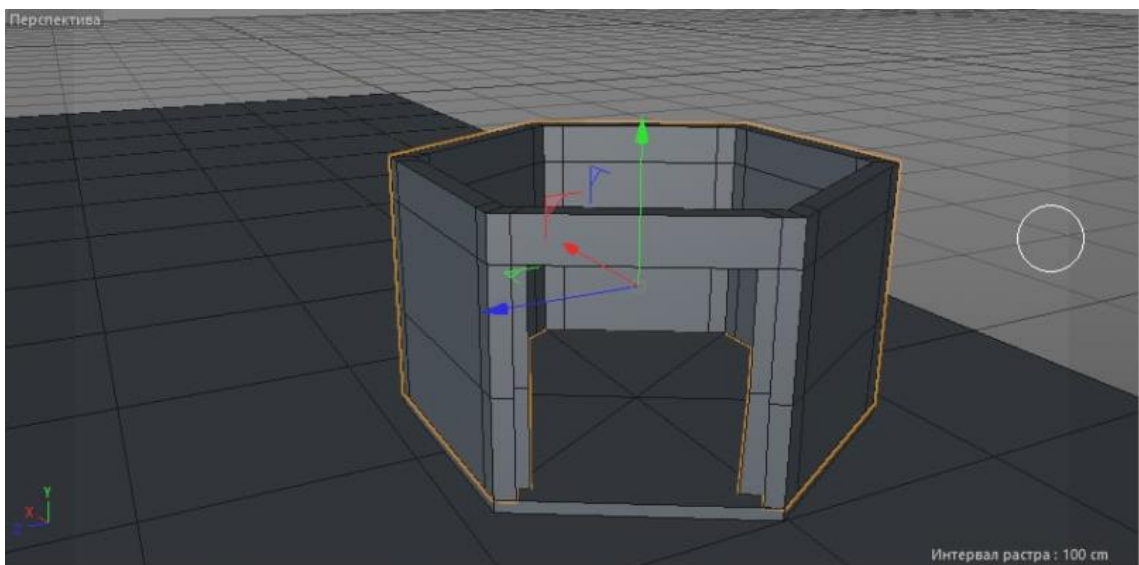


Рис.24 Каркас альтанки

Створюємо об'єкт Kube і об'єкт Cloner. В об'єкті Cloner в графі Mode виставляємо параметр Grid Array. Після цього об'єднуємо отримані фігури, таким чином створюємо сітку для огорожі. За допомогою інструменту Cloner в

вкладці MoGraph можна створювати кілька копій об'єктів, які плавно поєднуються між кількома об'єктами

Клонований — це один і той же об'єкт, тільки розставлений в різних областях простору. Взагалі, всі сучасні розрахунки в 3D і анімації дуже часто пов'язані з роботою з множинами, будь-якими - частинок, вершин, полігонів, об'єктів. Інструменти для роботи з ними багато в чому ідентичні.

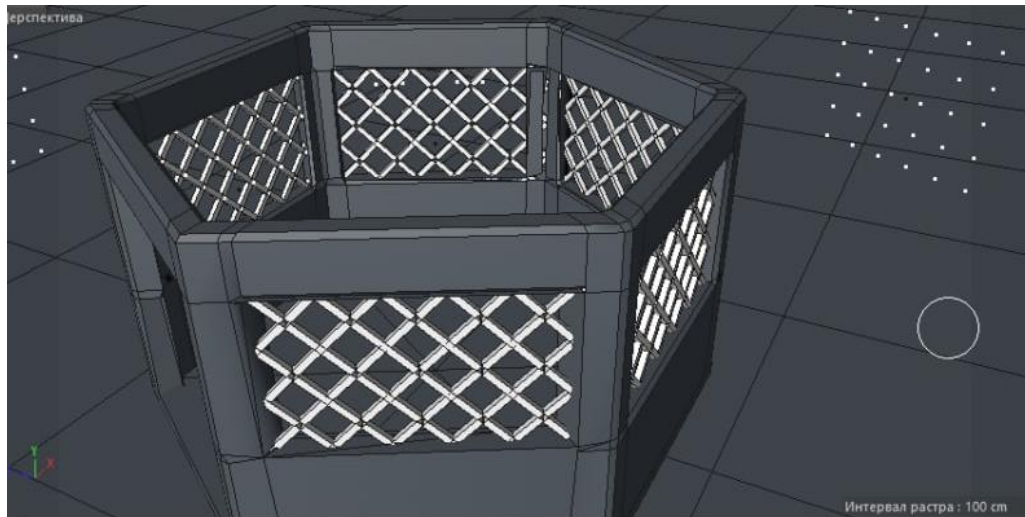


Рис.25 Сітка огорожі

За допомогою об'єктів Kube, Cylinder, Cloner моделюємо стіл і стільці для альтанки.

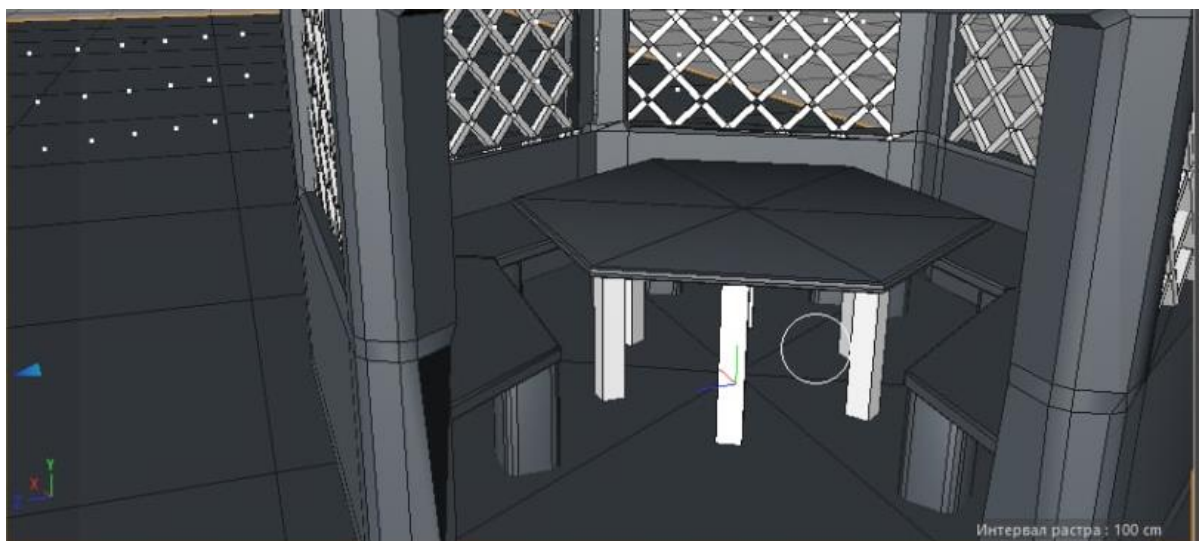


Рис.26 Стіл та стільці

Знову створюємо пресет House Builder, активуємо уявлення Shading Gouraud (Lines) і з'єднуємо будинок з макетом гаража. Сплайном Rectangle вирізаємо отвори для вікон. Об'єктами Kube і їх масштабуванням моделюємо дах для гаража.

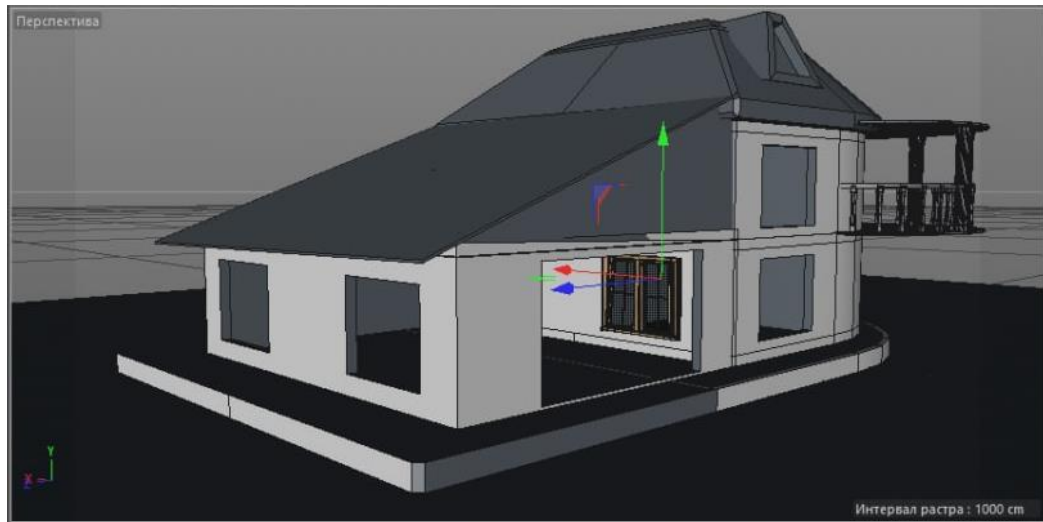


Рис.27 Каркас гаража

Такими об'єктами як Kube і Cylinder, а також їх масштабуванням моделюємо каркас зовнішній паркан на ділянці. Застосовуємо до всіх об'єкта функцію Bevel.



Рис.28 Каркас зовнішнього паркану

Створюємо об'єкт Kube і Cloner. У об'єкта Клонер в параметрах Mode виставляємо Grid Array і конвертуємо його. Масштабується ці фігури і моделюємо бруківку від ганку до альтанки.

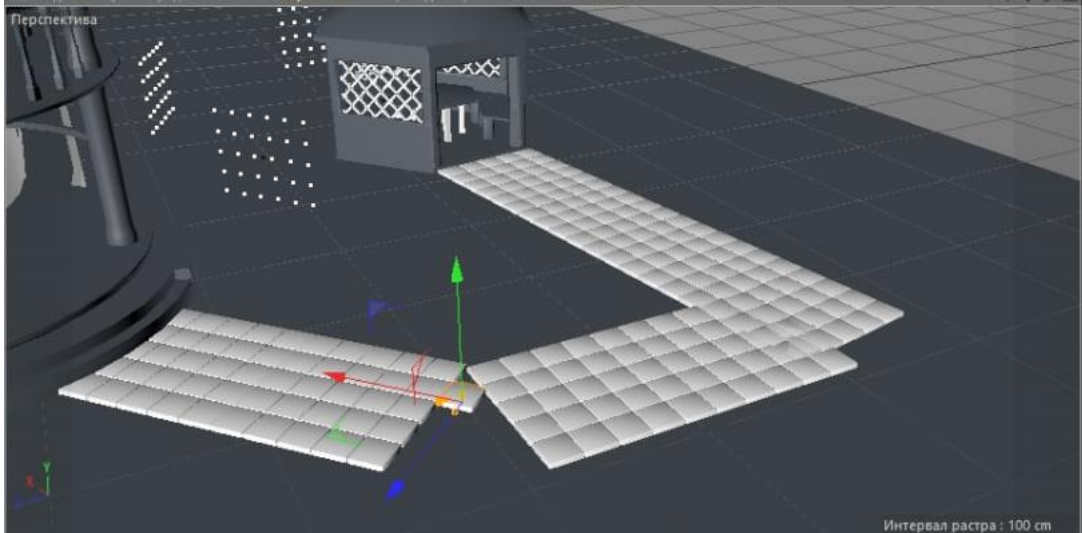


Рис.29 Бруківка

Коли сцена готова, створюємо матеріали і текстури для об'єктів. На кожен елемент наносимо відповідний матеріал.

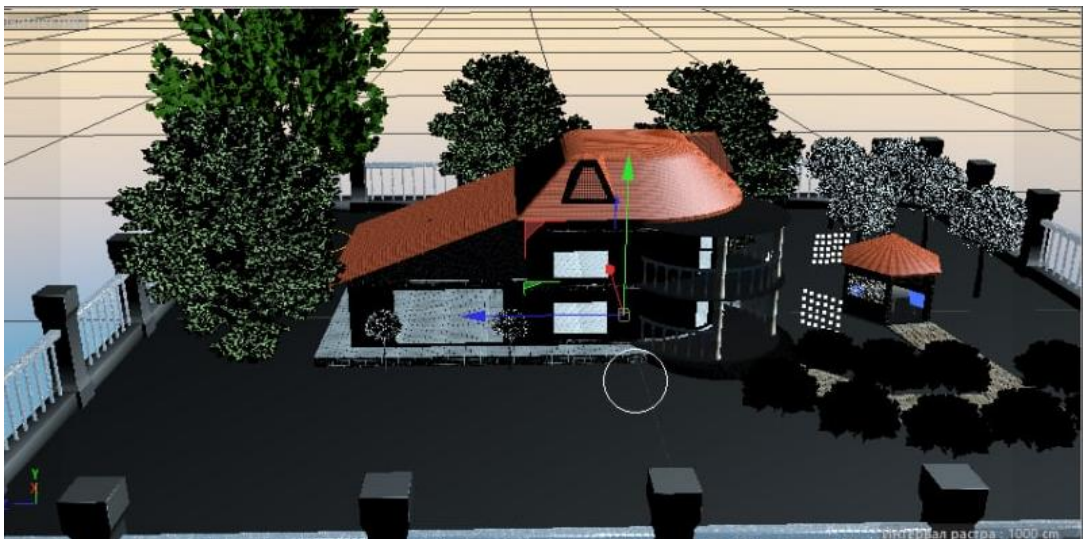


Рис.30 Готова сцена с текстурами.

Створюємо висвітлення використовуючи інструмент Physical Sky. Здаємо настройки для пресету неба, виставляємо час 12.00. Застосовуємо до нього тег Compositing, а також ефекти Global Illumination і Ambient Occlusion.

В налаштуваннях рендера вказуємо розширення 1920x1080, формат PNG. Останнім кроком в програмі Photoshop робимо постобробку. Налаштовуємо параметри Brightness / Contrast, Curves в каналі RGB і додаємо Photo Filter.

