

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ФАКУЛЬТЕТ ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА КОМП'ЮТЕРНИХ НАУК  
СЕКЦІЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОЕКТУВАННЯ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА**

**на тему:** «Візуалізація 3D моделі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету»

за напрямом підготовки 6.050101 «Комп'ютерні науки»

**Виконавець роботи:** студент групи ІТ-52 Васюхно Катерина Віталіївна

**Кваліфікаційна робота бакалавра  
захищена на засіданні ЕК  
з оцінкою**

\_\_\_\_\_ «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

Науковий керівник

\_\_\_\_\_  
(підпис)

доцент, к.т.н. Баранова І.В.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Голова комісії

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Шифрін Д. М.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає  
запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Суми-2019

Сумський державний університет  
 Факультет електроніки та інформаційних технологій  
 Кафедра комп'ютерних наук  
 Секція інформаційних технологій проектування  
 Напрямок підготовки – 6.050101 «Комп'ютерні науки»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Зав. секцією ІТП

\_\_\_\_\_ В. В. Шендрик  
 «\_\_» \_\_\_\_\_ 2019 р.

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ**

*Васюхно Катерина Віталіївна*

**1 Тема роботи** Візуалізація 3D моделі легкоатлетичного манежу СумДУ

**керівник роботи** Баранова Ірина Володимирівна, доцент,

затверджені наказом по університету від «17» травня 2019 р. № 0834-III

**2 Строк подання студентом роботи** «3» червня 2019 р.

**3 Вхідні дані до роботи** Фото з декількох ракурсів легкоатлетичного манежу СумДУ

**4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)** 1) Аналіз предметної області

2) Постановка задачі

3) Проектування процесу візуалізації

4) Практична реалізація проекту

**5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)**

Актуальність, постановка задачі, аналіз предметної області, огляд аналогів, функціональні вимоги, методи проектування та програмно реалізація, діаграми IDEF0, практична реалізація, висновки, оприлюднення.

**6. Консультанти розділів роботи:**

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв

**7. Дата видачі завдання** \_\_\_\_\_

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Оформлення планування робіт	До 08.03.2019	
2	Оформлення технічного завдання	До 15.03.2019	
3	Проведення аналізу предметної області	До 22.03.2019	
4	Проведення структурно-функціонального моделювання процесів	До 05.04.2019	
5	Проектування моделей сцени	До 19.04.2019	
6	Проведення текстурування	До 03.05.2019	
7	Анімація сцени	До 10.05.2019	
8	Візуалізація сцени	До 17.05.2019	
9	Здача пояснювальної записки та файлів розробленого проекту	До 03.06.2019	

**Студент**

\_\_\_\_\_

(підпис)

Васюхно К.В.

**Керівник роботи**

\_\_\_\_\_

(підпис)

доц. Баранова І.В.

## РЕФЕРАТ

Тема роботи: «Візуалізація 3d моделі легкоатлетичного манежу СумДУ».

В першому розділі проводиться аналіз області 3d графіки й 3d моделювання, сфери її застосування. Виконується огляд аналогічних проектів для визначення актуальності проекту та аналіз об'єкту проектування, описання самої споруди, її історії, архітектури, вигляду.

Другий розділ включає в себе вибір інструментів реалізації проекту, опис характеристики різних програмних продуктів, виявлення кращих. Вибір методів моделювання – являє собою опис методів які застосовувалися при проектуванні моделей сцени. Також в даному розділі є короткий опис планування робіт.

В третьому розділі йдеться про проектування процесу візуалізації, тобто моделювання контекстної діаграми (IDEF0) та її декомпозицій для моделі проекту.

Четвертий розділ описує практичну частину проекту, детально зображується процес моделювання об'єктів сцени, створення, налаштування й застосування матеріалів, встановлення джерел світла, налаштування анімації, візуалізація й відео ролик огляду сцени.

Результатом проведеної роботи є сцена з 3d моделями, візуальні зображення легкоатлетичного манежу СумДУ, відео ролик з оглядом сцени проекту.

Дипломний проект містить 75 сторінок, 6 таблиць, 68 рисунків, список літератури 23 найменування, 3 додатки.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** МОДЕЛЮВАННЯ, 3D МОДЕЛЬ, ВІЗУАЛІЗАЦІЯ, ПРОЕКТУВАННЯ, АРХІТЕКТУРА, СПОРУДА, ЛЕГКОАТЛЕТИЧНИЙ МАНЕЖ СУМДУ, 3DS MAX, CORONA RENDER, ADOBE PHOTOSHOP, ADOBE PREMIER.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз області 3D моделювання.....	8
1.1 Огляд існуючих аналогів.....	8
1.2 Об'єкт проектування.....	11
2 Постановка задачі моделювання споруди.....	14
2.1 Вибір методів моделювання.....	15
2.2 Вибір інструментів реалізації.....	17
2.3 Планування робіт.....	19
3 Проектування процесу візуалізації.....	21
3.1 Структурно-функціональне моделювання процесу.....	21
4 Практична реалізація проекту.....	23
4.1 Розробка моделі.....	24
4.2 Налаштування матеріалів.....	35
4.3 Налаштування освітлення, анімація, рендер.....	44
Висновки.....	53
Список використаних джерел.....	55
Додаток А. Технічне завдання.....	58
Додаток Б. Планування робіт.....	61
Додаток В. Проектування робіт.....	73

## ВСТУП

3d моделі – незамінна частина для якісних презентацій та документів технічного характеру, також основний елемент для розроблення різноманітних прототипів виробів.

Такі візуальні моделі використовують при масових виробництвах деталей, їх прототипах або анімації. 3d моделювання застосовують в моменти, коли потрібно зобразити дизайн майбутнього інтер'єру, коли потрібний аналіз фізичних або технічних характеристик того чи іншого виробу. Зазвичай такі моделі використовуються у комп'ютерних іграх, при плануванні місцевості, в рекламі, кіно, архітектурі та взагалі в ІТ сфері [1].

Створені моделі заходять широке застосування також у інтернет-просторі для підвищення привабливості туристичних місць, можуть бути використані для 3d візуалізації, наприклад як у всесвітньо відомих картах Google Maps. Це дозволить підвищити зацікавленість місциною, можна буде детальніше оглядати її архітектурні пам'ятки та полегшить пошук потрібної користувачу споруди.

Місто Суми та Сумський державний університет зокрема не стоять осторонь цих процесів. Вони також зацікавлені у своїй популяризації, зокрема і за допомогою створення тривимірних моделей будівель кампусу університету. Тому розробка 3d моделей є актуальною задачею.

Метою даного проекту є побудова візуальної моделі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету.

Для досягнення мети необхідно виконати такі задачі:

- проаналізувати предметну область 3d моделювання, обрати засоби та методи реалізації задачі;
- створити тривимірну модель манежу та прилеглої території, провести налаштування матеріалів, текстур для надання реалістичності;
- виконати візуалізацію моделі.

Модель повинна максимально відтворювати оригінальну будівлю, її деталі. Застосовані текстури до моделі повинні відповідати оригінальним матеріалам.

Даний проект орієнтований на студентів та абітурієнтів, жителів міста та інших. Призначений для використання Сумським державним університетом моделі як реклами кафедри та зацікавлення абітурієнтів.

Практичне значення візуальної моделі – продемонструвати наглядно архітектуру, планування та зовнішній вигляд легкоатлетичного манежу СумДУ. Створену модель та її візуалізацію можна використовувати у рекламно-профорієнтаційних матеріалах, для представлення на сайті СумДУ та для популяризації університету та міста Суми.

## 1 АНАЛІЗ ОБЛАСТІ 3D МОДЕЛЮВАННЯ

На даний момент актуальним є розроблення візуальних моделей архітектурних споруд, університетів, міських будівель, історичних пам'яток і т.д. Все частіше можна спостерігати використання 3d моделей та анімації у рекламі, кінематографі, мультфільмах, іграх та віртуальній реальності.

Створені моделі заходять широке застосування також у інтернет-просторі для підвищення привабливості туристичних місць, можуть бути використані для 3d візуалізації місцевості та ландшафту, наприклад як у всесвітньо відомих картах Google Maps.

### 1.1 Огляд існуючих аналогів

При аналізі предметної області було виявлено лише декілька існуючих аналогів. Одним з таких аналогів є 3D модель Софійського собору на п'єдесталі з білого мармуру і табличками з текстом Брайля й описом об'єкту (рис. 1.1) [2].

За словами авторів статті, створено 3d модель яка відтворює Софійський собор в місті Київ, відповідно до якої буде створено макет будівлі та встановлено в місті для людей з вадами зору.

На майбутнє в планах є також відтворення 3d моделей Золотих воріт, Андріївської церкви, Михайлівського Золотоверхого собору, монументу «Батьківщина-Мати», Монументу Незалежності, церкви Святого Миколая, пам'ятника Володимиру Великому.

Ще одним аналогом даної роботи є проект, проведений студентами Вінницького національного технічного університету на замовлення Вінницької міської ради. В цьому проекті вони реалізували «Розробка тривимірних моделей для сьогодення та історичного минулого Вінниці». Розроблено історичні пам'ятки міста Вінниці. Як описано в статті, це дозволить наглядно продемонструвати архітектуру



та інфраструктуру старого й нового міста [3]. Приклад робіт наведено на рисунках 1.2 -1.3.

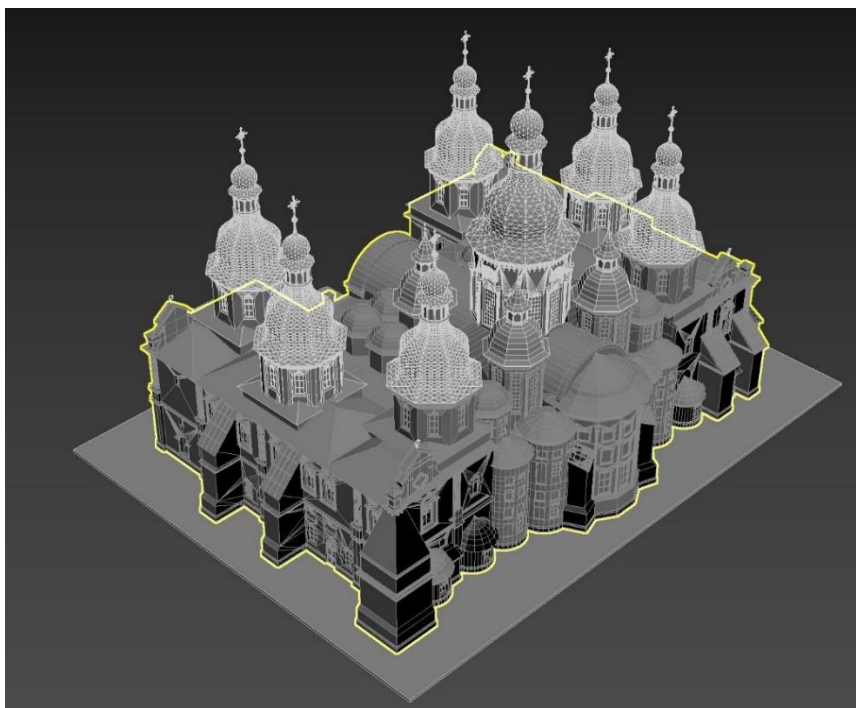


Рисунок 1.1 - Модель Софійського собору

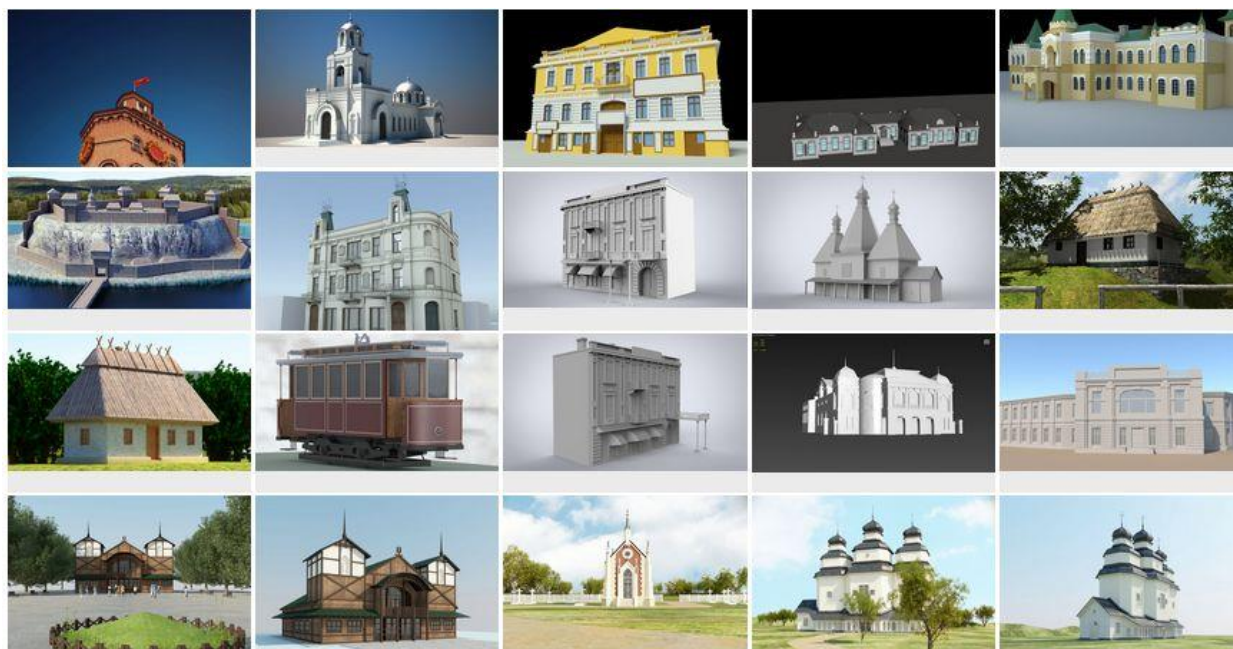


Рисунок 1.2 – 3D моделі створені для міськради м. Вінниця



Рисунок 1.3 – 3D модель міськради м. Вінниця

Також існує проект «InovEduc», в якому реалізуються 3d моделі культурних, технічних та природних пам'яток і унікального програмного забезпечення. За допомогою нього дані моделі, включаючи додатковий текст та аудіо, відображають інформацію про пам'ятки. Даний проект є цінним для користувачів, в основному спрямований на студентів, учнів, вчителів, викладачів та туристів.

Цей проект реалізовувався як інтерактивний програмний інструмент для допомоги в навчанні та викладанні. В ньому піднімаються до розгляду такі питання як: громадське суспільство, спільна історія регіонів Закарпаття та Східної Словаччини, регіональної освіти, традиційних культур, географії, особливостей релігії. Обрані для візуалізації об'єкти демонструють основні визначні пам'ятки [4].

Деякі з об'єктів наведені на рис. 1.4-1.5.



Рисунок 1.4 – 3d модель церкви Святого Миколая Чудотворця в Данилово



Рисунок 1.5 – 3d модель горянської ротонди в Ужгороді

## 1.2 Об'єкт проектування

Що стосується легкоатлетичного манежу СумДУ – він є універсальним та єдиним на всій території СНД. Спортивний комплекс, що складається з легкоатлетичного манежу та готелю «Олімпійський», був побудований в 2002 році на мальовничому березі річки Псел, недалеко від міського парку. Він є прекрасним місцем для занять спортом і відпочинку,

Легкоатлетичний манеж Сумського державного університету здатний навіть брати участь у змаганнях як українського рівня, так і міжнародного. Федерацією легкої атлетики України манежу було вручено відповідний сертифікат в грудні 2018 року. В даному сертифікаті йшла мова про те, що будівля легкоатлетичного манежу цілком відповідає всім технічним нормам та вимогам Міжнародної асоціації легкоатлетичних федерацій. Ця побудова є унікальною, оскільки існує здатність в здійсненні підготовки різних спортсменів та збірної України з легкої атлетики, під час зимового періоду. Манеж СумДУ є також базою для тренувань спортсменів Східного центру олімпійської підготовки з легкої атлетики [5].

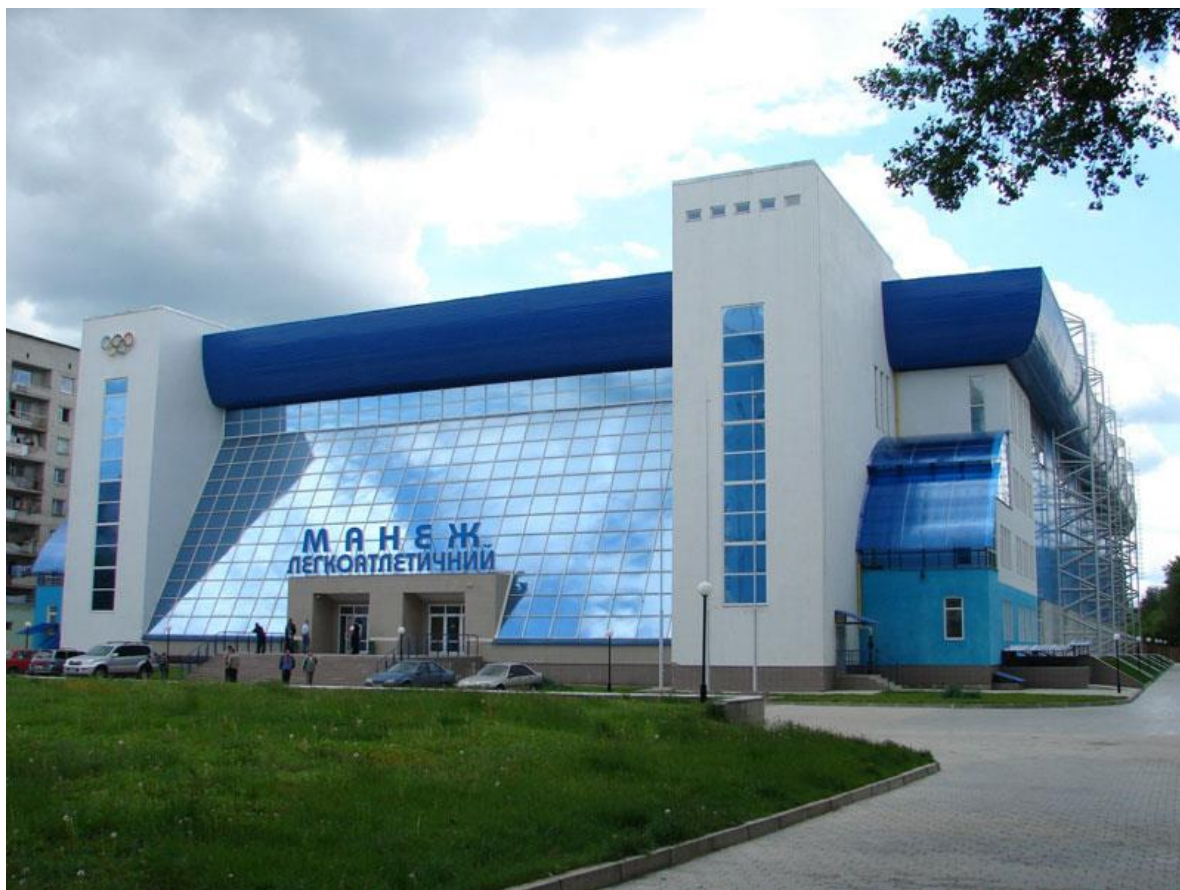


Рисунок 1.6 – Легкоатлетичний манеж

У комплексі працюють багато секцій, де можна займатися з тренером і домагатися нових успіхів, а сучасне обладнання допомагає поліпшити роботу.