Регулювання Brightness / Contrast дозволяє легко змінювати яскравість або контрастність зображення. Це дуже проста команда, яка присутня майже в кожному редакторі зображень. У порівнянні з іншими настройками, Brightness / Contrast не такий універсальний, що часто дає погані результати. Тим не менш, це залишається однією з найшвидших коригувань, які можна застосувати, і може дати чіткі результати, яких важко досягти іншими способами.[6]

У налаштуванні Curves ви налаштовуєте точки по всьому тональному діапазону зображення. Спочатку тональність зображення представлена на графіку прямою діагональною лінією. При настройці зображення RGB верхня права область графіка представляє світлі тони, а нижня ліва область — тіні. Горизонтальна вісь графіка представляє вхідні рівні (початкові значення зображення), а вертикальна вісь являє вихідні рівні (нові скориговані значення). Коли ви додасте контрольні точки до лінії і переміщує їх, форма кривої змінюється, відображаючи налаштування вашого зображення. Більш круті ділянки кривої представляють області з більш високим контрастом, а більш плоскі ділянки представляють області з більш низьким контрастом. Переміщення точки у верхній частині кривої коригує світлі ділянки. Переміщення точки в центрі кривої налаштовує напівтони, а переміщення точки в нижній частині кривої налаштовує тіні. Щоб затемнити світлі ділянки, перемістіть точку у верхній частині кривої вниз. Переміщення точки вниз або вправо зіставляє вхідні значення з більш низьким вихідним значенням, і зображення темніє. Щоб зробити тіні, перемістіть точку в нижній частині кривої вгору. При переміщенні точки вгору або вліво менше вхідне значення зіставляється з більш високим вихідним значенням, і зображення стає світліше.

Фільтри використовуються для очищення або ретушування фотографій, застосування спеціальних художніх ефектів, які надають зображенню вид

ескізу або імпресіоністичній картини, або створювати унікальні перетворення з використанням спотворень і світлових ефектів. Фільтри, надані Adobe, відображаються в меню «Filter». Деякі фільтри, що надаються сторонніми розробниками, доступні у вигляді плагінів. Інструмент Photo filter імітує ефект кольорових фільтрів, що застосовуються в традиційній фотографії. Зазвичай такі фільтри встановлюють на об'єктив, коли необхідно збалансувати температуру світла. Якщо користуватися цим прийомом обачно, то можна викликати у глядача колірні асоціації.

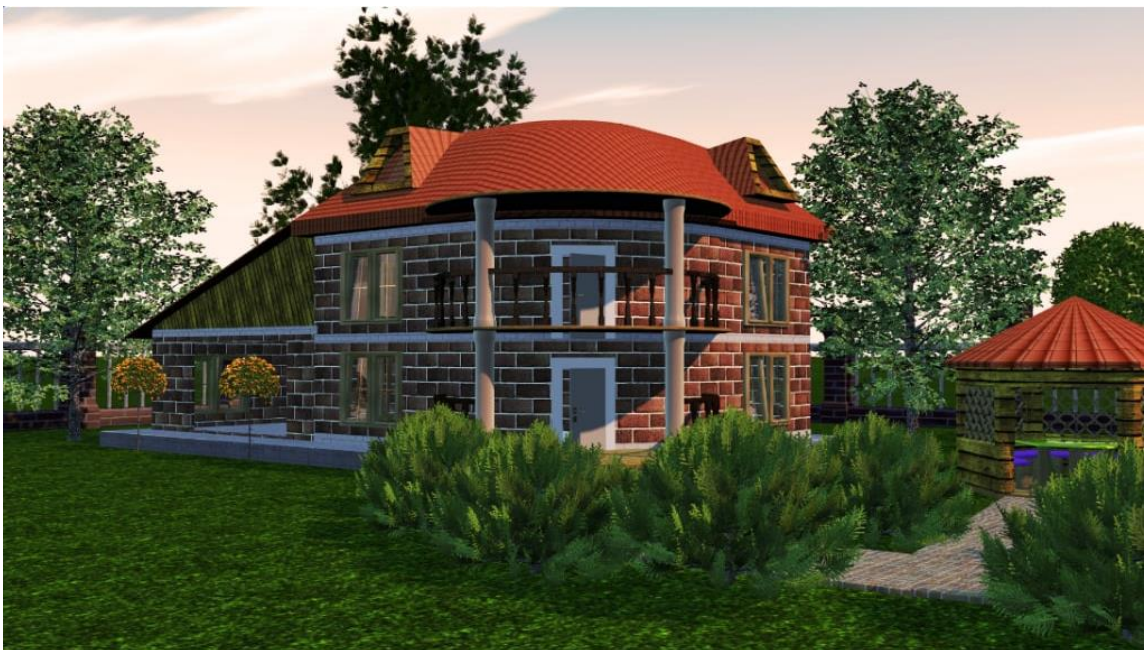


Рис.31 Зображення будинку після рендера.

2.7 Показ об'єктів. Затінення

Визначання режиму показу для об'єктів у вашій сцені (ці установки є пов'язаними з аналогічними налаштуваннями, розташованими в кожному з вікон редакторів програми). При цьому для інактивних об'єктів, ви можете визначити окремі установки. Наприклад, у вікні редактора будуть показані тільки необхідні, тобто виділені об'єкти з відповідною якістю, в той час, як інші об'єкти, можуть бути показані виключно в режимі каркаса.[8]

Перш ніж говорити про затінення Гуро і затінення Фонга, нам потрібно спочатку дізнатися модель відображення. «Стандартної» моделлю відображення в комп'ютерній графіці називають ту, яка знаходить компроміс між прийнятними результатами і вартістю обробки, це є модель Фонга. Модель Фонга описує взаємодію світла з поверхнею, з точки зору властивостей поверхні і природи падаючого світла.

Дифузійне відбиття — це віддзеркалення світла або інших хвиль або частинок від поверхні таким чином, що промінь, що падає на поверхню, розсіюється під багатьма кутами, а не тільки під одним кутом, як у випадку дзеркального відображення. Кажуть, що ідеальна дифузна відбиваюча поверхня демонструє ламбертовське відображення, що означає, що при погляді з усіх напрямків, що лежать в півпросторі, і прилигають до поверхні, мають рівну яскравість.

Закон Ламбертса:

$$I_{diffuse} = K_d I_{light} \cos\theta = K_d I_{light} (N * L).$$

$I_{diffuse}$: Інтенсивність джерела світла

K_d : Коефіцієнт відбиття поверхні в [0,1]

θ : Світло/Кут нормалі

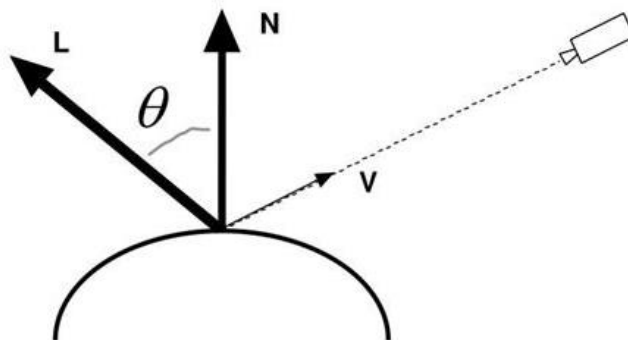


Рис.32 Дифузійне відбиття.

Комп'ютерна графіка почала використовувати модель Ламберта, а потім додала додаткові терміни, оскільки були потрібні додаткові ефекти.

$$I_{d+a} = k_a I_a + k_d I_{light}(N * L).$$

I_a : Інтенсивність навколишнього світла (глобальна)

k_a : Коефіцієнт відображення навколишнього середовища

Це розсіяне освітлення плюс просте розсіяне світло, трюк для обліку рівня фонові освітленості, викликаного множинними відображеннями від всіх об'єктів в сцені.

Дзеркальне відображення — це дзеркальне відображення хвиль, таких як світло, від поверхні. Закон відображення свідчить, що відбитий промінь світла виходить з поверхні, що відбиває під тим же кутом до нормалі до поверхні, що і падаючий промінь, але на протилежному боці нормалі до поверхні в площині, утвореній падаючими і відбитими променями.

Функція, яка апроксимує зменшення дзеркального відображення, називається моделлю освітлення Фонга. У неї немає фізичної основи, але широко використовується в комп'ютерній графіці.

$$I_{specular} = k_s I_{light} (\cos\phi)^{n_{shiny}}.$$

ϕ : Кут між променем відбитого світла R і глядачем V

k_s : Дзеркальне відображення

n_{shiny} : Швидкість спаду дзеркального відображення

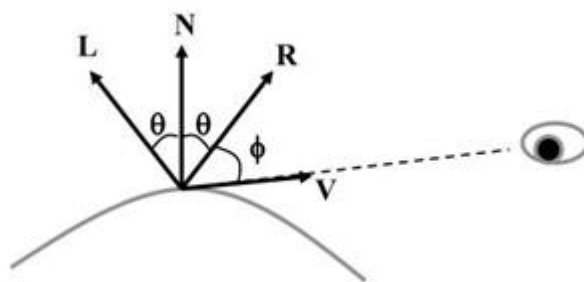


Рис.33 Дзеркальне відображення

Комбінування навколишнього, розсіяного і дзеркального освітлення для кількох джерел світла. Коли косинус негативний, термін освітлення дорівнює нулю

$$I = k_a I_a + f_{att} I_{light} [k_d \cos\theta + k_s (\cos\varphi)^{n_{shiny}}]$$

Затінення Гуро / Стандартне (Лінії)

Ця установка надає всі об'єкти з тінню і округленими поверхнями. Затінення Гуро є найбільш якісним видом представлення зображення і підходить якнайкраще для контролю за приховуванням об'єктів. За допомогою високо оптимізованого механізму рендеру в програмі CINEMA 4D, ви можете переміщати об'єкти в реальному часі, встановлювати світловий конус і спостерігати за його впливом. Швидкість показу зображень дуже сильно залежить від потужності процесора і графічного прискорювача вашого ПК. Якщо показ здійснюється уповільнено, то ви можете спробувати скоротити видиме дозвіл робочої поверхні. Метод затінення Гуро застосовує модель Фонга до підмножини точок поверхні і інтерполізує інтенсивність точок які залишилися на поверхні. У разі полігональної сітки модель освітлення зазвичай застосовується в кожній вершині, а кольору у внутрішніх трикутниках лінійно інтерполюються з значень цих вершин під час растеризації полігону.[4]

Затінення Фонга

На відміну від затінення Гуро, яке інтерполізує колір по полігонах, в затіненні Фонга вектор нормалі лінійно інтерполюється по поверхні багатокутника від нормалей вершин. Нормаль до поверхні інтерполюється і нормалізується в кожному пікселі, а потім використовується в моделі відображення, наприклад модель відображення Фонга, щоб отримати остаточний колір пікселя. Затінення Фонга є більш витратним з точки зору обчислень, ніж затінення Гуро, оскільки модель відображення повинна обчислюватися для кожного пікселя, а не для кожної вершини.

Швидке затінення / Швидке затінення (Лінії)

Швидке затінення працює практично однаково з викладеним вище режимом Затемнення Гуро. Єдина відмінність при цьому, що при швидкому затіненні, джерела освітлення наявні в сцені не враховуються. Замість цього буде активна камера джерела світла, яка є активною тоді, якщо сцена не містить реальних джерел світла. При установці активним параметр Швидке

затінення (лінії), можуть бути додатково показані ізобати або каркас об'єкта (полігональної поверхні), які можуть бути обраними в нижній частині цього меню.

Постійне затінення / постійне затінення (Лінії)

За допомогою режиму Постійне затінення (лінії), постійне затінення може бути надано на основі каркаса, в той час, як Незмінне затінення, не враховує режим Каркас.

Постійне затінення / Невидимі лінії

У цьому режимі, невидимі лінії (на відміну від режиму Лінії), не відображатимуться.

Лінії

Режим Лінії дозволяє повне надання полігонального каркаса з урахуванням невидимих ліній. Крім цього, лінії будуть мати відтінок текстури.

Решітка

Режим Решітка виробляє показ об'єктів на основі ліній, якщо розташований вище режим (Затемнення Гуро (лінії) дозволяє це.

Ізобати

Цей вид виробляє тільки показ у відповідних об'єктах ліній ізобат. Ізобати можуть бути показані, наприклад, для об'єктів NURBS. Цей тип показу працює дуже швидко при побудові зображення і підходить, перш за все, для комплексних сцен. Режим Ізобати, виробляє показ об'єктів на основі ліній, якщо розташований вище режим (Затемнення Гуро (лінії) дозволяє це.

Бокс

Цей вид зображення виробляє показ усіх об'єктів у формі квадрата-каркаса, який відповідає розмірам відповідного об'єкта. Саме для великих і складних сцен, цей метод показу полегшує процес контролю анімації і навігації в сцені, так як вона може створюватися дуже швидко.

Скелет

При цьому виді буде показана ієрархія об'єкта. Будуть надані тільки осі об'єкта початкового положення і пов'язані між собою відповідно до ієрархії.

Цей вид оптимально підходить для персонажної анімації, так як всі сторонні лінії при цьому не відображаються у вікні показу редактора.

2.8 3D Анімація

2.8.1 Історія анімації

Анімація (від лат. Animatio — «пожвавлення, одухотворення»), мультиплікація (від лат. Multiplicatio «множення, збільшення, зростання, розмноження» — multi «багато») — технічні прийоми створення ілюзії рухомих зображень за допомогою послідовності нерухомих зображень (кадрів), що змінюють один одного з великою частотою (від 12 кадрів в секунду для мальованої анімації до 30 кадрів в секунду для комп'ютерної анімації).

Деякі з найбільш ранніх анімацій були ретельно вивчені експертами, які шукали секрет того, як об'єкти можуть рухатися самі по собі без проводів. Vitagraph випустив один такий фільм під назвою «Готель з привидами». Глядачі «... шикувалися в чергу, щоб подивитися просто щоб вгадати, як були зроблені трюки» (Crafton 1993). Як виявилось це була покадрова анімація. Покадрова анімація працює за принципом, згідно з яким об'єкт поміщається перед камерою і фотографується. Це тривалий і трудомісткий процес, але його можна використовувати для ефективного створення дуже переконливої анімації.

Мальована мультиплікація — технологія мультиплікації, заснована на покадровій зйомці трохи відрізняються двовимірних малюнків. Сцени, намальовані від руки, кадр за кадром, осередок за осередком, були ретельно промальовані перед фотографуванням і послідовно відображалися на високій швидкості. Уолт Дісней був в авангарді цього жанру, створивши пароплав «Віллі і Сноу».