Даний манеж створений й оснащений згідно світових стандартів та відповідає всім сучасним вимогам. На спортивній арені площею 5862 м<sup>2</sup> можливе розміщення тенісних кортів, волейбольного, гандбольного та футзального майданчиків або ж ігрового поля для індорхокею, є бігові доріжки. Арена складається з легкоатлетичного ядра, вкритого біговою гумою, легкоатлетичних секторів з відповідним інвентарем; ігрового паркету з необхідним ігровим інвентарем. Спостерігати за змаганнями одночасно можуть 1250 глядачів.

Також в манежі розміщений адміністративно-господарський блок, є роздягальні, душові та туалети, медпункт, зал загально-фізичної підготовки, приміщення для допінг контролю. Легкоатлетичний манеж СумДУ користується великою популярністю – тут проводять Чемпіонати України, міські та обласні змагання [6] з багатьох видів спорту та масові розважальні заходи.

На сайті манежу [7] представлено багато фотографій споруди зовні та зсередини, проте 3D модель – відсутня.

Таким чином можна зробити висновок, що моделювання та візуалізація тривимірної моделі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету є актуальним завданням, оскільки подібної моделі наразі не існує та не планується. Реалізація даного проекту продемонструє технічні навички, архітектуру даної будівлі та інфраструктуру, привабить туристів, студентів та абітурієнтів. Також робота буде цікавою для школярів, вчителів та мешканців міста Суми. Використання моделі можливе буде в найрізноманітніших сферах.

## 2 ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ МОДЕЛЮВАННЯ СПОРУДИ

Мета даної роботи полягає в побудові візуальної моделі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету. Тобто, необхідно спроектувати модель будівлі манежу СумДУ та прилеглої до неї території, застосувати та налаштувати текстури відповідно оригіналу, налаштувати освітлення та візуалізацію сцени.

Для того щоб досягнути поставленої мети необхідно виконати деякі задачі:

- Провести аналіз предметної області, аналізувати актуальність відтворення конкретної 3д моделі, для реалізації задачі обрати відповідні інструменти та методи моделювання;
- В обраному програмному продукті відтворити модель легкоатлетичного манежу Сумського державного університету, а саме провести моделювання корпусу будівлі, даху та об'єктів на ньому, каркасу та опор, прилеглої території та об'єктів, які на ній знаходяться;
- Обрати відповідно оригіналу текстури та застосувати їх до створених моделей, провести налаштування матеріалів;
- Перед проведенням візуалізації розмістити та налаштувати потрібне для сцени освітлення;
- За допомогою додатково обраного програмного продукту провести візуалізації сцени зі створеними моделями.

В результаті модель повинна максимально відповідати оригіналу легкоатлетичного манежу СумДУ.

Більш детальний опис постановки задачі описано в технічному завданні (Додаток А).

## 2.1 Вибір методів моделювання

Для проектування моделей сцени обрано декілька найпопулярніших та зручних для використання методів моделювання.

Перший метод – це полігональне моделювання, тобто конвертування примітиву в полігональний об'єкт (Editable Poly).

Полігональне моделювання – це низькорівневе моделювання за допомогою полігональної сітки, яке дозволяє візуалізувати об'єкт. Самі ж полігони являють собою клітинки сітки, плоскі ділянки, які за часту мають трикутну або ж чотирикутну форму. Полігональна сітка може налічувати в собі велику кількість полігонів [8].

Під час полігонального моделювання також можуть використовуватися і різноманітні креслення, хоча створити 3dмодель можливо лише за її описом, за своєю уявою [9]. Приклад об'єкту полігонального моделювання наведено на рис. 2.1.

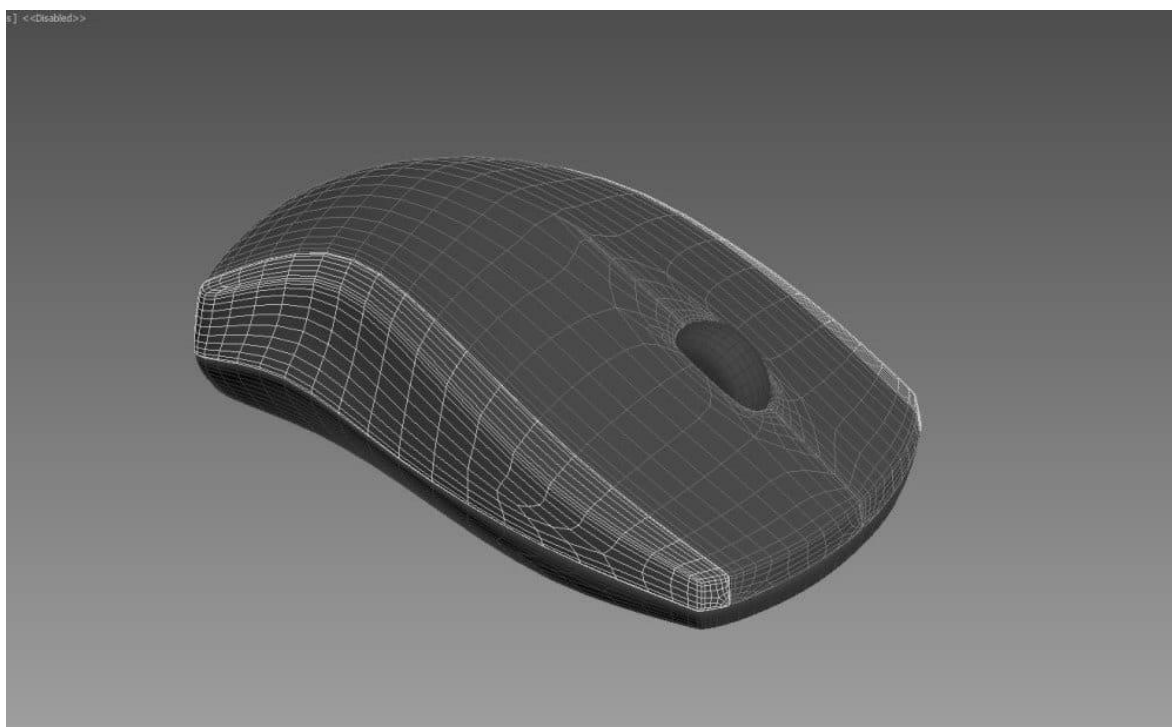


Рисунок 2.1 – Приклад полігонального моделювання

Наступний доволі зручний метод – моделювання з використанням вбудованих бібліотек стандартних параметричних об'єктів (примітивів) і модифікаторів. Даний

метод часто використовується, завдяки йому можливо створити доволі складні об'єкти буквально в два кліки. В даному методі моделювання використовуються звичайні примітиви об'єктів до яких застосовують різні модифікатори для отримання більш складної моделі.

Модифікацією називають дії, які застосовуються до об'єкту в результаті чого властивості об'єкту змінюються. Модифікатор може впливати на об'єкт, деформувавши його різними способами. Модифікатори також можуть слугувати для управління положенням текстури на об'єкті або змінювати фізичні властивості об'єкту [10]. Приклад застосування модифікаторів зображено на рисунку 2.2.

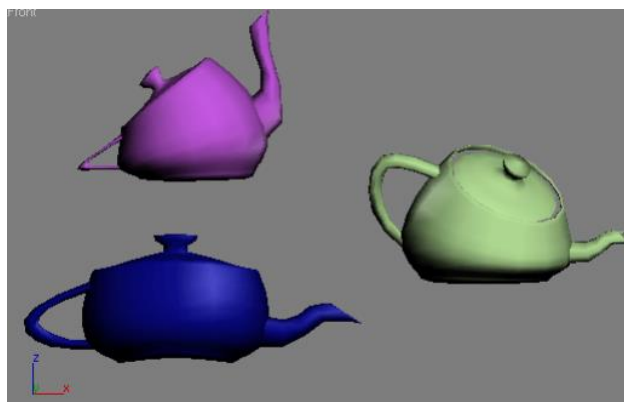


Рисунок 2.2 – Застосування модифікатора Bend до примітиву

Ще один метод, який було обрано для реалізації завдання – моделювання, в основі якого є неоднорідні раціональні B-сплайни (NURBS). Цей метод використовується для створення складних за своєю формою та виглядом об'єктів.

Технологія NURBS-моделювання в 3ds max – це технологія, яка є альтернативою створення об'єктів за допомогою сплайнів або поверхонь, якими звично користуються. NURBS-моделювання призначене для створення моделей з гладкими та плавними контурами. NURBS поверхні не складаються з сітки прямокутників, як в полігональному моделюванні. Даний метод моделювання часто використовують для створення моделей персонажів, тварин, машин та найрізноманітніших складних об'єктів які зазвичай не мають гострих граней [11]. Приклад NURBS-моделювання в 3ds max зображено на рисунку 2.3.



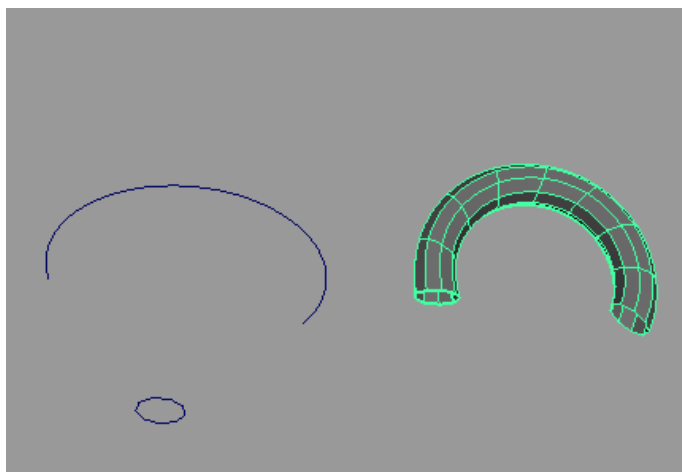


Рисунок 2.3 - Приклад NURBS-моделювання в 3ds max

## 2.2 Вибір інструментів реалізації

При виборі інструментів для реалізації завдання було розглянуто декілька найпопулярніших 3д редакторів, які працюють в ОС Windows: 3ds Max та Maya від компанії Autodesk, Blender та ZBrush.

Для початку розглянемо Autodesk 3ds Max. Дана програма призначена для тривимірного моделювання та анімації, часто використовується новачками через простоту використання, великий функціонал, велику кількість різноманітних плагінів та навчальної інформації [12].

Далі йде Autodesk Maya, дана програма розроблена та випущена тою самою компанією, що і 3ds Max. Вона також основана на тривимірному моделюванні, але використовується зазвичай професіоналами та великими компаніями для створення анімації, мультфільмів, реклами, ігор і т.д. [13].

Також однією з виділених для аналізу програм є Blender. Цей програмний продукт 3д моделювання, анімацію, також набір налаштувань для розроблення ігор. Програма має невеликий розмір (близько 50 Мб), є кросплатформною, широко функціональною [14].

Залишилася остання з перелічених програма – ZBrush. На відміну від інших 3D редакторів, ZBrush оснований на використанні лише одного методу моделювання -

так званого тривимірного ліплення. Моделювання самих об'єктів відбувається за допомогою пензлів, які надають моделі потрібної форми [15].

Для наглядного порівняння складено таблицю характеристик всіх перерахованих програм (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 - Порівняння програм 3D моделювання

№	Назва ПП	Переваги	Недоліки
1	3ds Max	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Безкоштовний</li> <li>- Працює на ОС Windows</li> <li>- Простий та зрозумілий у використанні</li> <li>- Призначений для 3д моделювання</li> <li>- Багато способів вирішення задач</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Потребує високих технічних можливостей</li> </ul>
2	Maya	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Безкоштовний</li> <li>- Працює на ОС Windows</li> <li>- Багато способів вирішення задач</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Зазвичай використовується для анімації</li> <li>- Потребує високих технічних можливостей</li> </ul>
3	Blender	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Безкоштовний</li> <li>- Працює на ОС Windows та Linux</li> <li>- Призначений для тримірного моделювання та анімації</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Взаємодіє лише з програмним продуктом V-Ray</li> <li>- Використовується для створення ігор</li> </ul>
4	ZBrush	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Багатофункціональний</li> <li>- Можливість створення високоякісного полігонального об'єкта</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Платний продукт</li> <li>- Складний у використанні</li> <li>- Призначений для моделювання персонажів</li> <li>- Потребує високих технічних можливостей</li> </ul>

Отже, після порівняння програм, визначаємо, що найбільш підходить для даної задачі програма Autodesk 3ds Max.

Крім програми для безпосередньо моделювання, необхідні засоби для отримання кінцевої візуалізації. Виходячи з того, що обрано програму 3ds Max, для

візуалізації в ній широко застосовують такі додатки, як Corona Render [16] та VRay [17]. Їх порівняльну характеристику наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 - Порівняльна характеристика програм для візуалізації

№	Назва ПП	Переваги	Недоліки
1	Corona Render	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Легкий у використанні</li> <li>– Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс</li> <li>– Безкоштовний</li> <li>– Вбудована бібліотека матеріалів</li> <li>– Висока якість рендерингу</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Рендер займає багато часу</li> <li>– Потребує високих технічних можливостей</li> </ul>
2	VRay	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Висока якість рендерингу</li> <li>– Великий вибір текстур (матеріалів)</li> <li>– Взаємодіє з багатьма альтернативними програмами</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– Складний у використанні</li> <li>– Платний продукт</li> <li>– Потребує високих технічних можливостей</li> <li>– Рендер займає багато часу</li> </ul>

Розглянувши характеристики візуалізаторів можна зробити висновок, що в даному випадку більш підходить Corona Render.

Таким чином, для реалізації поставленої мети проекту було обрано Autodesk 3ds Max 2017-2019 для проектування моделей та Corona Render – для візуалізації сцени.

### 2.3 Планування робіт

Планування проекту проводиться під час всього періоду реалізації проекту. Спочатку часто створюється неофіційний попередній план. Формальне і детальне планування проекту починається після прийняття рішення про його реалізацію.

Визначаються ключові події проекту, формуються завдання і їх взаємна залежність. Тому на даному етапі буде використовуватися системи з управління проектами, які допоможуть сформувати розробку формального плану [18].

Розробляються ієрархічні структури робіт (WBS,OBS), календарний план, використання ресурсів та формування бюджету.

Більш детальний опис планування робіт наведено у Додатку Б.

### 3 ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ

В даному розділі наводиться опис структурно-функціонального моделювання процесів. Створюється IDEF0 – системно-функціональна модель.

#### 3.1 Структурно-функціональне моделювання процесу

При структурно функціональному моделюванні використовується методологія SADT – це сукупність різних методів, процедур та правил, які призначені для створення функціональних моделей об'єкту якої-небудь області. Дана функціональна модель відображає функціональну структуру об'єкту, іншими словами дії та зв'язки між діями.

В результаті використання SADT-методології є модель, що складається з діаграм, елементів текстів та глосарій, що мають посилання один на одного.

SADT-модель являють собою сукупність діаграм з відповідними супровідними документами, які розділяють складний об'єкт на частини, що мають вигляд блоків. Кожна детальна діаграма являє собою декомпозицією блоку загальної діаграми.

В таблиці додатку В.1 наведено глосарій для блоків, в таблиці В.2 наведено глосарій для стрілок структурно-функціональної моделі IDEF0. На рисунку 3.1 наведено контекстну діаграму та на рисунку 3.2 перший рівень декомпозиції, а у додатку В - декомпозиція другого рівня (рис. В.1).

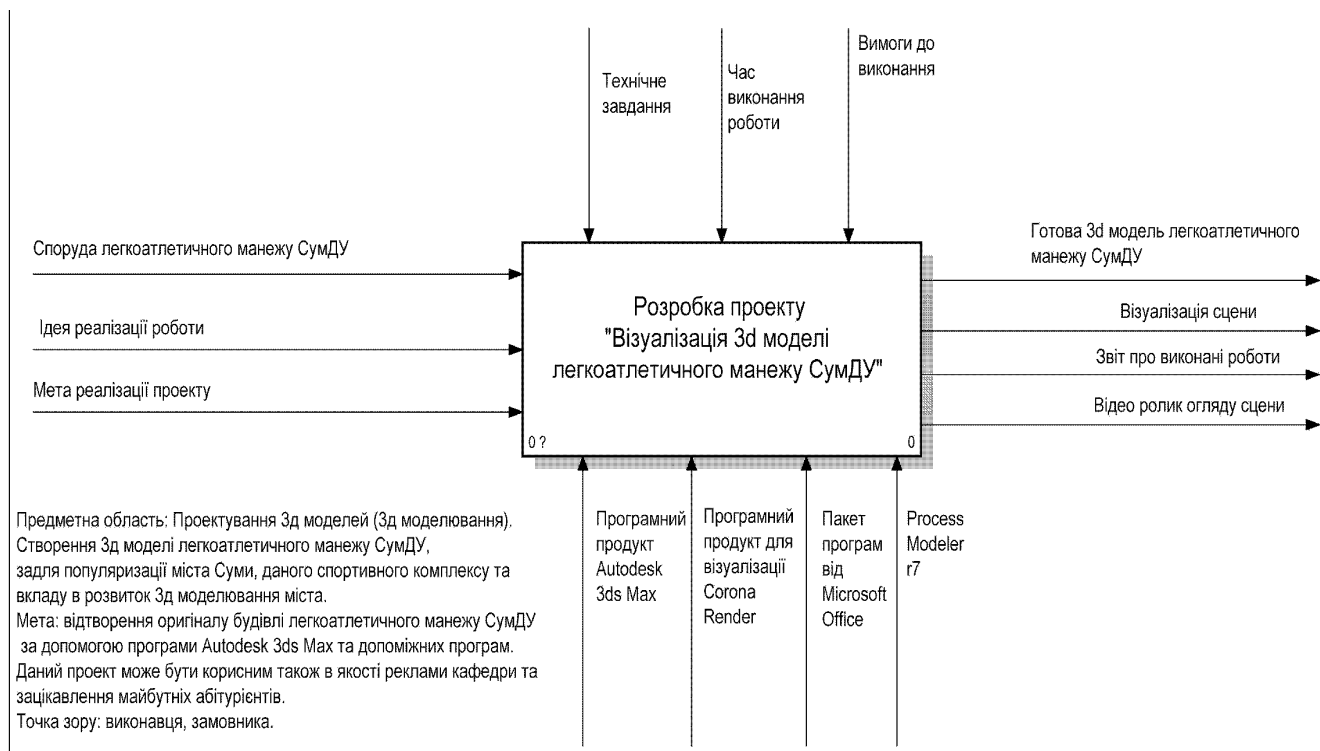


Рисунок 3.1 – Перший блок «Візуалізація 3D моделі легкоатлетичного манежу СумДУ»