Комп'ютерна анімація — вид тривимірної анімації, створюваний за допомогою тривимірної комп'ютерної графіки («CGI-графіки»). Хоча комп'ютери стали широко застосовуватися в анімації ще з 1980-х років, термін комп'ютерна анімація в даний час позначає саме тривимірну CGI-анімацію. Комп'ютер зробив багато речей для анімації, які не могли зробити ніякі інші

технології. По-перше, він приніс в маси не кінцевий продукт, а можливість створити анімаційний кліп або мультфільм без всієї виробничої бригади. Завдяки комп'ютерам одна людина може мати всі інструменти і навички, необхідні для створення повноцінного мультфільму або навіть повнометражного фільму. По-друге, комп'ютерна анімація спрощує процес анімації. Традиційна анімація вимагає створення сотень, тисяч або навіть мільйонів кадрів, кожен послідовно вручну намальований, щоб показати невелику зміну в порівнянні з останнім кадром. Аніматори використовували розкадровки для малювання з анімації. Кожен кадр на розкадруванні є частиною дії. На відміну від традиційної анімації, комп'ютерним аніматорам не потрібно створювати кадри між ключовими кадрами. Комп'ютер інтерполірує їх з ключових кадрів, зменшуючи більшу частину втомного і одноманітного анімаційного процесу. По-третє, комп'ютери дозволили створення реалістичних моделей і послідовностей, які раніше було неможливо створити.

2.8.2 Сучасна анімація

В індустрії анімації спостерігається велике зрушення в бік використання комп'ютерів для створення мультфільмів і фільмів. Незалежно від обраного процесу анімації, існують проблеми для аніматорів. Комп'ютерна анімація точно не виняток з цього правила. Кількість функцій, які повинні бути надані якісним програмним забезпеченням для 3D-анімації, вражаючи це видно за розміром самого програмного забезпечення, а також за складністю інтерфейсів. Традиційна клітинна анімація за потребою завжди буває двомірною. Це не дуже складно будь-кому з найменшими здібностями до малювання намалювати два об'єкти і встановити між ними двомірні відносини, наприклад відстань.[16] Комп'ютерна анімація виконується на тривимірній сітці, що складається з X, Y і Z осей. Вирівнювання об'єкта вимагає набагато більше зусиль, тому що мінімум три, різних кута огляду необхідні, щоб гарантувати, що бейсбольний м'яч дійсно зіткнеться з битою і не упускає його в одному з трьох вимірів.

Іншим істотною відмінністю є спосіб створення кольорів і текстур. Людям, які звикли до змішування фарб і пігментів, буде трохи складно

адаптуватися до парадигми змішування кольорів в комп'ютері. Замість цього колір можна вибрати з палітри і текстури, розроблені в програмі. Потім ці текстури призначаються для об'єктів. Через комп'ютери в створенні фінальних анімацій беруть участь не тільки творчі художники з навичками малювання. Комп'ютери відкрили середу для людей з різними навичками від традиційних творчих до технічних / програмних навичок для розробки та управління програмного забезпечення. Ніж більш просунуте програмне забезпечення стає тим більше число доступних опцій і кількість способів виконати одну і ту ж задачу збільшується.

Рендер — це процес створення ключових кадрів фінальної анімації і він, безумовно, один з найбільш головних. Є багато різних типів рендеринга. Два найголовніших – це за допомогою апаратного забезпечення і програмного забезпечення. Raytracing – це технологія програмного рендеринга, яка представляє собою процес відстеження кожної частки або променю світла від джерела до об'єкта, створюючи на моделі блискучу поверхню, що відбиває. Це відмінно підходить для прозорих об'єктів, тому що світло може відбиватися всередині і через об'єкт. Z-буферизація — це процес рендеринга, в якому приховані частини моделі видаляються перед відмолюванням, щоб скоротити час і ресурси. Найбільша проблема вибрати програмне забезпечення для рендеринга, яке дає найкращий результат для конкретного проекту. Деякі системи рендеринга призначені для 2D-зображення, деякі спеціально призначені для покриття нестачі анімації.

Одна з найпотужніших функцій більшості програм для анімації — це можливість налаштувати інтерфейс, щоб спростити робочий процес. Більшість програм для 3D-анімації допомагають користувачам отримати максимальну віддачу від програми. Наприклад, Maya дозволяє повністю видалити всі меню і набори опцій з екрану. Це не залишає нічого, крім робочого простору. Також гаряче поєднання клавіш доступне для найбільш поширених операцій або радіального розташування меню для спрощення та швидкої навігації по програмному забезпеченню. Користувачі також можуть вибірково

відображати поле вибору або іншу частину інтерфейсу, яка зараз важлива. Часто використовувані функції можуть бути додані в хотбокс. Невикористані інструменти можна просто видалити. Програмне забезпечення що настраюється робить роботу простіше і ефективніше.

2.8.3 2D-анімація

2D-анімація трудомістка, кожен кадр потрібно малювати індивідуально, будь то традиційна або цифрова анімація. Традиційна анімація (також відома як мальована анімація, cel-анімація або класична анімація) — це анімаційна техніка, в якій всі кадри, які використовуються для створення ілюзії руху, спочатку малюються на папері і, отже, робляться вручну. Багато людей в наші дні помилково припускають, що традиційні 2D-анімація це втрачена форма мистецтва. Неможливо заперечувати, що традиційна 2D-анімація має свою власну привабливість, яка робить її більш цінною і такою, що запам'ятовується. Незважаючи на популярність CGI / 3D-анімації, 2D-мальована анімація все ще може займати особливе місце в серцях своєї аудиторії, навіть коли більшість анімаційних функцій домінують у 3D-анімації. Одна з причин може полягати в тому, що з комерційної точки зору 3D-анімація набагато вигідніша для виробництва, ніж 2D-анімація. Проте, дефіцит 2D-анімації в анімаційній індустрії робить її ще більш цінною. Однак якимось чином в цьому процесі цифрова анімація і колір втратили свій особистий естетичний відтінок. Малювання — це те ж саме, що і письменство, у кожної людини є свій власний унікальний стиль, який робить 2D-анімацію безмежною для візуальних досліджень. Недосконалість традиційної 2D-мальованої анімації — це нагадування про те, що люди не ідеальні. І саме тому нас тягне до нього. Не кажучи вже про те, що в деяких аспектах ми можемо мати більше свободи, якщо будемо робити анімацію вручну.

Однак 2D-анімація продовжує винаходити себе заново. За допомогою сучасних технологій в цифровій 2D-анімації нам пропонується можливість зробити мальовану анімацію таким чином, яким ми навіть не могли собі уявити п'ятнадцять років тому, з меншою командою і меншим бюджетом.

Аніматори працюють тільки з комп'ютером і креслярським планшетом. Це є більш зручним, ніж традиційні 2D-анімації, які все ще включають роботу з олівцем і папером. В даний час фони і малюнки персонажів від аніматорів або скануються, або малюються безпосередньо в комп'ютерній системі. В даний час цифрові процеси займають центральне місце в розвитку анімації.

2.8.4 3D-анімація

У 3D анімації нам потрібно задати, так звані, ключові кадри, а вся решта кадрів анімації програма розрахує (інтерполує) сама. Насправді процес анімації не такий простий, як це помилково може здатися. Мабуть, саме з цієї причини, професія аніматора в області тривимірної комп'ютерної графіки є однією з найбільш високооплачуваних професій в індустрії. [7]

Можна виділити кілька напрямків, які не можуть обходитися без тривимірної анімації. Це:

- Анімація трансформацій об'єкта (переміщення, обертання, масштабування).
- Анімація камер.
- Анімація технічних процесів.
- Динамічні деформації об'єктів.
- Анімація персонажів.
- Динамічні симуляції (рідини, тканини, частинки).

У кожній з перерахованих вище областей існують різні способи створення тривимірної анімації. Це:

- Ключові кадри.
- Анімація по траєкторії.
- Створення анімації при динамічних симуляціях.
- Анімація, отримана шляхом захоплення руху (motion capture).

Ключові кадри

Створення анімації в пакетах тривимірної графіки по ключовим кадрам, можна представити таким чином:

- У потрібний момент часу, наприклад в першому кадрі анімації, ви задаєте властивості вашого об'єкта (розмір, положення, кути обертання) і встановлюєте цей кадр, як ключовий. Програма записує всю інформацію про властивості об'єкта в цьому кадрі.
- Далі ви вибираєте інший кадр вашої анімації, наприклад двадцятий, і в ньому знову задаєте нові властивості вашого об'єкта. Після, знову робите цей кадр ключовим.
- Тепер програма сама прорахує як повинен себе вести об'єкт при переході з першого кадру анімації до двадцятого. Цей процес і носить назву інтерполяції анімації.

Цей спосіб анімації ідеально підходить для: анімації трансформацій об'єкта, анімації камер, анімація технічних процесів і навіть для анімації персонажів. Анімаційний фільм «Ранго» створений компанією Industrial Light & Magic є прекрасним прикладом ідеальної персонажної анімації, створеної методом ключових кадрів.

Анімація по траєкторії

Анімація по траєкторії вимагає, крім об'єкта, який буде анімований, обов'язково задати і його траєкторію (шлях руху). Анімація по траєкторії дуже часто ідеально підходить для анімації рухомих технічних об'єктів, анімації камер і анімація технічних процесів. Виділивши об'єкт, який ви хотіли б змусити рухатися уздовж шляху, вам потрібно призначити йому шлях для анімації (траєкторію). Після цього тривимірний об'єкт переноситься на лінію шляху і зв'язується з нею. Програма сама створить для вас два ключових кадру, один з яких буде зберігати положення об'єкта на початку шляху, а другий положення об'єкта в кінці шляху. Решта кадрів програма інтерполює для вас. В результаті, ваш об'єкт почне рухатися по зазначеній траєкторії при програванні анімації.

Створення анімації при динамічних симуляціях

Даний спосіб створення анімації пов'язаний більше з професією фахівця з динаміки, ніж з професією аніматора. Анімація тут є способом збереження

результату динамічної симуляції. Під фразою «динамічна симуляція» мається на увазі процес прорахунку поведінки об'єкта в умовах фізично реального навколишнього середовища. Наприклад, всі ми знаємо, що якщо скляний келих впаде на підлогу, то швидше за все він розіб'ється на безліч осколків. Тривимірне середовище не знає який об'єкт повинен володіти тими чи іншими властивостями. Для того, щоб кожен об'єкт поведився так, як це відбувається в нашому світі використовуються динамічні симуляції. Такі симуляції виконуються пакетами тривимірної графіки і після того, як симуляція буде закінчена, створюють анімаційні ключі, в яких зберігається інформація про поведінку кожної частини об'єкта. Динамічні симуляції дуже часто використовуються для прорахунку поведінки рідин, тканин, твердих і м'яких об'єктів. Завдяки динамічним симуляціям і створеній після них анімації ми можемо з вами насолоджуватися переглядом апокаліптичних блокбастерів в кінотеатрах.

Анімація, отримана шляхом захоплення руху

Захоплення руху — це досить молодий спосіб отримання анімації, але швидко набирає популярність за рахунок реалістичності анімації, яку він дозволяє отримувати. Як правило для отримання анімації даними способом вам потрібна спеціально обладнана студія з обладнанням для захоплення руху, актор, з якого анімація буде захоплюватися і спеціальне програмне забезпечення. Система захоплення руху працює наступним чином:

- На людину надягають спеціальні датчики.
- Актор виконує потрібні анімаційні рухи.
- Камери навколо актора фіксують переміщення датчиків.
- Спеціалізоване програмне забезпечення аналізує рухи датчиків створює скелет з точно такою ж анімацією, як і у реального актора і зберігає результат у вигляді ключових кадрів.

Дана технологія дорога, але дозволяє отримувати дуже реалістичну анімацію. В основному, вона застосовується для анімації персонажів.

Загальні терміни в 3D анімації

Таймлайн (Timeline — тимчасова шкала) — На таймлайне відображені номери кадрів у вашій сцені, його також можна налаштувати під будь-яку потрібну вам довжину кадру. Тут видно самі кадри і ними можна керувати. Також ви можете програти вашу анімацію безпосередньо в самому 3D додатку з таймлайн.

Ключовий кадр (Keyframe) — Ключовий кадр в основному своєму значенні має на увазі створення блоку на всіх анімаціях. У 3D-анімації вам потрібно створити ключовий кадр, щоб зафіксувати рух в часі. Коли ви створюєте ключовий кадр, ви як би повідомляєте комп'ютеру, де ви хочете щоб рух змінився. Вам потрібно створити як мінімум два ключових кадру, щоб комп'ютер розрахував потрібну вам зміну в русі.

Частота кадрів (FPS) — це кількість кадрів в секунду. Дуже важливо визначити частоту кадрів, яка вам потрібна, перш ніж робити будь-яку анімацію. Тільки тоді ви будете впевнені, що ваша анімація правильно розрахована в часі. Наприклад, у фільмах використовується частота кадрів 24 кадру в секунду (24 FPS), а це означає, що протягом секунди ви бачите 24 різних зображення. Як один з найбільш використовуваних форматів частоти кадрів, 24 FPS — це потрібна вам частота кадрів, яку ви можете використовувати за замовчуванням, якщо не впевнені, яка частота кадрів повинна бути у вашому проєкті.

Положення (Position) — Положення в анімації показує, як розташований в сцені об'єкт. Це те ж саме, що виставляти позу статуї. За винятком анімації, буває безліч положень, які власне і створюють анімацію. Якби ви фіксували анімацію в будь-якій точці часу, в якій би позі не був об'єкт — це розраховувалося б як положення.

Траєкторія (Line of action) — це невидима лінія, яку можна намалювати по всьому положенню об'єкта. Зазвичай для положення існує кілька головних ліній, а саме "С" форма, відображена або розгорнута "С" форма і "S" форма. Коли ви виставляєте положення вашого об'єкта, потрібно переконатися, що в основі руху лежить лінія, яка нагадує одну з цих форм, саме це дозволить вам

виставити динамічне положення. Неправильна лінія руху зазвичай являє собою просту пряму лінію, яка проходить від голови до ніг вашого персонажа.

Блокінг (Blocking) — це одна з технік анімації, при якій створюються найбільш важливі для сюжету ключові пози, щоб виставити розташування об'єкта в просторі і позначити, як він буде рухатися в сцені. Ця техніка використовується на ранній стадії процесу анімації і допомагає розповісти "історію" анімації. Найчастіше блокінг — це перший етап у створенні покадрової анімації.

Середня поза (Breakdown — розбивка на складові) — середня поза показує перехід об'єкта з одного ключового положення в інший. Середню позу можна вважати проміжним етапом, однак вона має свої особливості. Коли у вас виставлене одне положення на першому кадрі, а інше на двадцятому, наступним вашим кроком буде створення середньої пози яка розкриває посередині цього часового відрізка.

Проміжні кадри (Inbetweens) — це те, що відбувається між становищем А, положенням Б, і їх середньої позою. У комп'ютерній анімації проміжні кадри зазвичай розраховуються автоматично. У традиційній 2D анімації створенням проміжних кадрів займаються помічники аніматорів-мультиплікатори.

Дублювання (Twinning) — це термін, який описує момент, коли одна частина об'єкта дзеркально відображає іншу половину, через що з'являється штучна симетрія. Уникнути дублювання можна просто за рахунок легкого перенесення балансу пози з однієї половини об'єкту на іншу. Уникнення дублювання в анімації — це перший крок до створення привабливого положення. Виправити дублювання можна дуже швидко просто за рахунок зміни положення частини об'єкта.

Статика (Moving holds — "рухомі затримки") — в анімації статика — це явище, коли об'єкт на якийсь час завмирає в певній позі, і в той же самий час має малопомітне рух. Статику потрібно використовувати в певних випадках і тільки там, де це дійсно необхідно. Якщо в анімації занадто багато статик, в ній з'являться невиправдані зупинки.

Шліфування (Polish pass) — це самий останній етап в анімації. У цей момент аніматор починає додавати дуже дрібні завершальні деталі в свою роботу. Такі деталі, як рух очей, пальців та інших дрібниць, анімуються після того, як була завершена робота над всіма головними рухами.

2.8.5 3D-анімація у Cinema 4D

Основне призначення Cinema 4D — створювати реалістичні тривимірні сцени і об'єкти для дизайну та анімації. Вона може бути корисна і в кінематографії, і в проектуванні, і в рекламі. Такий закінчений інтегрований продукт здатний виконати практично будь-яке завдання, що стоїть перед сучасним художником.

Вбудований модуль Dynamics, управляє фізичними процесами, за допомогою його моделюються гравітація, вітер, зіткнення, жорсткість і пружність матеріалів. Гра в більярд, де враховується зіткнення куль, падіння предмета на натягнуту сітку, прогинається під його вагою, удар кулі об стінку з подальшим її розплющенням, коливання тканини — подібне моделювання не викликає особливих складнощів в Cinema 4D з встановленим модулем Dynamics. Програма дозволяє імітувати вибух, створювати і видозмінювати практично будь-які об'єкти, які можуть піддаватися складним деформаціям. Їм можна задавати прозорість або глянець (відблиск), що особливо важливо при моделюванні виробів зі скла.

Для огляду сцени Cinema 4D використовує чотирнадцять камер, є і редактор камер. Світло від джерел освітлення створює тіні від об'єктів, пронизує прозорі і напівпрозорі стінки модельованих фужерів і ваз настільки точно, що після рендеринга у спостерігача створюється враження, ніби він дивиться фотографію, а не віртуальну тривимірну сцену.

У програмі є набір моделей людських фігур. Це фігури чоловіка, жінки і дитини, які допустимо видозмінювати. Моделі живих істот, і в тому числі людини, можна створити і самостійно. Пересуваються вони по налаштованим траєкторіях.

Для підвищення якості анімації в Cinema 4D застосовується технологія Ease-In and Ease-Out («Уповільнення на початку і уповільнення в кінці»). Суть її в наступному. Зазвичай об'єкт, створений в редакторі тривимірного моделювання, переміщається від точки А до точки Б з постійною швидкістю. Однак фізичні об'єкти мають певну масу, і їм потрібно долати сили опору. Тому в реальному світі об'єкти починають рух і поступово набирають певну швидкість (Ease-In), проходять потрібну відстань і в кінці зменшують швидкість до повної зупинки (Ease-Out). Ось саме це і моделюється в Cinema 4D.

Програма Cinema 4D дозволяє використовувати безліч моделей, представлених файлами різних форматів. Навіть можна імпортувати цілі сцени з інших додатків, включаючи текстури, освітлення і треки анімації. Зазвичай це робиться шляхом налаштування певних параметрів програми. Але робота з форматами окремих програмних пакетів може зажадати деяких додаткових зусиль. У подібних випадках виробник Cinema 4D, компанія Maxon, розміщує на своєму сайті інструкцію. Там же публікуються списки джерел моделей — як платних, так і вільно розповсюджуваних.

Модель може складатися із сотні окремих частин. Для того щоб вони утворили єдине ціле, застосовуються такі способи, як угруповання і зв'язування. Перший дозволяє об'єднати всі елементи моделі в єдиний набір, причому кожним з елементів можна маніпулювати індивідуально в межах групи, а також перетворювати всю групу цілком. При цьому координати встановлюються як для групи об'єктів, так і для кожного з них. Зв'язування ж дає можливість встановити супідрядність між об'єктами, одні з яких стають залежними від інших, що особливо проявляється при переміщенні. Наприклад, великий палець ноги з'єднаний зі ступень, і його положення залежить від положення ступні. Ступня, в свою чергу, з'єднана з гомілкою, і на її положення впливає переміщення гомілки, і т. д. За допомогою інструменту Inverse Kinematics («Зворотна кінематика») можна переміщати пов'язані об'єкти, і вони будуть рухатися, як ніби скріплені одним ланцюгом. Також можна накладати обмеження на рух, щоб імітувати певний тип зчленування або з'єднання. Це

дозволяє уникнути помилок при створенні анімаційних сцен. Наприклад, відомо, що людина не може повернути шию і голову на 180 градусів як сова (поворот здійснюється в основному за рахунок руху шиї і частково - голови). Отже, на параметри, що визначають кут повороту шиї і голови людини, потрібно накласти таке обмеження, щоб сума їх максимальних значень не перевищувала 90 градусів.

Чим складніше сцена, тим більше часу їй доводиться приділяти. А чим менше інформації доведеться прораховувати комп'ютеру, тим краще. Тому слід прагнути створювати тривимірні моделі з високим ступенем деталізації, використовуючи при цьому найменшу кількість інформації. Інакше кажучи, потрібно конструювати складні моделі, що мають мале число полігонів. Cinema 4D пропонує кілька способів спрощення побудови сцен.

Зразки

Багато сцен можуть містити ідентичні об'єкти, наприклад дерева на пагорбі, пелюстки у квітці, трава і т. д. Щоб не перевантажувати сцену множинними копіями об'єкта, слід робити зразки. Зміни, що відбуваються з материнським об'єктом (об'єктом-джерелом), передаються зразком, але не навпаки. При цьому інформація по ряду параметрів (колір, розмір і т. п.) зберігається лише для об'єкта-джерела, а не для інших, що істотно знижує вимоги до обладнання.

Карта рельєфу

Не всі деталі об'єкта потрібно моделювати явно. Замість того щоб на апельсиновій шкірці моделювати кожну виїмку, можна використовувати матеріали і карти текстур, наприклад Vmap Map («Карту рельєфу»). Доведеться затратити набагато більше часу на те, щоб створити неоднорідну тривимірну поверхню апельсиновій шкірки, ніж виконати таку роботу, якщо до кулі застосувати текстуру. Але головне полягає в тому, що візуальний ефект в обох випадках може бути практично ідентичним.

Проектування камери

Як і багато інших редакторів, Cinema 4D допускає застосування фотографій в якості фону, а узгодити фон і тривимірну сцену можна за допомогою технології Camera Mapping («Проектування камери»), що створює ілюзію глибини. При пересуванні камери зображення фону представляється тривимірним. Інша перевага даної технології — можливість використання затінюваних матеріалів при переміщенні або додаванні анімованих елементів до тла, що робить його більш реалістичним. Однак ефективно зазначена технологія буде тільки в разі обмеженого зміни положення камери. При цьому фон повинен знаходитися на деякій відстані.

Шрифт

Для створення тривимірного шрифту і логотипів найчастіше вибирають 3D-додатки, оскільки вони краще працюють з текстом, ніж програми 2D-графіки. У Cinema 4D потрібно просто ввести текст і підібрати шрифт, а програма вже сама побудує сплайни. Надалі з тривимірним текстом, як і з іншими аналогічними тривимірними об'єктами, можна проробляти різні операції, підбираючи для них свої стилі і форми. Ці стилі допустимо застосовувати і до будь-якого іншого тексту — по суті, ви створюєте свій набір шрифтів.

2.9 Система координат

У Cinema 4D використовується система координат: X (ширина), Y (висота) і Z (глибина). На осі X відкладаються наліво негативні і направо позитивні координати, на Y - вгору позитивні і вниз негативні, на Z - вперед негативні і вглиб (від спостерігача) позитивні координати. В процесі роботи над сценою можна блокувати будь-яку з осей координат. Це дозволяє обмежити переміщення, обертання або масштабування об'єкта за обраними осях. Існують Світові координати і Координати об'єкта. Світові координати зафіксовані і не можуть бути змінені. Координати об'єкта допустимо трансформувати в будь-якому напрямку, як в межах самого об'єкту, так і всієї сцени, і повертати на будь-який кут. Зміна позиції координат об'єкту в Cinema 4D відбувається по осях X, Y і Z, а поворот — по осях H, P і V. Це відповідає поняттям, прийнятим

в авіації і космонавтиці: курс (або H) відображає величину кута повороту навколо осі Y , тангаж (або P) — навколо осі X і крен (або B) навколо осі Z .

Створюючи будь-яку фізичну модель, її зазвичай розташовують на певній площині, будь то стіл або інша поверхня. У робочій області Cinema 4D такий площиною є координатна сітка. Її центр - перетин осей X , Y і Z . При цьому виконуються наступні умови:

- У вікні виду Perspective ("Перспектива") лінії координатної сітки шкали по осях X і Z , точка їх перетину є центром координатної сітки.
- У вікні виду XY, або виду спереду (Front), лінії координатної сітки відображаються по осях X і Y , її центр - точка перетину цих осей.
- У вікні виду XZ, або виду зверху (Top), лінії координатної сітки відображаються по осях X і Z , її центр - точка перетину цих осей.
- У вікні виду YZ, або виду збоку (Side), лінії координатної сітки відображаються по осях Y і Z , її центр - точка перетину цих осей.

2.10 Текстури і Матеріали

Після того як модель побудована, потрібно задати властивості її поверхні і додати додаткові деталі. Матеріали і карти текстур передають безліч інформації, чого не зможе забезпечити навіть найретельніше моделювання. Матеріал, застосований до об'єкта визначає його зовнішній вигляд. Перш ніж моделювати якийсь об'єкт, слід досконально вивчити його загальний вигляд, структуру поверхні, тіні, кольору і т. д. Насправді не буває ідеальної поверхні. Наприклад скло, як прозорим воно б не було, може мати подряпини і чужорідні вкраплення. Один з основних недоліків зображення тривимірної моделі полягає в тому, що воно виглядає занадто ідеальним. Додавши трохи вад в текстурну карту матеріалу, ви створите ілюзію зношеності і деякого недосконало-сті, завдяки чому зображення об'єкта буде виглядати більш фотореалістичним і переконливим. Модель повинна бути складовою. Тоді для кожної її частини можна застосовувати свої матеріали, що додають їй характерні особливості. Так, для дзеркала важлива відображає здатність, для скла - прозорість, для виробу з порцеляни - глянець і т. д.

Карта текстури із занадто високою роздільною здатністю значно уповільнює рендеринг. Отже, вона повинна бути настільки великою, наскільки це необхідно для вирішення поставленого завдання. У багатьох випадках замість карт текстур можна використовувати процедурні матеріали або мозаїчність. Карта відображення, застосована до властивості оточення матеріалу, може забезпечити більш швидке обрахування зображення для металевих і відображають об'єктів. Нашаруванням декількох матеріалів на об'єкт можна домогтися вражаючого ефекту. Наприклад, щоб вода виглядала натуральніше, в неї слід додати, зокрема, матеріали, що мають властивості рельєфу або деформації.

Властивості матеріалів

Матеріали в Сінема 4D мають ряд різних властивостей:

- колір;
- дифузію;
- світіння;
- прозорість;
- відображення;
- оточення;
- туман;
- рельєф;
- альфа;
- глянець;
- колір глянцю;
- напруження;
- деформацію;
- підсвічування.

Колір

Для управління кольором застосовується колірна модель RGB, а здійснюється воно за допомогою відповідних кожному кольору повзунків. Також регулюються насиченість і яскравість кольору. Передбачено додавання до кольору текстури, яку в більшості випадків можна видозмінювати за допомогою

важелів, що дозволяють змішувати кольору і текстури. Допустимо використовувати власні колірні палітри. Кольорові зміни піддаються анімації. Ними можна управляти від кадру до кадру.

Дифузія

Обмежує вплив світла на поверхню об'єкта. Білий дифузний канал не дає жодного ефекту, чорний повністю припиняє дію таких параметрів, як «Світіння», «Глянець» і «Віддзеркалення». Відтінки, що лежать між білим і чорним кольорами, лише частково впливають на вигляд поверхні об'єкту.

Світіння

Використовується для того, щоб надати моделі ефект напруження (створюється ілюзія володіння своїм власним внутрішнім світлом). Як приклади самосвітних об'єктів можна привести тліюче вугілля, телеекран і розплавлену лаву.

Прозорість

Дана властивість робить об'єкти прозорими. При цьому можна налаштувати не тільки власну прозорість матеріалу, але і його колір, коефіцієнт заломлення.

Відображення

Контролює відбивну здатність матеріалу і колір відображення. Об'єкти з матеріалів з високою відбивною здатністю поведуться подібно до дзеркала.

Оточення

Іноді потрібно, щоб одні об'єкти не відображали інші, але в той же час залишалися тими які відображають. У цих випадках допоможе параметр «Оточення». Він зазвичай застосовується тоді, коли поруч один з одним знаходиться занадто багато об'єктів які відображають, і дозволяє створювати більш правдоподібні ілюстрації. При цьому істотно скорочується час рендеринга.

Туман

Ця властивість корисна при додаванні ефектів атмосфери до об'єктів і сцен. Об'єкт з матеріалу, що володіє властивістю «Туман», виглядає як згусток туману, який має форму цього об'єкта. Властивості «Туман» і «Прозорість» —

взаємовиключні, тому використовувати в матеріалі потрібно або те, або інше. Можна керувати такими параметрами, як колір і відстань, на якому туман стає непрозорим.

Рельєф

Допомагає імітувати такі поверхні, як шкіра, вода, бетон. Потрібно мати на увазі, що це властивість не змінює геометрію моделі, хоча і модифікує структуру її поверхні.

Альфа

Дозволяє видалити або обрізати певні частини моделі. Ті місця, на які накладається обраний колірний спектр альфа-каналу, стають невидимими. Разом з цією властивістю можна використовувати карту текстури.