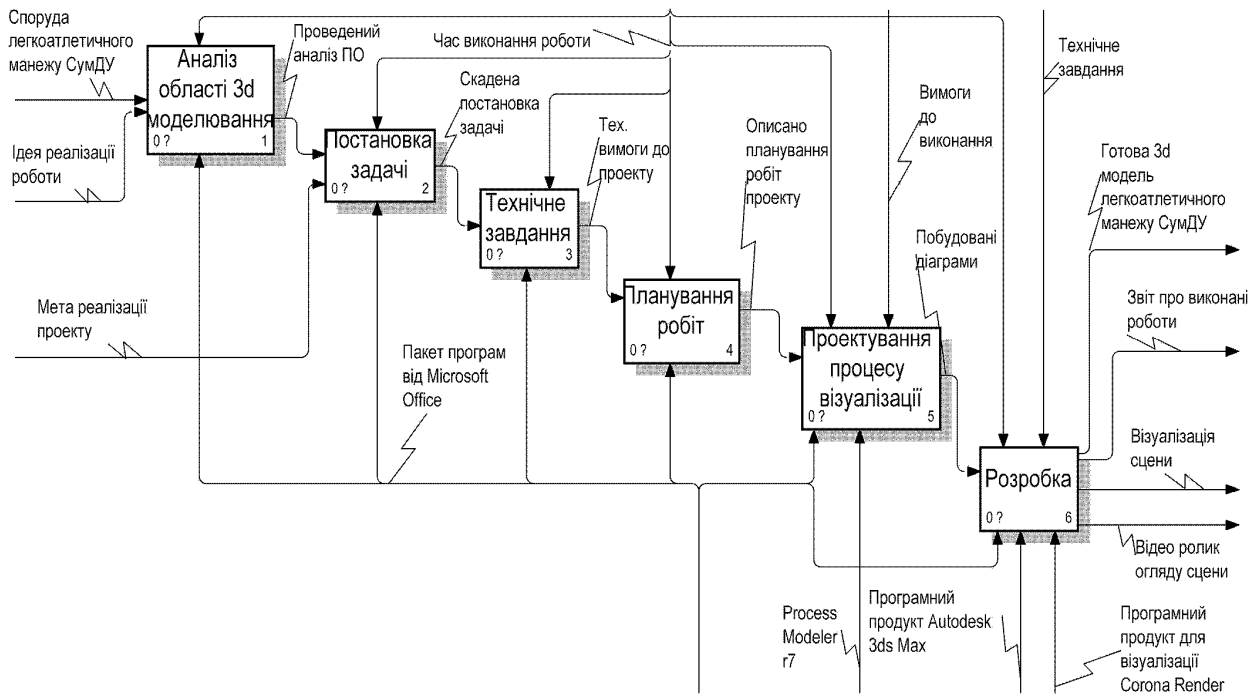


Рисунок 3.2 – Перший рівень декомпозиції

## 4 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ПРОЕКТУ

Практична реалізація роботи виконувалася поетапно (рис.4.1).

Першим етапом для реалізації є розробка моделі – створюється каркас будівлі, додаються її елементи, такі як: опори, колони, вінка, сходи, двері, елементи на даху будівлі, перила, балкони, вивіски і т.д. Далі розробляються елементи оточуючого середовища, встановлюються дерева та кущі. Налаштовується текстура для HDRI карти – навколишнього середовища. Для того щоб отримана сцена виглядала згідно з оригіналом, створюються матеріали та відповідно карти матеріалів. Після налаштування текстур, створюються ключові кадри для анімації сцени, шляхом маніпуляцій з встановленою на сцені камерою.

Коли всі етапи реалізовано, проводиться кінцева візуалізація сцени та її анімації в програмі Corona Render. В цій програмі також, за необхідністю, можна додатково змінювати та корегувати налаштування освітлення сцени. Монтується відео ролик Adobe Premier.



Рисунок 4.1 – Етапи виконання роботи

При моделюванні сцени й моделі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету використовувався програмний продукт 3ds Max, в якому відтворені всі елементи сцени.

#### 4.1 Розробка моделі

Розробка моделі відбувалася поетапно. Для початку створено Вох, який надалі буде стінами будівлі. Здійснено моделювання головного входу до манежу, для цього теж використано примітив Вох, який далі конвертовано в EditPoly та створено потрібну фігуру (рис. 4.2).

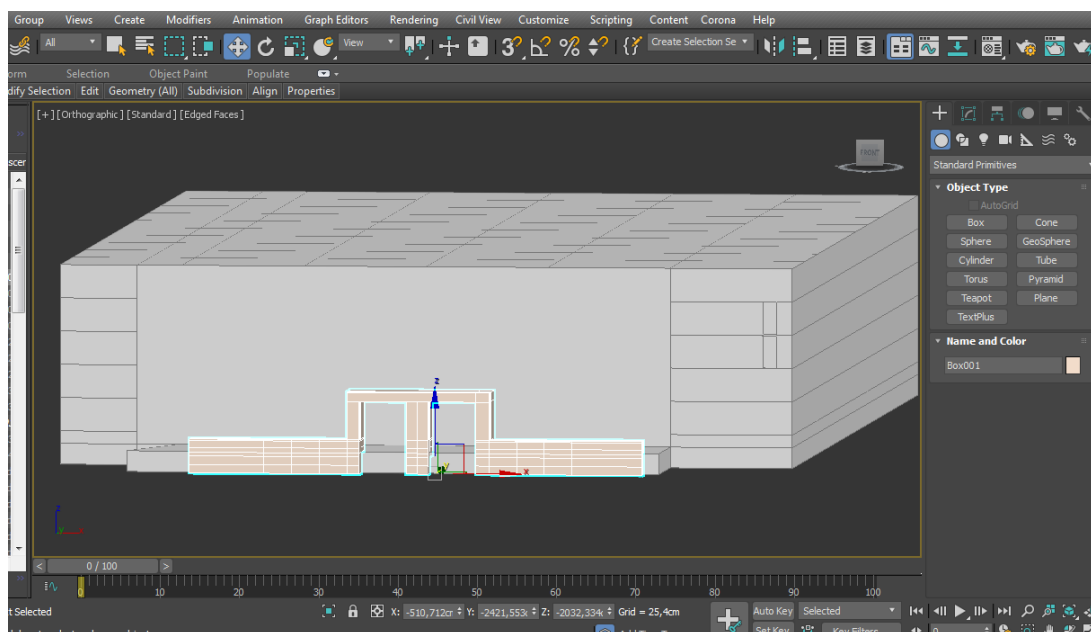


Рисунок 4.2 – Моделювання стін, фундаменту й головного входу

Таким самим чином створено і вхідні двері. Сходи модельовані стандартним об'єктом Straight Stair. Перила створено методом Spline моделювання, тобто за допомогою ліній (сплайнів) (рис. 4.3).



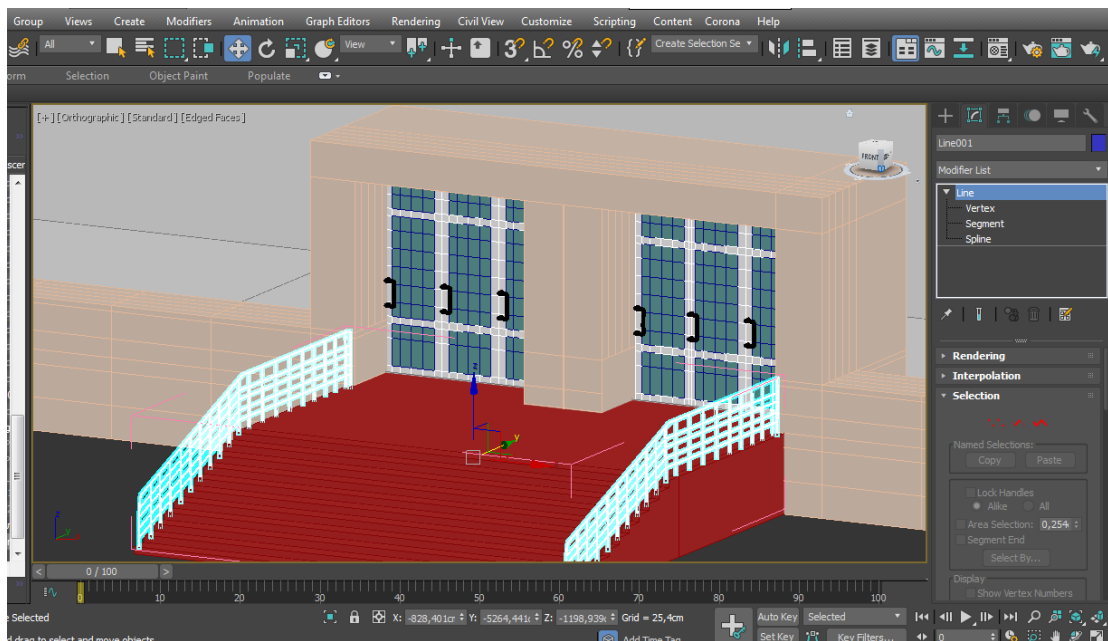


Рисунок 4.3 – Моделювання перил

Далі розроблено колони. Вони створені з Box об'єкту та конвертовані в EditPoly. За допомогою команди Extrude їм надано необхідного вигляду, даною командою зроблені стінки зверху колони. Елементом Plane створено вікна, олімпійські кільця створено об'єктами Circle (рис. 4.4).

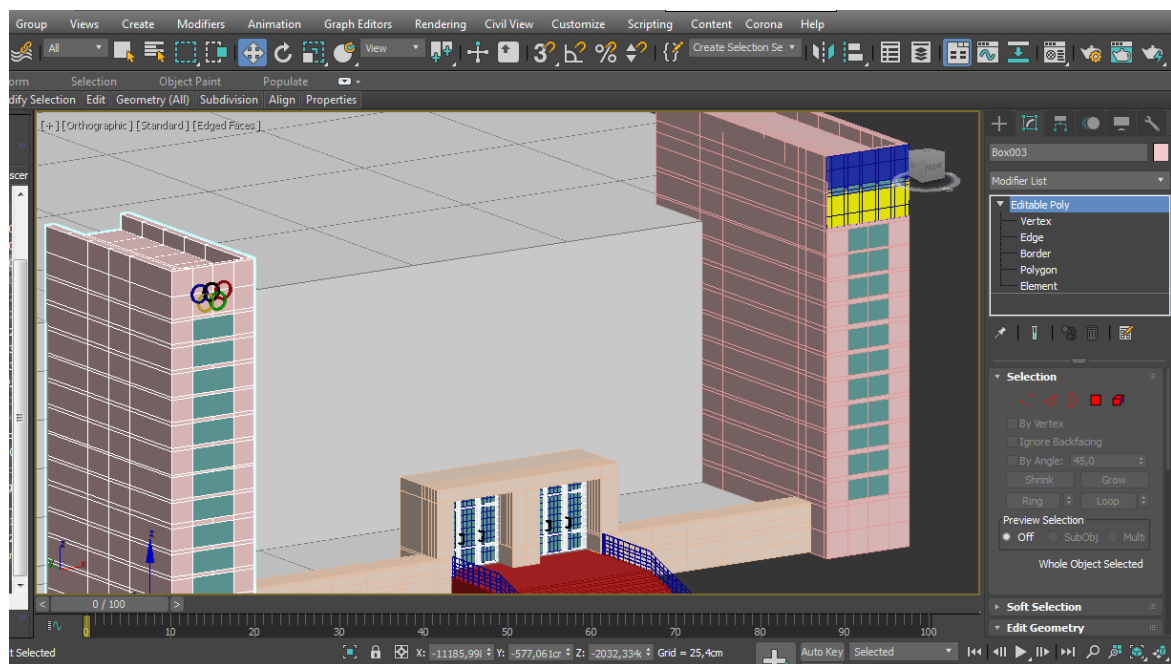


Рисунок 4.4 – Моделювання колон

Вікна які розміщені при вході в споруду створювалися з примітиву Вох, також конвертовано в Edit Poly для надання потрібного вигляду та форми. Створено сітку елементом Line (рис. 4.5).

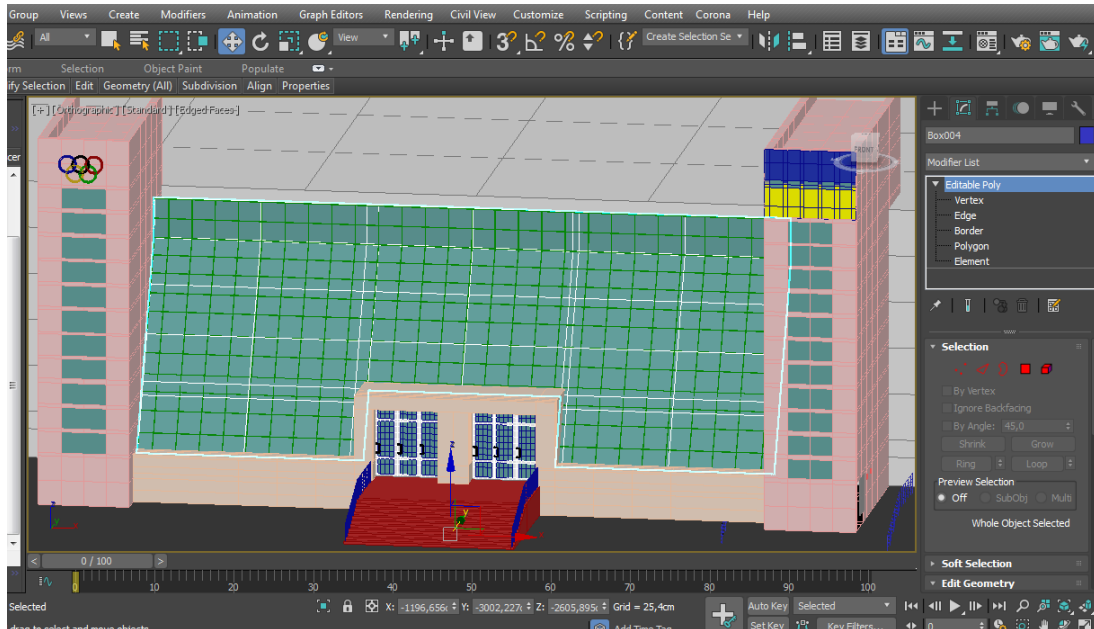


Рисунок 4.5 – Моделювання вікон при вході

Створено горище з виходом на дах та елемент даху, який будувався зі сплайнів, до яких потім застосовувалася команда Extrude (рис. 4.6).

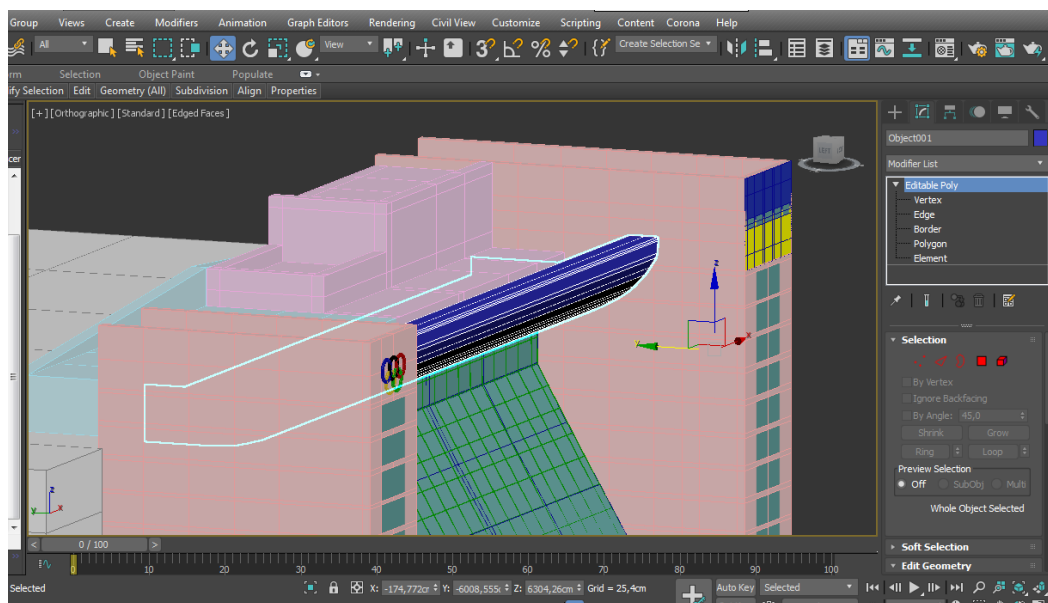


Рисунок 4.6 – Моделювання елементів даху

На сцені присутні стенди для розміщення зображень знаменитих спортсменів та описом їх досягнень. Вони теж створені методом полігонального моделювання з декількох примітивів ChamferBox. Приклад наведено на рисунку 4.7.

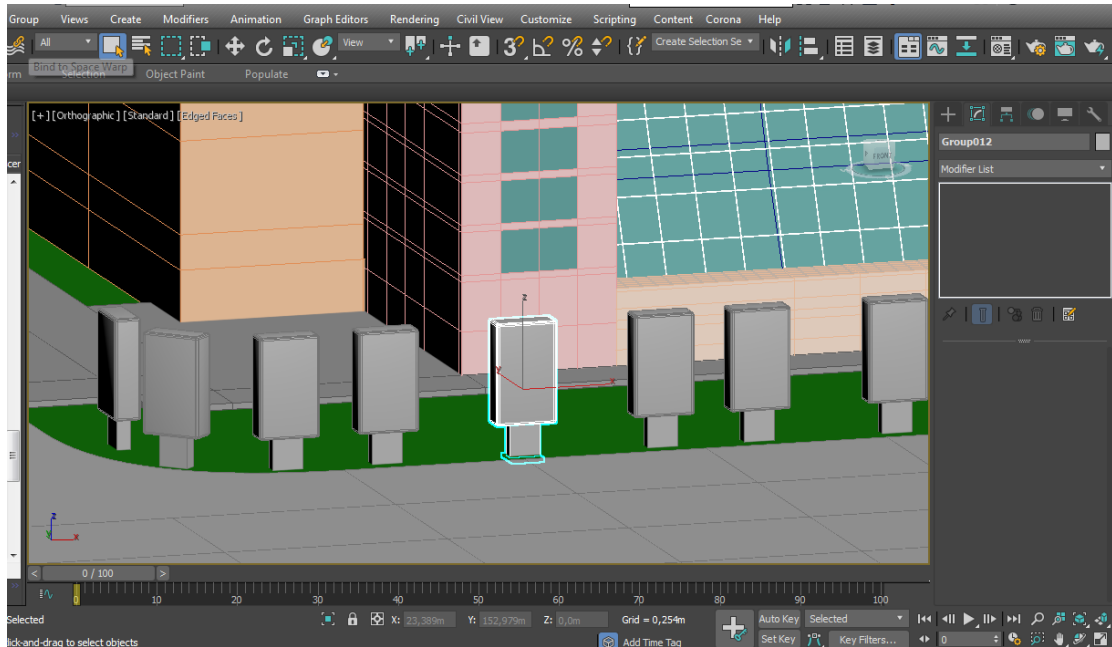


Рисунок 4.7 – Створення стендів

Наступним етапом розроблено моделі для даху будівлі й покриття. Приклад на рисунку 4.8.