Глянець

Створює відблиск від джерела світла, що падає на об'єкт. Невеликий яскравий глянсовий відблиск надає об'єкту вид нового виробу, робить його блискучим або як ніби вологим. У той же час великий дифузний дзеркальний відблиск може зробити об'єкт на вигляд тьмяним і зношеним. Перший доречний на поверхні нової автомашини, а другий — на асфальтовій доріжці, по якій ця машина їде.

Колір глянцю

Контролює колір каналу «Глянець». Деякі матеріали в реальному світі мають глянсовий блиск, що відрізняється за кольором від їх власного. Наприклад, латунь має жовтуватий колір, але має зеленуватий глянсовий відлив.

Напруження

Утворює навколо об'єктів область яка яскраво світиться. Керують цією властивістю налаштування «Колір», «Радіус світіння» і «Частота» (для ефекту іскристого напруження).

Деформація

Вплив «Деформації» діє аналогічно «Рельєф». Різниця в тому, що вона злегка змінює геометрію об'єкта. Моделі з малою кількістю полігонів не

віддзеркалюватимуть результати впливу карти деформації так явно, як моделі з великим числом полігонів.

Підсвічування

Визначає, яким чином висвітлюється матеріал. Є режими Phong, Blinn і Oren Nayer. Останній призначений для імітації негладких поверхонь. Різниця між іншими режимами незначна і позначається головним чином на «глянсуватості» об'єкта.

Карті текстур

Карта текстур — це двовимірне зображення, яке використовується для обробки поверхні моделей. Додавання текстур до моделей в буквальному сенсі означає створення образу поверхні об'єкту. Тип використовуваної карти і каналу текстур, а також метод, яким дана карта застосовується, визначає зовнішній вигляд об'єкта. У Cinema 4D є три типи карт текстур:

- засновані на растровому зображенні (бітові карти);
- двовимірні процедурні;
- тривимірні процедурні.

Карті текстур, засновані на растровому зображенні.

Будь-яке двовимірне зображення, відскановане або створене в графічних редакторах, допустимо використовувати в якості текстур. Такими можуть бути зображення бетонної поверхні, асфальту, трави і т. п. Текстерно карти застосовуються до об'єкта кількома методами. Якщо карти володіють недостатньо високою роздільною здатністю, то при наближенні камери відображається піксельний характер їх побудови (небажаний візерунок у вигляді маленьких квадратів). Щоб уникнути цього, потрібно використовувати карти текстур високої роздільної здатності, причому бажано більшим, ніж потрібно. Працюючи з вихідним матеріалом для текстур, не слід робити зображення надто маленьким за розміром. Краще скопіювати вихідне зображення і згодом зменшити розміри копії, а не оригіналу. В іншому випадку можна безповоротно втратити якість текстур (зображення).

Положення об'єктів в сцені (передній і задній плани) визначає, наскільки великими або маленькими повинні бути приємним для них текстурі. Якщо сцена призначена для показу на телеекрані з дозволом 768x576 пікселів і текстурований об'єкт заповнює весь простір екрану, не слід використовувати текстурі менші, ніж 768x576 пікселів. Але коли об'єкт заповнює лише чверть екрану, текстура повинна бути не менше, ніж 384x288 пікселів. Застосовувати текстурі великого розміру потрібно і в тому випадку, коли камера наближається до об'єкту. Текстурі, які використовуються для відео, ніколи не повинні бути більше, ніж 72 точки на дюйм (екранне дозвіл). Але якщо кінцевий продукт призначений для друку, може виникнути необхідність встановити більш високу роздільну здатність (300 або 600 точок на дюйм) для забезпечення належної якості. В цьому випадку використовуються текстурі великого розміру.

Якщо поверхню об'єкта, що моделюється має велику площу, яку необхідно покрити однорідною текстурою, можна використовувати «мозаїчність», т. Е. Копіювання зразка текстурі на всю цю поверхню. Мозаїчність допустимо застосовувати горизонтально, вертикально або в обох напрямках одночасно з будь-якою частотою і кількістю повторень. Існує два способи застосування мозаїчності до карт: шляхом дзеркального відображення країв налаштованого елемента мапи або простим повторенням зразка. Дзеркальне відображення зразка дозволяє приховувати шви на стиках зразків карти. Ефект мозаїчності картку, буде або відключається за допомогою поля вибору «Безшовний». Передбачено створення та власних безшовних мозаїчних зображень.

Двовимірні процедурні текстурі

Ці карти описуються математичними формулами і генерують візерунок по деяким законам чи випадковим чином. Такі карти використовуються для зображення шахівниці, мармуру і т. д. Не дивлячись на те, що процедурна карта формуються штучно, вона може виглядати дуже натуральною. Обрахунок зображень, побудованих за допомогою процедурних карт, відбувається набагато швидше, ніж зображень, заснованих на растрових (бітових) картах.

Тривимірні процедурні текстурі

Ці текстури також описуються математичними формулами. Однак вони застосовують текстурний візерунок до всього тіла об'єкта, а не тільки до однієї з площин його поверхні. Тому під час вирізання об'єкта за допомогою булевих операцій текстурний візерунок, наприклад жилки деревини, відображається не тільки на поверхні об'єкта, але і в місцях вирізу.

Інтерполяція текстури

Щоб після рендеринга зображень із застосуванням текстурних карт не виявлялася пікселізація (ступінчастість), використовуються спеціальні алгоритми згладжування текстур. У Cinema 4D це алгоритми SAT- і MIP-проекування. Алгоритм SAT (Summation Area Table mapping) забезпечує дуже хороше згладжування текстури. Але він вимогливий до обладнання і задіє значну частку оперативної пам'яті. Алгоритм MIP (Multi in Parvo mapping) менш вимогливий до обладнання.

Методи проектування текстури

Існують кілька методів застосування матеріалів до об'єктів. Вони забезпечують можливість «розгортати» матеріали і «огортати» ними моделі так, щоб ті виглядали переконливіше. Методи проектування матеріалів на об'єкти наступні:

- відображення поверхні;
- кубічне відображення;
- циліндричне відображення;
- сферичне відображення;
- фронтальне відображення;
- просторове відображення;
- відображення "Компресія";
- відображення UVW;
- відображення Decal Mapping.

Можна застосовувати кілька матеріалів до об'єкта різними методами проектування.

Відображення поверхні

Нагадує проектування зображення на об'єкт з проектора. Можна зробити так, щоб джерело було спрямоване перпендикулярно або під будь-яким іншим кутом до поверхні.

Кубічне відображення

Схоже на екранне виведення зображення на всі лицьові сторони куба одночасно. При цьому для кожної з них використовується одне і те ж зображення. Куб може бути орієнтований і масштабований за потрібне користувачеві чином.

Циліндричний відображення

Плоске зображення обертається навколо об'єкта і проектується на віртуальний циліндр. Цей віртуальний циліндр може бути орієнтований і масштабований будь-яким бажаним способом.

Сферичне відображення

Схоже на натягування еластичної карти світу на глобус, — це і є суть сферичного відображення. Воно багато в чому схоже з циліндричним відображенням, але, щоб домогтися підгонки карти по осі сфери, карта повинна «сходитися» на полюсах сфери в одну точку. Сфера може бути орієнтована будь-яким бажаним способом, для чого існують спеціальні технічні прийоми. Таким чином, можна звести до мінімуму деформації карти при нанесенні її на сферу. Якість текстур впливає на кінцевий результат. Чим краще виконана текстура тим точніше вона «оберне» кулю.

Фронтальне відображення

Цей метод схожий з відображенням поверхні за винятком того, що він застосовується тільки для активної камери, встановленої в якості виду для рендеринга.

Просторове відображення

Також схоже на відображення поверхні. Однак за рахунок спотворення текстури в тривимірному просторі «розмитість», притаманна відображенню поверхні, стає мінімальною. Ця функція зручна при застосуванні таких матеріалів, як камінь, і т. п.

Відображення «Компресія».

Це ще один спосіб проектування карти матеріалу на віртуальну сферу. На відміну від сферичного проектування, при якому відбувається звуження карти на обох полюсах, відображення «Компресія» складає чотири кути карти на одному полюсі, немов обертаючи кулю квадратним шматком матерії. В цьому випадку карта спотворюється тільки на одному з полюсів.

UVW Mapping

У разі застосування цього методу матеріал або текстура «прикріплюється» до кількох точок об'єкта. Таким чином, якщо об'єкт деформується, матеріал переміщається і розтягується разом з ділянками, до яких він прикріплений. Так як спотворення матеріалу безпосередньо пов'язується з основною геометрією об'єкта, існує зв'язок між складністю моделі і якістю результатів проектування. Іншими словами, чим щільніше каркасна сітка моделі, тим краще результат UVW-проектування, яке ідеально підходить для шкіряних і інших органічних поверхонь.

Decal Mapping

Матеріали проектуються крізь об'єкт і можуть бути видні по обидва боки. Цей спосіб може використовувати одночасно два матеріали для одного об'єкта без будь-яких змішень між ними. Використовуючи опції «Спереду», «Ззаду», а також «Спереду і ззаду», можна контролювати розгортання матеріалів.

РОЗДІЛ 3 ПРОЕКТ ПРОГРАМНОЇ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СУЧАСНИМИ МЕТОДАМИ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

3.1 Архітектура системи

Проект комп'ютерного моделювання сучасними методами візуалізації складається з трьох основних модулів: 3D-модель, текстура, рендер.

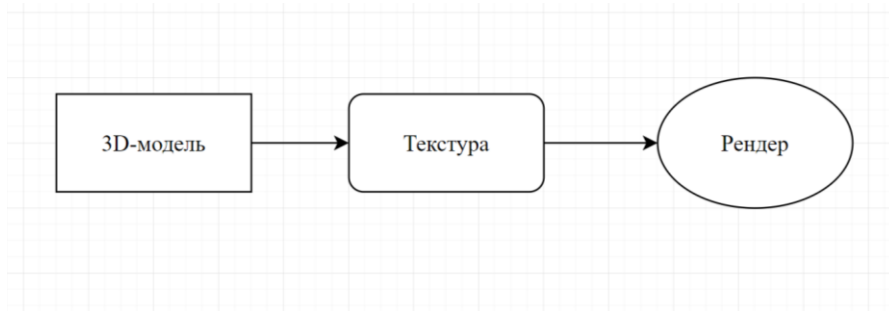


Рис.34 Архітектура системи

3.2 Засоби реалізації

Під час реалізації програмної системи були використані наступні засоби:

1. Мова програмування C++.
2. Мова програмування Python.
3. Редактор коду Visual Studio Code.
4. Графічний редактор CINEMA 4D.
5. Графічний редактор Autodesk 3Ds Max 2017.
6. Графічний редактор ARCHICAD.
7. Бібліотека FreeGLUT.

3.2.1 Мова програмування C++

C++ — це мова програмування загального призначення, створена Бьярном Страуструпом як розширення мови програмування C. Згодом мова значно розширилася, і сучасний C++ тепер має об'єктно-орієнтовані, загальні та функціональні можливості додатково до засобів для низькорівневого управління

пам'яттю. Він майже завжди реалізується як компільована мова, і багато поставальників представляють компілятори C++, включаючи Free Software Foundation, LLVM, Microsoft, Intel, Oracle і IBM, тому він доступний на багатьох платформах.

C++ був розроблений з орієнтацією на системне програмування і вбудоване програмне забезпечення з обмеженими ресурсами і великі системи, з продуктивністю, ефективністю і гнучкістю використання, як це підкреслюється в його конструкції. C++ також виявився корисним у багатьох інших контекстах, основними сильними сторонами якого є програмна інфраструктура і додатки з обмеженими ресурсами, включаючи настільні додатки, відеоігри, сервери (наприклад, електронна комерція, веб-пошук або сервери SQL) і продуктивність.

C++ стандартизований міжнародною організацією зі стандартизації (ISO). Мова програмування C++ була спочатку стандартизована в 1998 році як ISO / IEC 14882: 1998, який потім був змінений стандартами C++ 03, C++ 11 і C++ 14. До первісної стандартизації в 1998 році C++ був розроблений датським комп'ютерним вченим Бьярном Страуструпом в Bell Labs з 1979 року як розширення мови C; йому потрібен був ефективна і гнучка мова, подібна C, яка також забезпечувала високорівневі функції для організації програм. З 2012 року C++ знаходиться на трирічному графіку випуску, а наступним запланованим стандартом стане C++ 23.[14]

3.2.2 Мова програмування Python

Python — це інтерпретована мова програмування загального призначення високого рівня. Філософія дизайну Python робить упор на читання коду з помітним використанням значних прогалін. Його мовні конструкції і об'єктно-орієнтований підхід покликані допомогти програмістам писати ясний, логічний код для невеликих і великомасштабних проєктів.[13]

Python має динамічну типізацію і збирач сміття. Він підтримує кілька парадигм програмування, включаючи структуроване (процедурне), об'єктно-орієнтоване і функціональне програмування.

Python був створений в кінці 1980-х років і вперше випущений в 1991 році Гвідо ван Россум в якості наступника мови програмування ABC. Python 2.0, випущений у 2000 році, представив нові функції, такі як розуміння списків і систему збору сміття з підрахунком посилань, і був припинений у версії 2.7 в 2020 році. Python 3.0, випущений в 2008 році, не є повністю назад сумісним, і велика частина коду Python 2 не запускається без змін на Python 3.

Інтерпретатори Python підтримуються для основних операційних систем. Світова спільнота програмістів розробляє і підтримує CPython, безкоштовну еталонну реалізацію з відкритим вихідним кодом. Некомерційна організація Python Software Foundation управляє ресурсами для розробки Python і CPython і направляє їх. В даний час він пов'язаний з Java як другим за популярністю мовою програмування в світі.

Python задуманий як легко читаєма мова. Його форматування візуально не захащене, і він часто використовує ключові слова англійською мовою, тоді як інші мови використовують розділові знаки. На відміну від багатьох інших мов, в ньому не використовуються фігурні дужки для поділу блоків, а точки з коми після операторів є необов'язковими. У ньому менше синтаксичних винятків і особливих випадків, ніж в C або Pascal.

3.2.3 Редактор коду Visual Studio Code

Visual Studio Code — це безкоштовний редактор вихідного коду, створений Microsoft для Windows, Linux і macOS. Можливості включають підтримку налагодження, підсвічування синтаксису, інтелектуальне завершення коду, фрагменти, рефакторинг коду і вбудований Git.[12] Користувачі можуть змінювати тему, поєднання клавіш, налаштування і встановлювати розширення, які додають додаткові функції.