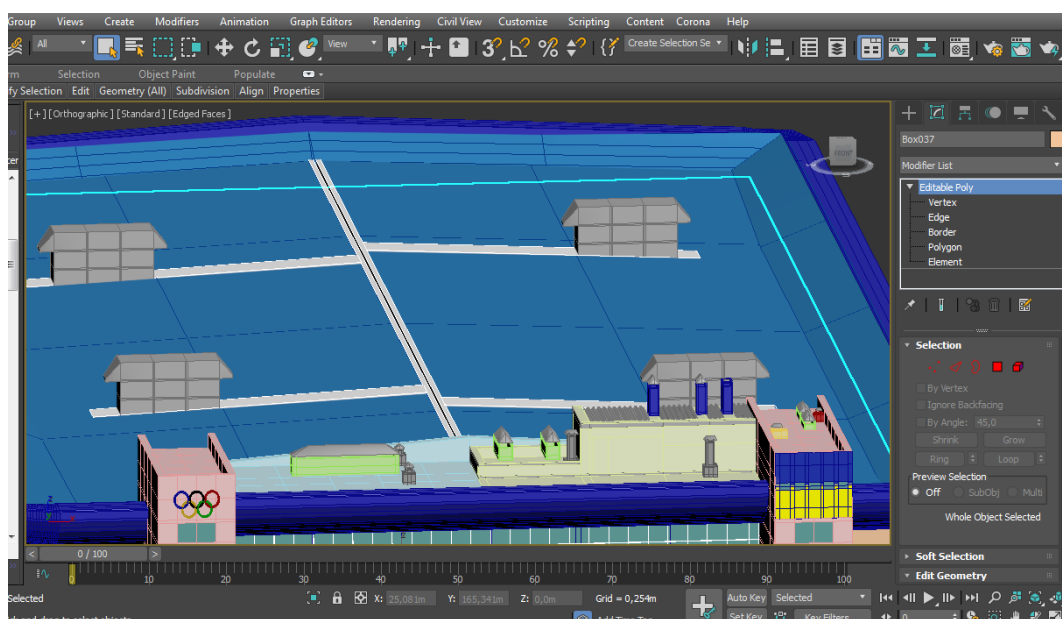


Рисунок 4.8 – Моделювання даху

Площину Plane створено для імітації ділянки землі на якій розміщений манеж. Елементами Box створено тротуари та доріжки (рис. 4.9).

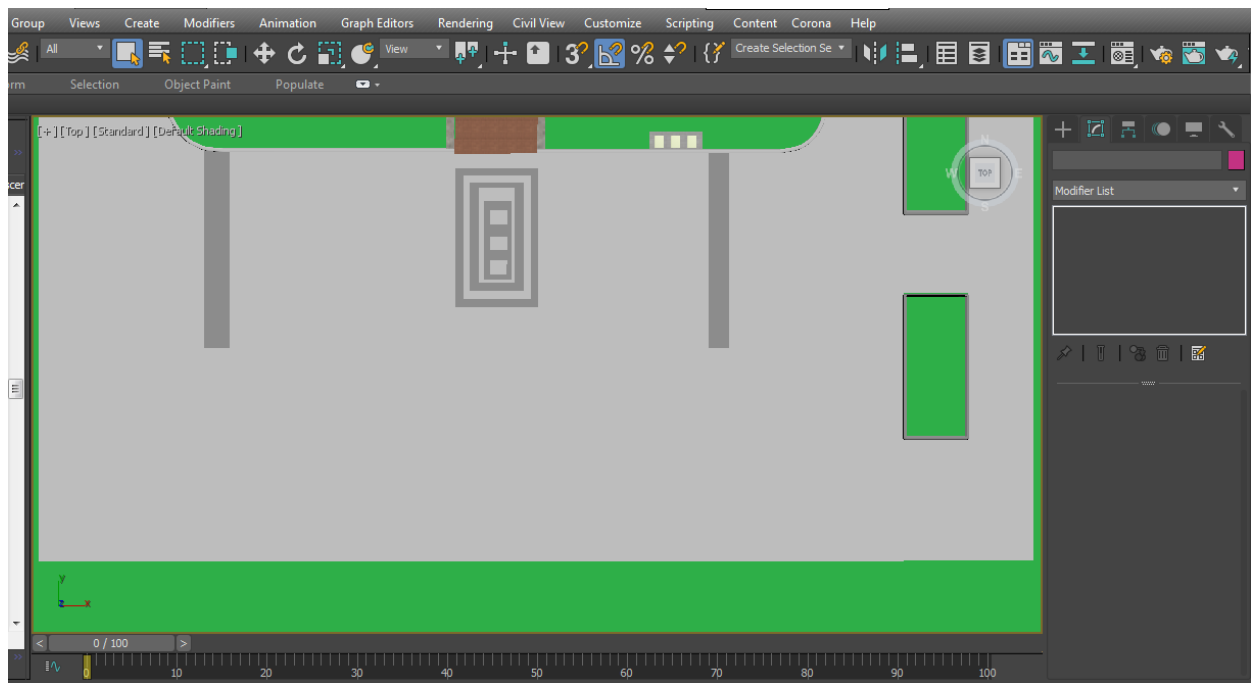


Рисунок 4.9 – Створення доріжок та тротуарів

Для споруди проведено моделювання металевих опор з об'єктів-примітивів Cylinder та Box, до деяких елементів застосовано модифікатор Bend для того щоб його зігнути півколом (рис. 4.10).

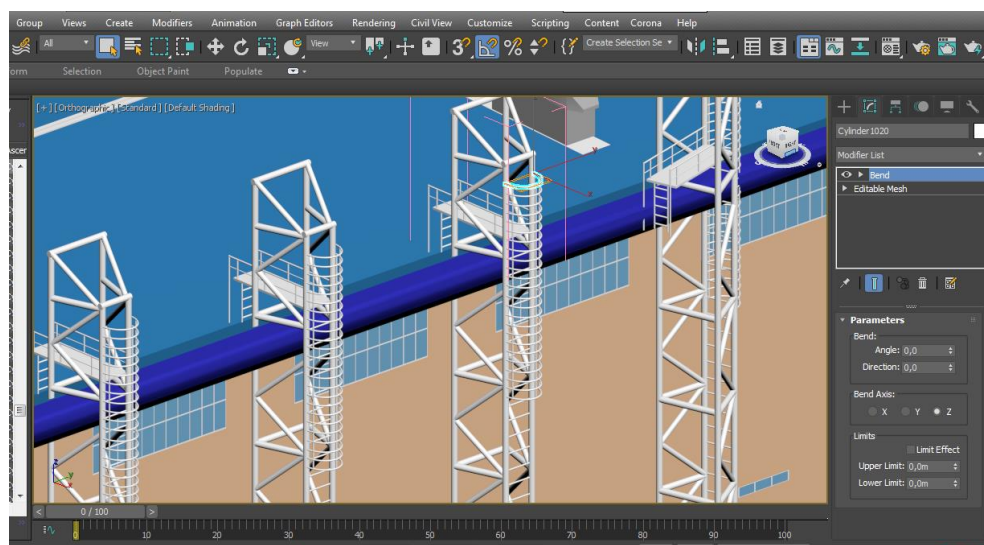


Рисунок 4.10 – Моделювання металевих опор

Такими ж примітивами створено вуличні ліхтарі (рис. 4.11). Їх створено з Sphere та Cylinder з застосуванням модифікатору Bevel, зібрано всі деталі та об'єднано в єдину групу.

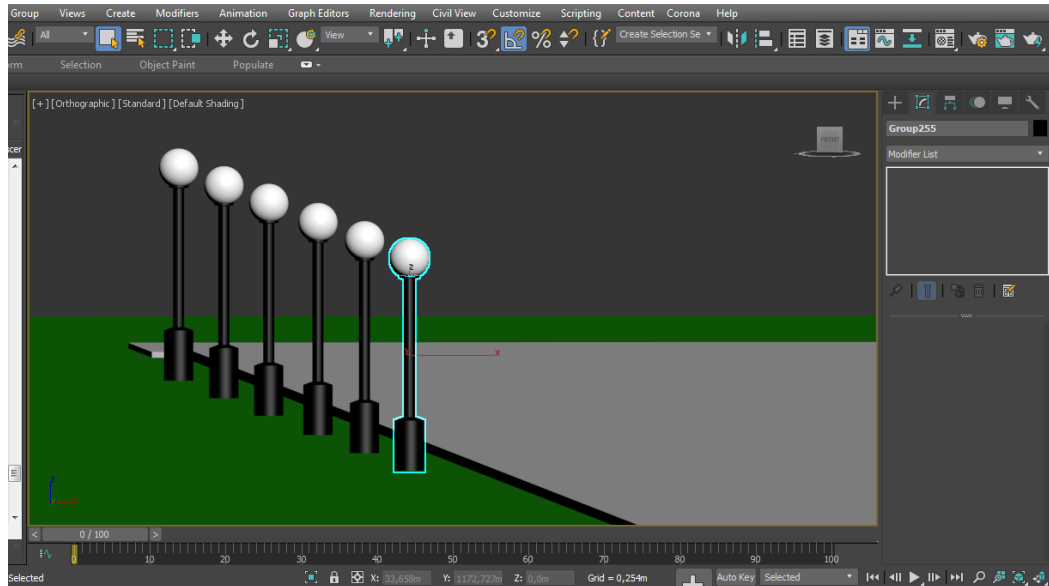


Рисунок 4.11 – Встановлення вуличних ліхтарів

Для вікон використовувалися такі примітиви як Box, що слугує віконною рамою, та Plane – скло (рис. 4.12).