Microsoft випустила вихідний код Visual Studio Code в репозиторії VSCode на GitHub.com під роздільною ліцензією MIT, в той час як скомпільовані виконавчі файли є безкоштовними.

Visual Studio Code був анонсований 29 квітня 2015 року корпорацією Майкрософт на конференції 2015 Build. Незабаром після цього була випущена

попередня версія. 18 листопада 2015 року Visual Studio Code був випущений під ліцензією Expat, а його вихідний код був розміщений на GitHub. Також було оголошено про підтримку розширень. 14 квітня 2016 р Visual Studio Code завершив стадію загальнодоступною попередньою версією і був випущений в Інтернет.

Visual Studio Code — це редактор який можна використовувати з різними мовами програмування, включаючи Java, JavaScript, Go, Node.js і C++. Він заснований на платформі Electron, яка використовується для розробки веб-додатків Node.js, що працюють на механізмі компонування Blink. Visual Studio Code використовує той же компонент редактора (під кодовою назвою "Monaco"), який використовується в Azure DevOps (раніше називався Visual Studio Online і Visual Studio Team Services).

Замість системи проектів він дозволяє користувачам відкривати один або кілька каталогів, які потім можна зберегти в робочих областях для подальшого використання. Це дозволяє йому працювати як незалежний від мови редактор коду для будь-якої мови. Він підтримує кілька мов програмування і набір функцій, які залежать від мови. Небажані файли і папки можна виключити з дерева проекту через настройки. Багато функцій Visual Studio Code не відображаються через меню або призначений для користувача інтерфейс, але доступні через палітру команд.

Visual Studio Code може бути розширений за допомогою розширень, доступних через центральний репозиторій. Сюди входять доповнення до редактора і мовна підтримка. Примітною особливістю є можливість створювати розширення, які додають підтримку нових мов, тим і отладчиків, виконують статичний аналіз коду і додають лінтеру коду з використанням протоколу мовного сервера. Включає кілька розширень для FTP, що дозволяє використовувати програмне забезпечення як безкоштовну альтернативу для веб-розробки. Код можна синхронізувати між редактором і сервером без завантаження додаткового програмного забезпечення. Дозволяє користувачам встановлювати кодову сторінку, на якій зберігається активний документ, символ нового рядка і

мову програмування активного документа. Це дозволяє використовувати його на будь-якій платформі, в будь-якому регіоні і для будь-якої мови програмування.

3.2.4 Графічний редактор CINEMA 4D

У 1991 році Крістіан і Філіп Леш створюють попередницю CINEMA — програму FastRay - для комп'ютерної платформи Amigo. Крістіан і Філіп створили програму тривимірної комп'ютерної графіки, в якій можна було робити і анімацію. Додавши ще одну одиничку до звичайної аббревіатури 3D, випускають у світ в 1993 році пакет під звичним нам назвою CINEMA 4D. Поки також тільки для комп'ютерів Amigo. Однак уже в 1994-му стає зрозуміло, що час Amigo і Atari пройшло, і команда розробників спрямовується до нових висот. У 1996 році CINEMA 4D V4 виходить одночасно для платформ Windows, Macintosh і Alpha NT. Надалі ніяких революційних подій в житті CINEMA не відбувалося. Під крилом MAXON вона спокійно еволюціонувала, хіба що у 2000 році німецька компанія Nemetschek AG придбала 70% акцій MAXON Computer GmbH, що в загальному-то також ніяк не позначилося на самій CINEMA.

MAXON CINEMA 4D Studio — проста у використанні професійна програма для 3D-візуалізації, за допомогою якої починаючі користувачі зможуть створювати високоякісні анімації з використанням 3D-CAD моделей. Програмний продукт містить безліч інструментів для анімації персонажів, роботи з волоссям і імітації одягу, пропонує кілька джерел освітлення, безліч матеріалів і структур, технологією рендеринга по мережі, що дозволяє швидше отримувати результати.

Основні можливості MAXON CINEMA 4D Studio:

- Можливість роботи з параметричними і полігональними об'єктами.
- Розширена система матеріалів і текстур.
- Вбудована система нелінійної анімації.
- Наявність системи динаміки твердих і м'яких тіл.
- Безліч інструментів анімації персонажів.

- Візуалізація волосся та хутра.
- Наявність джерел світла IES, що дозволяють легко створювати природне освітлення.
- Підтримка OpenGL3.
- Наявність вбудованої мови програмування Python.
- Імпорт та експорт файлів в різні формати.

3.2.5 Графічний редактор Autodesk 3Ds Max 2017

Autodesk 3ds Max, яка раніше називалася 3D Studio і 3D Studio Max, — це професійна програма для тривимірної комп'ютерної графіки для створення тривимірних анімацій, моделей, ігор та зображень. Він розроблений і випущений Autodesk Media and Entertainment.[10] Він має можливості моделювання і гнучку архітектуру плагінів і повинен використовуватися на платформі Microsoft Windows. Він часто використовується розробниками відеоігор, багатьма телевізійними комерційними студіями і студіями архітектурної візуалізації. Він також використовується для створення ефектів фільмів і попередньої візуалізації фільмів. Що стосується інструментів моделювання і анімації, остання версія 3ds Max також включає шейдери (такі як оклюзія навколишнього середовища), динамічне моделювання, системи частинок, випромінювання, створення і рендеринг карти нормалей, глобальне освітлення, що настраюється користувач інтерфейс, нові значки і власний мова сценаріїв.

Вихідний продукт 3D Studio був створений для платформи DOS Гері Йост і групою Yost і опублікований Autodesk. Випуск 3D Studio зробив попередній пакет 3D-рендеринга Autodesk AutoShade застарілим. Після випуску 4 3D Studio DOS продукт був переписаний для платформи Windows NT і перейменований в «3D Studio MAX». Ця версія також була спочатку створена Yost Group. Його випустила компанія Kinetix, яка в той час була підрозділом Autodesk в сфері ЗМІ та розваг.[11] Autodesk придбала продукт при другому оновленні версії 3D Studio MAX і повністю освоїла розробку в наступних двох випусках. Пізніше назва продукту було змінено на «3ds max» щоб краще

відповідати угоди про іменах Discreet, компанії-розробника програмного забезпечення з Монреаля, яку придбала Autodesk. Коли він був перевиданий, продукт знову був позначений логотипом Autodesk, а коротка назва знову було змінено на «3ds Max» а офіційна назва продукту стало нинішнім «Autodesk 3ds Max».

Основні можливості Autodesk 3ds Max:

- MAXScript — це вбудована мова сценаріїв, який можна використовувати для автоматизації повторюваних завдань, комбінування існуючих функцій по-новому, розробки нових інструментів і призначених для користувача інтерфейсів і багато чого іншого. Модулі модулів можуть бути створені повністю в MAXScript.
- Character Studio — це плагін, який, починаючи з версії 4 Max, тепер інтегрований в 3ds Max; він допомагає користувачам оживляти віртуальних персонажів. Система працює з використанням скелета персонажа, який має стандартні налаштування, які можна змінювати і налаштовувати відповідно до сіток персонажів і потребами анімації. Цей інструмент також включає надійні інструменти редагування для перемикання ІК / FK, маніпуляції з позою, робочих процесів шарів і ключових кадрів, а також обміну даними анімації між різними скелетами персонажів. Ці об'єкти мають інші корисні функції, які допомагають прискорити створення циклів ходьби і траєкторій руху, а також еволюційного процесу.
- Оглядач сцен, інструмент, який забезпечує ієрархічне представлення даних сцени і аналізу, полегшує роботу з більш складними сценами. Оглядач сцен має можливість сортувати, фільтрувати і шукати сцену з будь-якого типу об'єкта або властивості, включаючи метадані. Доданий в 3ds Max 2008, це був перший компонент, який спрощує керований код .NET в 3ds Max за межами MAXScript.
- Обмежена анімація. Об'єкти можна анімувати уздовж кривих за допомогою елементів управління для вирівнювання, нахилу, швидкості, плавності і зациклення. Об'єкти можна обмежити для анімації з іншими

об'єктами різними способами, включаючи перегляд, орієнтацію в різних координатних просторах і зв'язування в різні моменти часу. Вся отримана обмежена анімація може бути згорнута в стандартні ключові кадри для подальшого редагування.

- Max Creation Graph. Представлений в Max 2016, Max Creation Graph (MCG) дозволяє користувачам створювати модифікатори, геометрію і службові плагіни, використовуючи робочий процес на основі візуальних вузлів. З MCG користувач може створити новий плагін для 3ds Max за лічені хвилини, просто підключивши разом вузли параметрів, вузли обчислень і вузли виведення. Отриманий графік потім можна зберегти в XML-файлі або упакувати з будь-якими з'єднаннями, від яких він залежить, в ZIP-файл, яким можна легко поділитися з користувачами 3ds Max.

3.2.6 Графічний редактор ARCHICAD

ARCHICAD — це архітектурне програмне забезпечення САПР BIM для Macintosh і Windows, розроблене угорською компанією Graphisoft. ARCHICAD пропонує комп'ютерні рішення для обробки всіх загальних аспектів естетики та інженерії протягом усього процесу проектування забудованої середовища — будівель, інтер'єрів, міських територій і т. д.

Розробка ARCHICAD почалася в 1982 році для оригінального Apple Macintosh. Після запуску в 1987 році концепції Graphisoft «Віртуальне будівництво», ARCHICAD став багатьма розцінений як перша реалізація BIM. ARCHICAD був визнаний першим продуктом САПР для персонального комп'ютера, здатним створювати як 2D, так і 3D геометрію, а також першим комерційним продуктом BIM для персональних комп'ютерів і вважався «революційним» через здатність для зберігання великих обсягів інформації в 3D-моделі. Сьогодні у нього понад 120 000 користувачів.

ARCHICAD — це повний пакет для проектування з 2D- і 3D-кресленнями, візуалізацією і іншими функціями інформаційного моделювання будівель для архітекторів, дизайнерів і проектувальників. У ARCHICAD

інтегрований широкий спектр програмних додатків для задоволення більшості потреб архітектурного бюро в проектуванні:

- інструменти для створення точних і докладних технічних креслень.
- інтерфейс 3D-САПР, спеціально розроблений для архітекторів, здатних створювати різні форми будівель.
- Програмне забезпечення для архітектурного рендеринга і візуалізації — високопродуктивний інструмент рендеринга для створення фотореалістичних зображень або анімацій.
- Інструмент управління документами — центральний сервер зберігання даних з віддаленим доступом, інструмент управління версіями з функціями резервного копіювання та відновлення.
- Програмне забезпечення для інформаційного моделювання будівель — це не просто набір вищезгаданих додатків з вбудованим інтерфейсом, але і новий підхід до проектування будівель, званий BIM.

Основні можливості Autodesk 3ds Max:

- Робота з параметричними об'єктами. ARCHICAD дозволяє користувачеві працювати з параметричними об'єктами з розширеними даними, які користувачі часто називають «інтелектуальними об'єктами». Це відрізняється від стилю роботи інших програм САПР, створених в 1980-х роках. Продукт дозволяє користувачеві створити «віртуальну будівлю» з віртуальними структурними елементами, такими як стіни, плити, дах, двері, вікна і меблі. З програмою поставляється велика кількість попередньо розроблених об'єктів. Це програмне забезпечення дозволяє користувачеві працювати як з 2D, так і з 3D-об'єктами на екрані. Двовимірні креслення можна експортувати в будь-який час, навіть якщо модель в базі даних програми завжди зберігає дані в трьох вимірах. Плани, фасади і розрізи генеруються з тривимірною віртуальною моделлю будівлі і постійно оновлюються, якщо користувач «перебудовує» вид.
- Співпраця і віддалений доступ. ARCHICAD випустив своє перше рішення для спільної роботи на основі обміну файлами в версії 5.1 в 1997

році, що дозволило більшій кількості архітекторів працювати над однією і тією ж моделлю будівлі одночасно. Повністю переписане рішення Teamwork "2.0" з новим підходом до бази даних з'явилося у версії 13 в 2009 році під назвою Graphisoft BIM Server. Оскільки в центральне сховище відправляються тільки зміни і відмінності, це рішення забезпечує віддалений доступ до одного і того ж проекту через Інтернет, що забезпечує спільну роботу і координацію проектів по всьому світу. У 2014 році з появою BIMcloud покращилася інтеграція із стандартними ІТ-рішеннями: управління на основі браузера, з'єднання LDAP і зв'язок на основі HTTP / HTTPS. Крім того, доступні нові параметри масштабованості, що дозволяють створювати багатосерверні макети з додатковими серверами кешування.

- API і скрипти. Незалежні постачальники і деякі виробники архітектурних продуктів скомпілювали бібліотеки архітектурних компонентів для використання в ARCHICAD. Програма включає мову геометричного опису, яка використовується для створення нових компонентів. Крім того, для сторонніх розробників надбудов підтримуються API і підключення до бази даних ODBC. За допомогою прямих посилань API на програмне забезпечення 4D і 5D, таке як Vico Office Suite або Tosoman iLink, модель ARCHICAD можна експортувати в систему оцінки і планування витрат на основі BIM. ARCHICAD також безпосередньо пов'язаний через API з інструментами перевірки моделей і забезпечення якості Solibri. Крім того, Graphisoft надає пряме посилання на Grasshopper 3D, надаючи середу візуального програмування для параметричного моделювання та проектування.
- Обмін даними. ARCHICAD може, серед іншого, імпортувати і експортувати файли DWG, DXF, IFC і BCF. Graphisoft є активним членом BuildingSMART, галузевої організації, яка публікує стандарти взаємодії файлів і даних для програмного забезпечення інтегрованого середовища. Graphisoft була одним із засновників концепції Open BIM, яка

підтримує обмін даними 3D-BIM між різними дисциплінами проектування на платформах з відкритим вихідним кодом. ARCHICAD також може експортувати 3D-модель і відповідні 2D-креслення в формат BIMx, який можна переглядати на різних настільних і мобільних платформах за допомогою вбудованих засобів перегляду BIMx.

3.2.7 Бібліотека FreeGLUT

FreeGLUT — це альтернатива бібліотеці OpenGL Utility Toolkit (GLUT) з відкритим вихідним кодом. FreeGLUT дозволяє користувачеві створювати і керувати вікнами, що містять контексти OpenGL, на широкому спектрі платформ, а також читати функції миші, клавіатури і джойстика. FreeGLUT призначений для повної заміни GLUT і має лише кілька відмінностей. Оскільки GLUT знаходиться в стані стагнації, FreeGLUT знаходиться в розробці для поліпшення інструментарію. Він випущений під ліцензією MIT.

FreeGLUT спочатку був написаний Павлом В. Ольштой за участю Андреаса Умбаха і Стіва Бейкера. Оскільки Павло перестав працювати з 3D-графікою, він передав естафету Стіву Бейкеру. Стів тепер є офіційним власником FreeGLUT, хоча Джон Фей виконує більшу частину повсякденної роботи. Павло почав розробку FreeGLUT 1 грудня 1999 року. В даний час проект фактично являє собою 100% заміну оригінального GLUT з деякими відхиленнями і скороченим списком помилок. FreeGLUT містить кілька поліпшень в порівнянні з вихідним GLUT, але відповідно до політики додаткові важливі функції додаватися не будуть. У квітні 2015 року FreeGLUT отримав початкову підтримку нового протоколу сервера відображення Wayland.

FreeGLUT тепер дуже стабільний і містить менше помилок, ніж вихідний GLUT. Однак є місця, де вихідна специфікація GLUT не проясняє, в якому порядку відбуваються такі речі, як зворотні виклики, і для прикладних програм, що працюють під GLUT, можливий збій під FreeGLUT, тому що вони припускають, що GLUT ніколи не гарантував би істинним. Періодично з'являються нові версії; однак, оскільки тепер він досить стабільний і нових функцій не планується, ці оновлення потрібні все рідше і рідше. Це змінилося б, якби

коли-небудь був випущений новий випуск GLUT. FreeGLUT поширюється замість GLUT в деяких дистрибутивах Linux. Оскільки він має висхідну сумісність на двійковому рівні, програми, скомпільовані для GLUT, можуть бути без проблем пов'язані з FreeGLUT.

3.3 Структура даних

Структура даних — програмна одиниця, що дозволяє зберігати і обробляти безліч однотипних і логічно пов'язаних даних в обчислювальній техніці. Для додавання, пошуку, зміни і видалення даних структура даних надає певний набір функцій, з яких складається інтерфейс.

3.3.1 Структура даних ізометричного зображення

Тривимірна сцена інтер'єру кімнати складається з 6 класів.

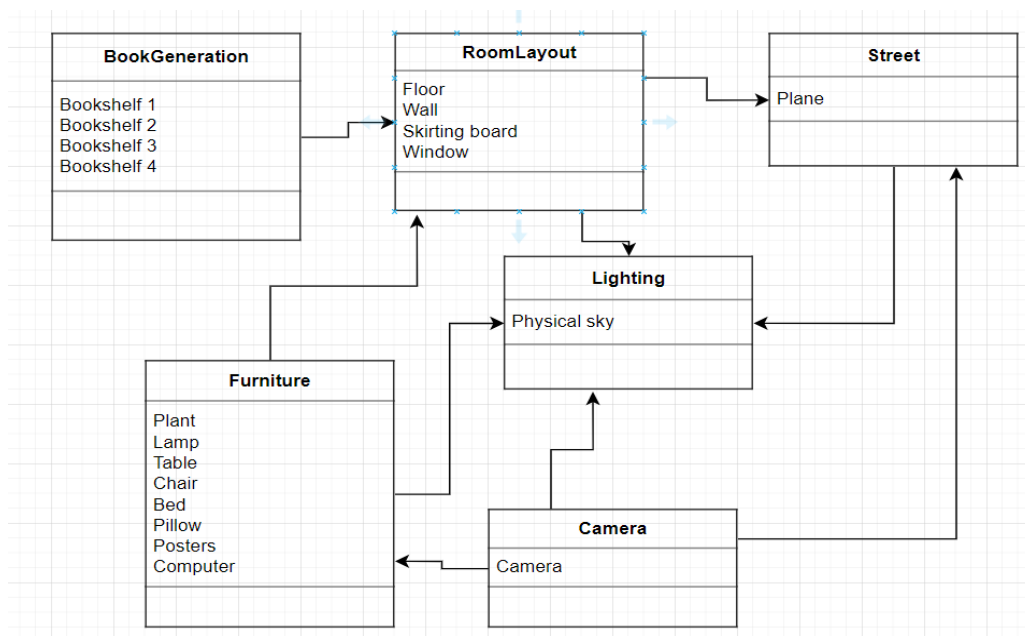


Рис.35 Структура даних ізометричного зображення

Клас RoomLayout містить в собі об'єкти: Floor, Wall, Skirting board, Window.

Клас Lighting містить в собі об'єкт Physical sky і є освітленням тривимірної сцени.

Клас Camera являє собою фінальний ракурс при візуалізації інтер'єру кімнати.

Клас Furniture містить в собі об'єкти: Plant, Lamp, Table, Chair, Bed, Pillow, Posters, Computer.

Клас BookGeneration являє собою генератор книг на полицях.

Клас Street містить в собі об'єкт Plane

3.3.2 Структура даних тривимірної сцени екстер'єру

Тривимірна сцена екстер'єру котеджа складається з 9 класів.

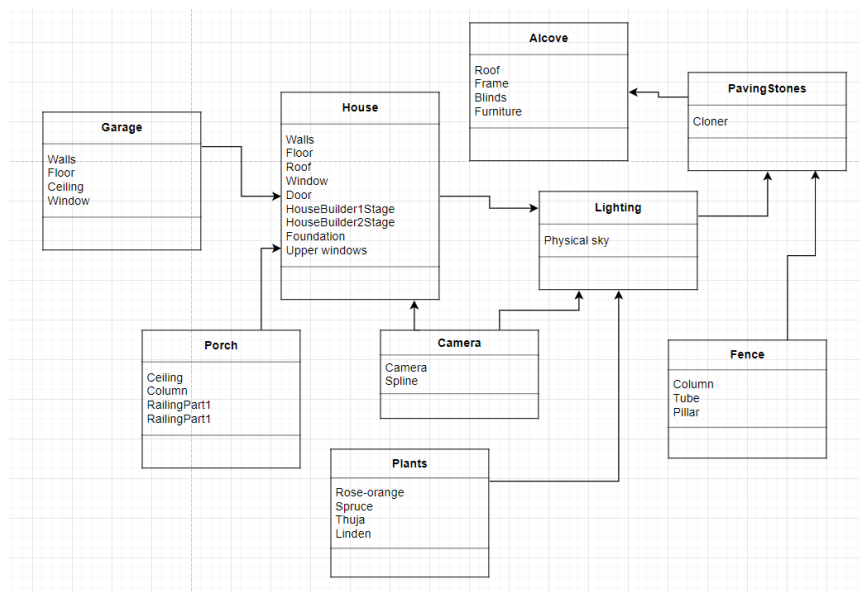


Рис.36 Структура даних тривимірної сцени екстер'єру

Клас House містить в собі об'єкти: Walls, Floor, Roof, Window, Door, HouseBuilder1Stage, HouseBuilder2Stage, Foundation, Upper Windows.

Клас Lighting містить в собі об'єкт Physical sky і є освітленням тривимірної сцени.

Клас Garage містить в собі об'єкти: Walls, Floor, Ceiling, Window.

Клас Porch містить в собі об'єкти: Ceiling, Column, RailingPart1, RailingPart2.

Клас Camera являє собою ракурс для анімації по траєкторії. Траєкторія заданна сплайном Окружність.

Клас Plants містить в собі об'єкти: Rose-orange, Spruce, Thuja, Linden.

Клас Fence містить в собі об'єкти: Column, Tube, Pillar.

Клас Paving Stones містить в собі об'єкти: Cloner.

Клас Alcove містить в собі об'єкти: Roof, Frame, Blinds, Furniture.

3.4 Програмна частина системи

3.4.1 Реалізація генерування книг

З генератором книг в Cinema 4D ви можете швидко і легко створювати книги на полиці, змінювати типи книг, положення, текстури, які підставки для книг використовувати, кут нахилу та інші. Якщо ви займаєтеся дизайном інтер'єру або візуалізацією, це значно прискорить ваш робочий процес.

В лістингу 1 наведено налаштування генератора книг, які використовувалися при моделюванні інтер'єру кімнати

Лістинг 1 *Налаштування генератора книг*

```
import c4d, random, math
c=[1, 2, 6, 9]
def message(msg, data):
    if msg == c4d.MSG_DESCRIPTION_CHECKUPDATE:
        if not data: return True
        if data.has_key('descid')==False: return True
        if data['descid'].GetDepth()<2: return True
        if data['descid'][1].id in [7, 8, 10]:
            ch=op.GetChildren()
            for c2 in ch: c2.SetDirty(c4d.DIRTY_DATA)
        for I in c:
            if op[c4d.ID_USERDATA, i]==True:
                op[c4d.ID_USERDATA, i]=False
                if i==1: c4d.CallFunction(op[103550], "m1", op)
                if i==2: c4d.CallFunction(op[103550], "m2", op)
                if i==6: c4d.CallFunction(op[103550], "m3", op)
                if i==9: c4d.CallFunction(op[103550], "m5", op)
            if op[c4d.ID_USERDATA, 5]==False: c4d.CallFunction(op[1033550], "m4", op)
        return True
def main():
    return None
```



Рис.37 Приклад використання генератора книг

3.4.1 Реалізація затінення Фонга

Затінення Фонга — це обчислення кольору для кожного фрагмента. Верховий шейдер надає дані нормалі і положення в якості вихідних змінних для шейдера фрагмента. Потім Фрагментний шейдер інтерполює ці змінні і обчислює колір.

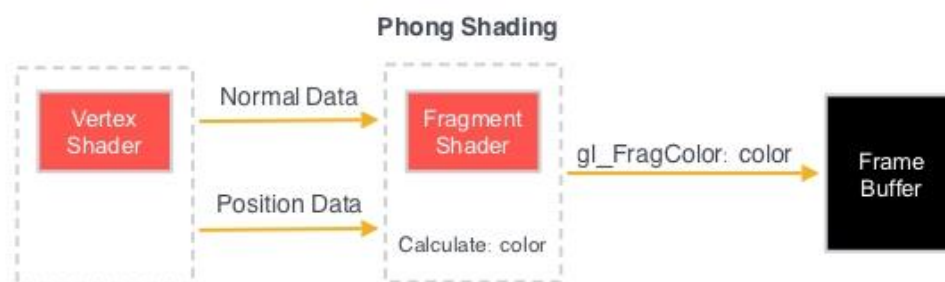


Рис.38 Ілюстрація затінення Фонга

Лістинг 2 Реалізація верхового шейдера Фонга

```

varying vec3 N;
varying vec3 v;
  
```

```

void main(void)
{

v = vec3(gl_ModelViewMatrix * gl_Vertex);
N = normalize(gl_NormalMatrix * gl_Normal);

gl_Position = gl_ModelViewProjectionMatrix * gl_Vertex;
}

```

Лістинг 3 Реалізація фрагментного шейдера Фонга

```

varying vec3 N;
varying vec3 v;

void main (void)
{
vec3 L = normalize(gl_LightSource[0].position.xyz - v);
vec3 E = normalize(-v);          // we are in Eye Coordinates,
so EyePos is (0,0,0)
vec3 R = normalize(-reflect(L,N));

//calculate Ambient Term:
vec4 Iamb = gl_FrontLightProduct[0].ambient;

//calculate Diffuse Term:
vec4 Idiff = gl_FrontLightProduct[0].diffuse *
max(dot(N,L), 0.0);

// calculate Specular Term:
vec4 Ispec = gl_FrontLightProduct[0].specular
            * pow(max(dot(R,E),0.0),0.3*gl_FrontMate-
rial.shininess);

// write Total Color:
gl_FragColor = gl_FrontLightModelProduct.sceneColor + Iamb
+ Idiff + Ispec;
}

```

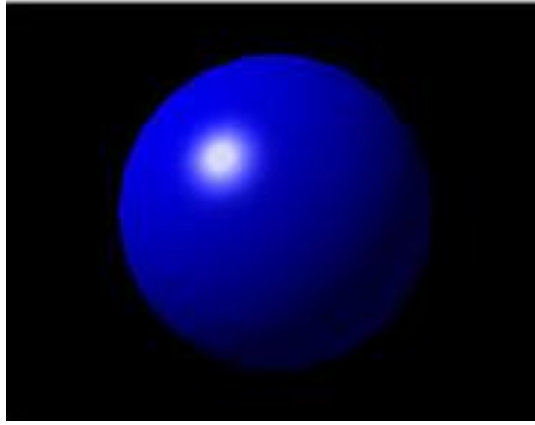


Рис.38 Приклад об'єкта з затіненням Фонга

РОЗДІЛ 4 ДОСЛІДЖЕННЯ АНАЛІЗУ СУЧАСНИХ МАТОДІВ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Основною метою кваліфікаційної роботи було дослідження сучасних методів комп'ютерного моделювання, а також порівняння програмного забезпечення для візуалізації тривимірних об'єктів.

Проводилось дослідження на програмному забезпеченні такому як: CINEMA 4D, ARCHICAD, 3Ds MAX Autodesk. Предметом дослідження є параметри, що впливають на швидкість рендерінга тривимірних сцен. Використовувалися такі методи дослідження: теоретичні (порівняння, аналіз) і емпіричні (тестування, вивчення літератури і результатів діяльності).

4.1 Порівняння програмного забезпечення

Таблиця 1. Порівняння сучасного програмного забезпечення для моделювання тривимірних об'єктів

| Критерій порівняння | Autodesk Max 2017 | 3Ds | ARCHICAD | Cinema 4DR19 |
|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------|
| ОС | Windows | Windows, Mac OS | Windows, Mac OS | Windows, Mac OS, Linux |
| Посібник користувача | + | + | + | + |
| Документація | + | + | + | + |
| COLLADA | + | - | - | + |
| FBX | + | + | + | + |
| STL | + | + | + | + |
| DWG | + | + | + | + |
| OBJ | + | - | - | + |
| Рендерінг | Internal, mental ray | Sketch, Z-buffer, Internal | Sketch, Z-buffer, Internal | Internal |

| | | | |
|-----------------------------------|---|---|---|
| Інструменти анімації | + | + | + |
| UV tools | + | + | + |
| Модифікатори | + | + | + |
| NURBS | - | - | + |
| Твердотільні об'єкти | + | + | + |
| М'якотілі об'єкти | + | + | + |
| Симуляція волосся | + | - | + |
| Симуляція тканини | + | - | + |
| Використання часток | + | - | + |
| Підтримка скриптів | + | + | + |
| Використання в кіноіндустрії | + | - | + |
| Використання в комп'ютерних іграх | + | + | + |
| Віртуальна реальність | + | - | + |
| Візуальні ефекти | + | - | + |

Для кожного ПО характерний свій специфічний набір засобів, що визначає область, в якій 3D-редактор зручно застосовувати.

3ds Max є універсальною програмою, використовується професіоналами і початківцями. Часто її застосовують для архітектурної візуалізації, вона сумісна з іншими додатками Autodesk, наприклад, AutoCad, і має велику бібліотеку архітектурних матеріалів, і гнучкі настройки рендера. CINEMA 4D це кращий варіант для початкового знайомства з тривимірною графікою, а також у цього програмного забезпечення найбільша кількість інструментів анімації. ARCHICAD ця програма призначена для проектування архітектурно-будівельних конструкцій і має зручні інструменти для створення креслень і ескізів.

В результаті даного огляду для вивчення реалізації завдань мною була обрана програма Cinema 4D, так як з вище перерахованого програмного забезпечення для моделювання тривимірної графіки видно, що вона має всі функції, які є в інших аналогічних програмах, і більше орієнтована на початкового користувача. При цьому всі студенти можуть безкоштовно отримати повнофункціональну ліцензійну копію терміном на 3 роки для освоєння програми.

4.2 Порівняльний аналіз сучасних методів комп'ютерного моделювання

При візуалізації ізометричного зображення інтер'єру кімнати, я використовував такі сучасні методи моделювання: моделювання на основі примітивів, сплайнове, а також створення об'єктів за допомогою булевих операцій.

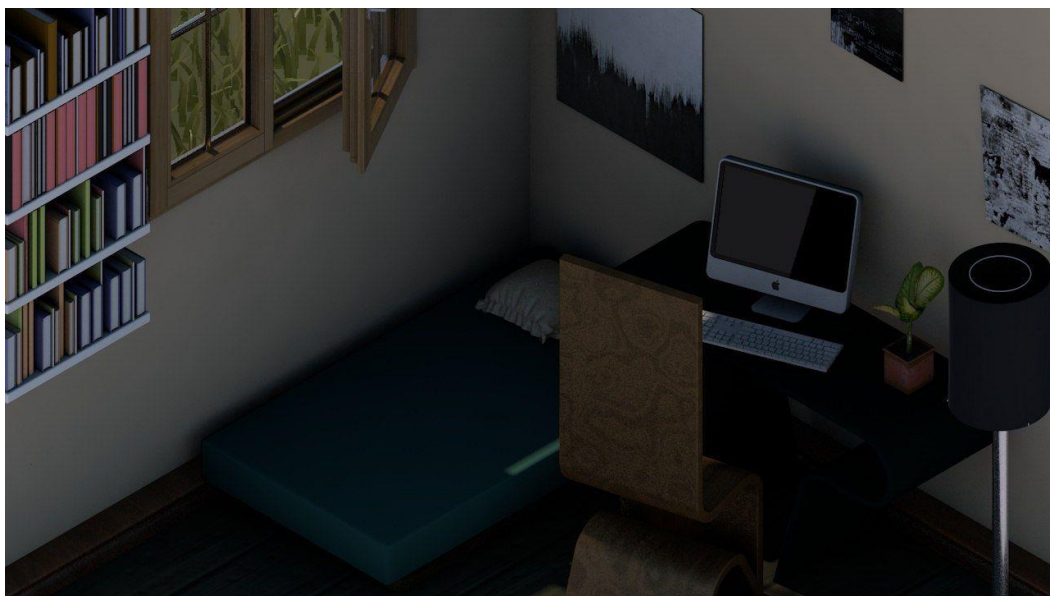


Рис.39 Реалізація ізометричної тривимірної сцени за допомогою сучасних методів моделювання

При візуалізації екстер'єру будинка, я використовував такі сучасні методи моделювання: моделювання сплайнами, примітивних об'єктів, об'єкти створені булевими операціями, а також за допомогою використання модифікаторів.

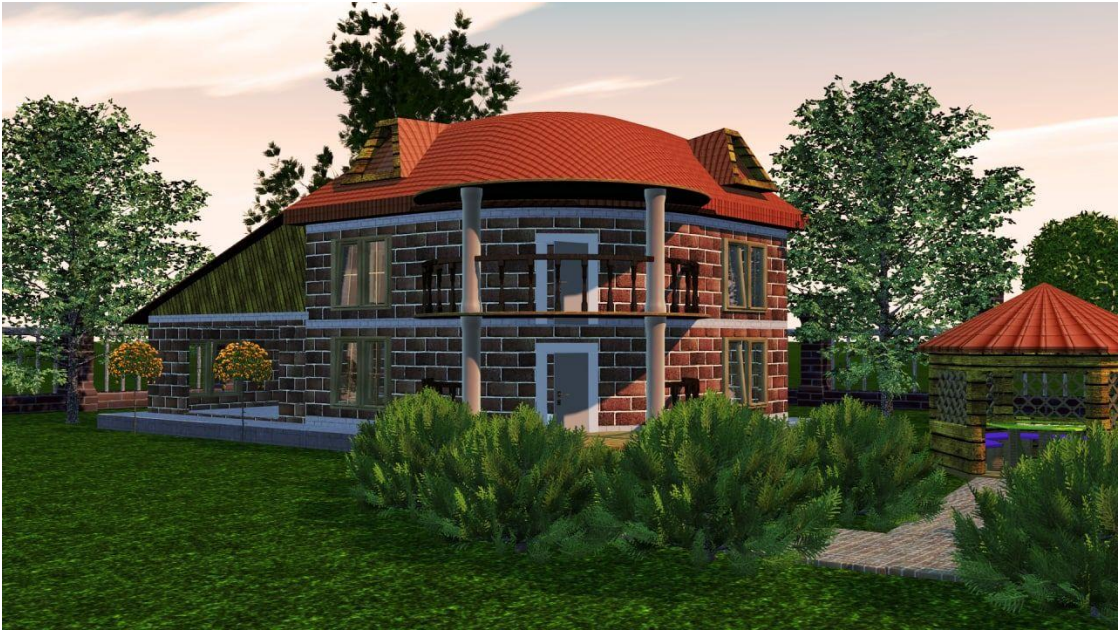


Рис.40 Реалізація тривимірного екстер'єру за допомогою сучасних методів моделювання

Отже, експериментальним шляхом було визначено, що найбільш підходящими методами моделювання тривимірного інтер'єру, та екстер'єру є: створення об'єктів за допомогою булевих операцій, моделювання на основі примітивів(куб, циліндр, піраміда), а також моделювання сплайнами.

4.3 Порівняльний аналіз швидкодії різного апаратного забезпечення

При розробці тривимірних сцен було протестовано декілька апаратних забезпечень, виміряна та порівняна їх швидкодія.

Таблиця 2. Конфігурація апаратного забезпечення

| Критерій порівняння | i3-3210 | i7-4770R | i5-3350P |
|----------------------------|---------|----------|----------|
| Кількість ядер | 2 | 4 | 4 |

| | | | |
|----------------------------------|----------------|--------------------------------|----------------|
| Кількість потоків | 4 | 8 | 4 |
| Базова частота процесора (ГГц) | 3.20 | 3.20 | 2,70 |
| Кеш (МБ) | 3 | 6 | 6 |
| Типи пам'яті | DDR3 1333/1600 | DDR3 and DDR3L 1333/1600 | DDR3 1333/1600 |
| Intel Processor Graphics | HD 2500 | Iris Pro 5200 | HD 2500 |
| Virtualization Technology (VT-x) | + | + | + |

Було зроблено вимір часу за яке перераховане вище апаратне забезпечення візуалізує тривимірну анімацію по траєкторії екстер'єру котеджу. Рендер анімації проводився 25 FPS, з розширенням HD Ready 1280x720 пікселів.

Таблиця 3. Порівняння швидкодії апаратного забезпечення

| Назва CPU | Енергозберігаючий режим включений | Енергозберігаючий режим вимкнений |
|-----------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| i3-3210 | 473 min. | 382 min. |
| i7-4770R | 320 min. | 198 min. |
| i5-3350P | 382 min. | 250 min. |

Можна чітко побачити що i7-4770R значно лідирує від своїх конкурентів , а також i3-3210 відстає від i5-3350P.



Рис.41 Порівняння швидкодії апаратного забезпечення з включеним енергозбереженням

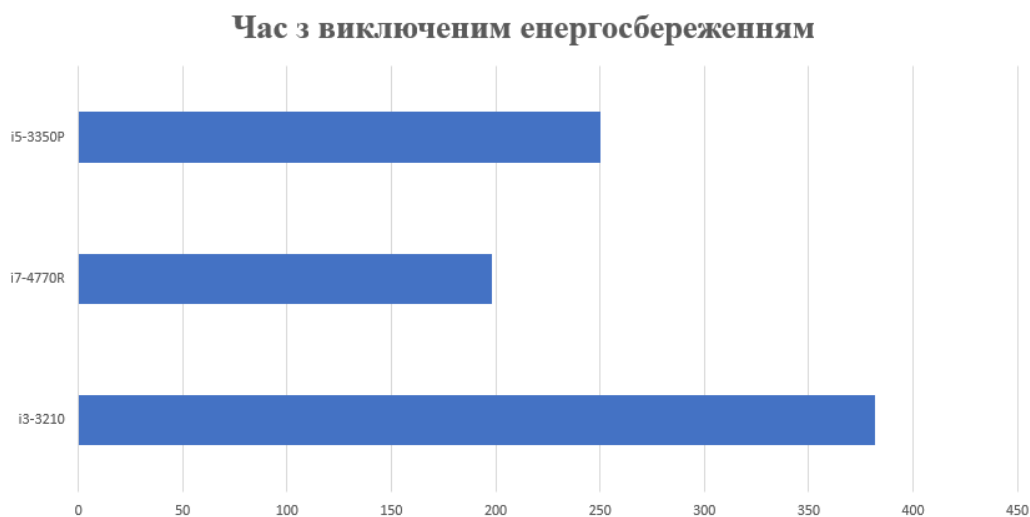


Рис.42 Порівняння швидкодії апаратного забезпечення з виключеним енергозбереженням

Отже, експериментальним шляхом було визначено, що найбільш підходящими апаратним забезпеченням для рендеру анімації у програмі CINEMA 4D є i7-4770R.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання даної кваліфікаційної роботи було зроблено:

1. Проведено дослідження сучасних методів комп'ютерного моделювання та візуалізації тривимірних об'єктів.
2. Шляхом аналізу існуючих програмних засобів визначено набір методів для реалізації задач тривимірної графіки.
3. Визначено їх основні переваги та недоліки, можливі області застосування.
4. В результаті проведених досліджень основним інструментом для моделювання тривимірних сцен обране програмне забезпечення CINEMA 4D.
5. Розроблено ізометричну 3D-модель інтер'єру кімнати.
6. Розроблено 3D-модель, а також анімацію екстер'єру котеджа.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Работа с примитивами, 2010. URL: <http://samoychiteli.ru/document1430.html>.
2. Солодчук В. О. Основы моделирования Открытые системы. 2008. №3. с. 95.
3. Егорова И. Н. Исследование программных сред 3D-моделирования / И. Н. Егорова, А. В. Гайдамашук. Технологический аудит. 2013. №6. с. 13.
4. Інженерна графіка: креслення, комп'ютерна графіка: Навчальний посібник / За ред. А. П. Верхоли. К.: Каравела, 2005. 304 с.
5. Крижановська Н. Я. Конспект лекцій з дисципліни «Архітектура житлових будівель» / Н. Я. Крижановська, О. В. Смірнова ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. 104 с.
6. Посібник користувача Photoshop Adobe. 2014. URL: <https://helpx.adobe.com/ua/photoshop/user-guide.html>.
7. Beesley A. Animation - A Study and Comparison of Concepts and Software Issues / Alan Beesley., 2004. 14 с.
8. Бебешко Максим, студент магістратури ФЕЕІТ ІІ ЗНУ. Наук. кер.: Заяц В.І., доц., канд. техн. наук «КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЯ 3D-ОБ'ЄКТІВ». Збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2020» : у 5 т. Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. Т.5. С. 157.
9. Бебешко М.К., магістрант, к.т.н., доц. Заяц В.І., науковий керівник «СУЧАСНІ МЕТОДИ КОМП'ЮТЕРНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ТА ВІЗУАЛІЗАЦІЇ 3D-ОБ'ЄКТІВ». Збірник наукових праць студентів, аспірантів і молодих вчених «Молода наука-2019» : у 5 т. Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2019. Т.5. С. 75-77.
10. Lincoln H. Forbes, Syed M. Ahmed, Modern Construction: Lean Project Delivery and Integrated Practices, CRC Press, 2010. 524 с.

11. Autodesk | 3D Design, Engineering & Entertainment Software, 2013. 43 c.
12. Lardinois, Frederic, Microsoft Launches Visual Studio Code, A Free Cross-Platform Code Editor For OS X, Linux And Windows. 2015. 27 c.
13. Kuhlman Dave, A Python Book: Beginning Python, Advanced Python, and Python Exercises. Section 1.1. Archived from the original, 2012.
14. Stroustrup Bjarne, The C++ Programming Language. 1997, 931 c.
15. SLC File Specification, 3D Systems, Inc., 1994. 98 c.
16. Popkonstantinović, B.; Nikolić, I.; Perišić, A. & Kekeljević, I. Fly-through Animation at the Faculty of Technical Sciences in Novi Sad, Facta Universitatis, series Architecture and Civil Engineering, Volume 9 No. 2, 2011. 277-287 c.

**Декларація
академічної доброчесності
здобувача ступеня вищої освіти ЗНУ**

Я, Бебешко М.К., студент 2 курсу, форми навчання денної, Інженерного навчально-наукового інституту, спеціальність 121 Інженерія програмного забезпечення, адреса електронної пошти maksbeb@gmail.com, — підтверджую, що написана мною кваліфікаційна робота на тему **«Сучасні методи комп'ютерного моделювання та візуалізації 3d-об'єктів_»** відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що визначені у ст.42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлений.

- заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи є ідентичною її друкованій версії;

згоден/згодна на перевірку моєї роботи на відповідність критеріям академічної доброчесності у будь-який спосіб, у тому числі за допомогою інтернет-систем, а також на архівування моєї роботи в базі даних цієї системи.

Дата 30.11.2020  Бебешко Максим Костянтинівич (студент)

Дата 30.11.2020  Заяц Валерій Іванович
(науковий керівник)