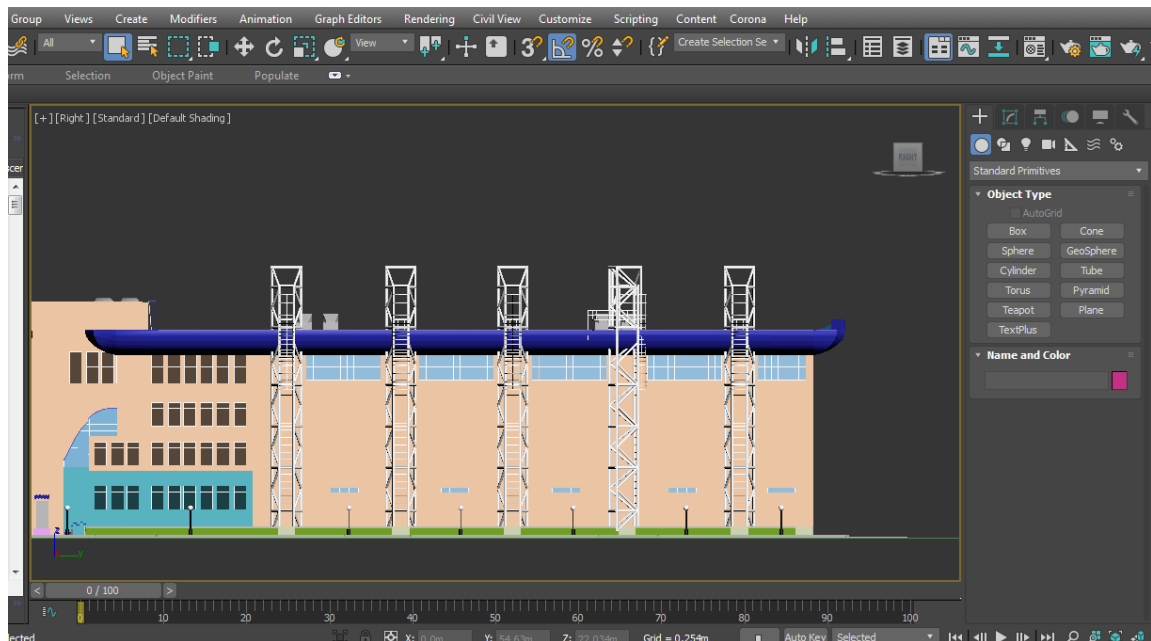


Рисунок 4.12 – Вікна будівлі

Додатковий вхід, що знаходиться з лівого боку будівлі, створено, як і вікна, з Vox та Plane, з використанням Line для сплайн-моделювання дверних ручок та перил. Сходи – це стандартний об’єкт Straight Stair (рис. 4.12).

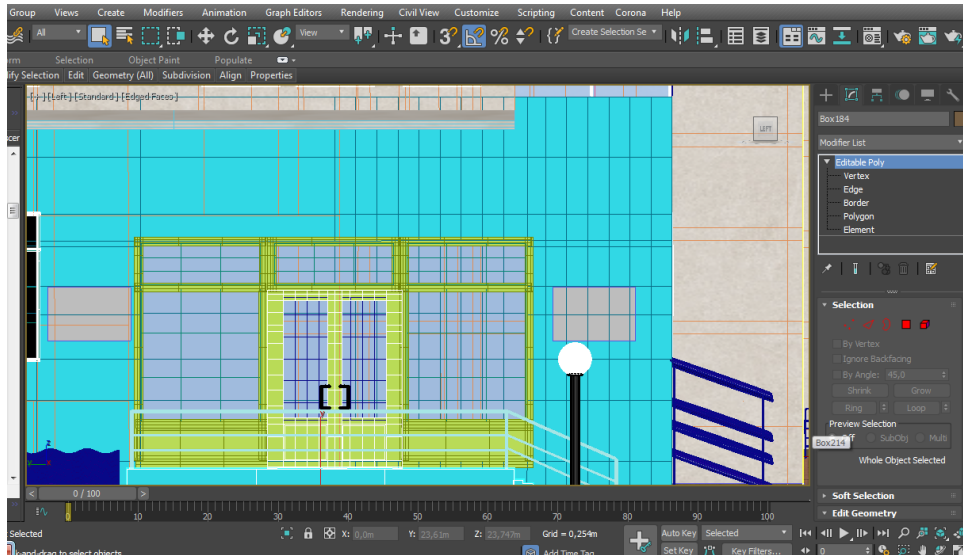


Рисунок 4.13 – Зображення першого входу

Аналогічно проведено моделювання службового входу з накриттям, що складається з декількох елементів Vox, до одного з них застосовано модифікатор Wave (хвиля) для надання об’єкту хвилястого вигляду. Двері модельовано методом полігонального моделювання. Приклад на рис. 4.14.

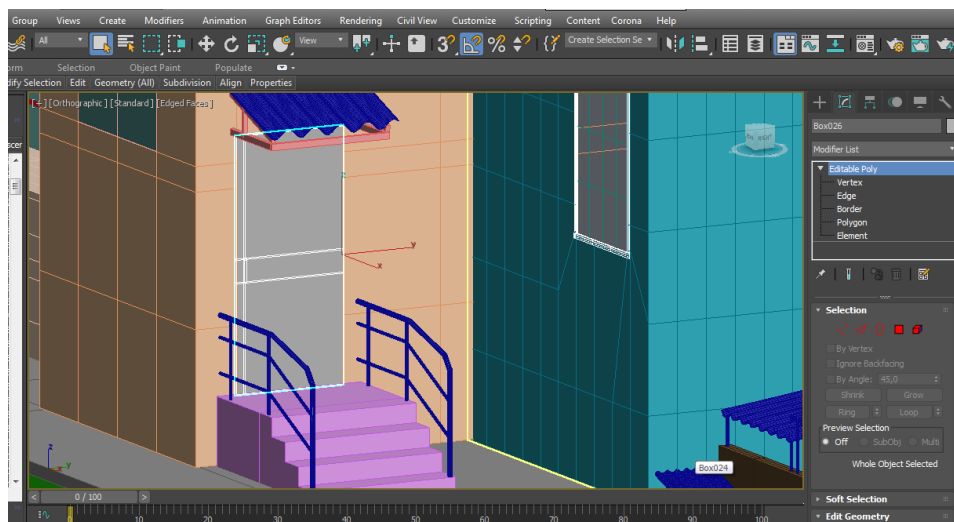


Рисунок 4.14 – Службовий вхід

Циліндрами створено флагштоки, до них застосовано команду Bevel, що дозволяє, як і Extrude, витягувати по заданій осі елемент, але він відрізняється тим, що елемент можна ще й зменшити в розмірі. Для флагштоків створено три прапори з примітивів Plane. Модифікатором Cloth та об'єктом Wind створено імітацію прапора, що розвивається на вітрі. Потім при завершенні моделювання прапора застосовано модифікатор TurboSmooth для згладжування поверхні. Попереднє зображення прапорів на флагштоках на рис. 4.15.

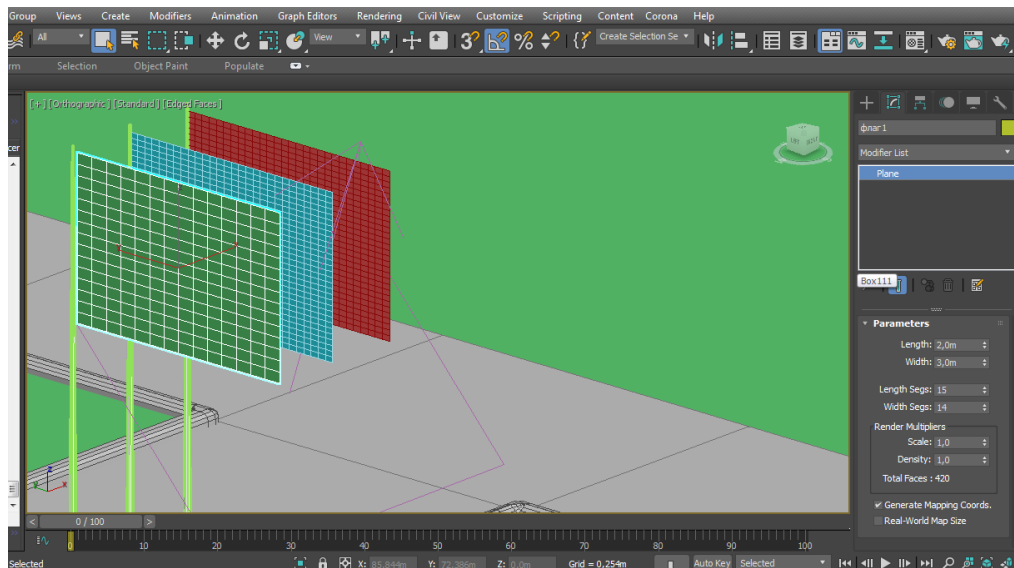


Рисунок 4.15 – Моделювання прапорів з флагштоками

Зображення прапорів з застосованими модифікаторами наведено на рис. 4.16.

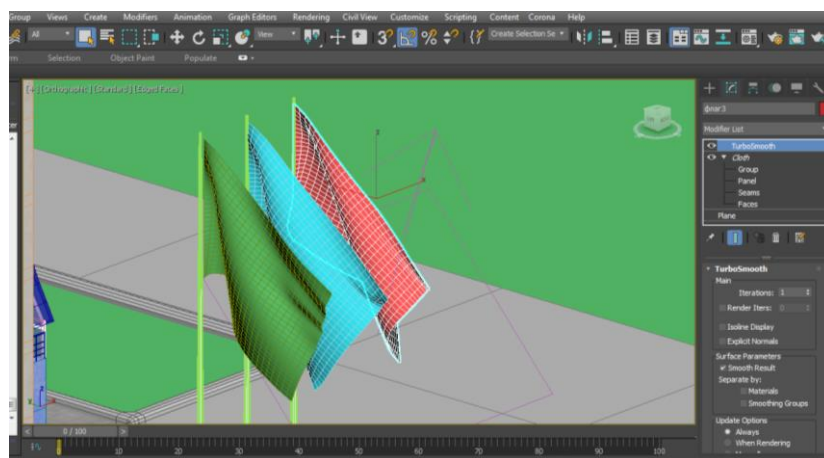


Рисунок 4.16 – Моделювання прапорів з застосованими модифікаторами

TextPlus слугує як елемент для створення літер вивіски з назвою закладу «Манеж легкоатлетичний». TextPlus являє собою об'ємний текст, що за допомогою параметрів має змогу змінити шрифт, ширину, висоту, розмір та параметр витягування фігури. Для даного тексту використовувався додатковий безкоштовний шрифт BauhausC Heavy, що має найбільш схожий з оригіналом вигляд. Також для підтримки вивіски використані опори, що модельовані з використанням примітиву Cylinder та методу полігонального моделювання. Вигляд тексту вивіски з опорами зображено на рис. 4.17.

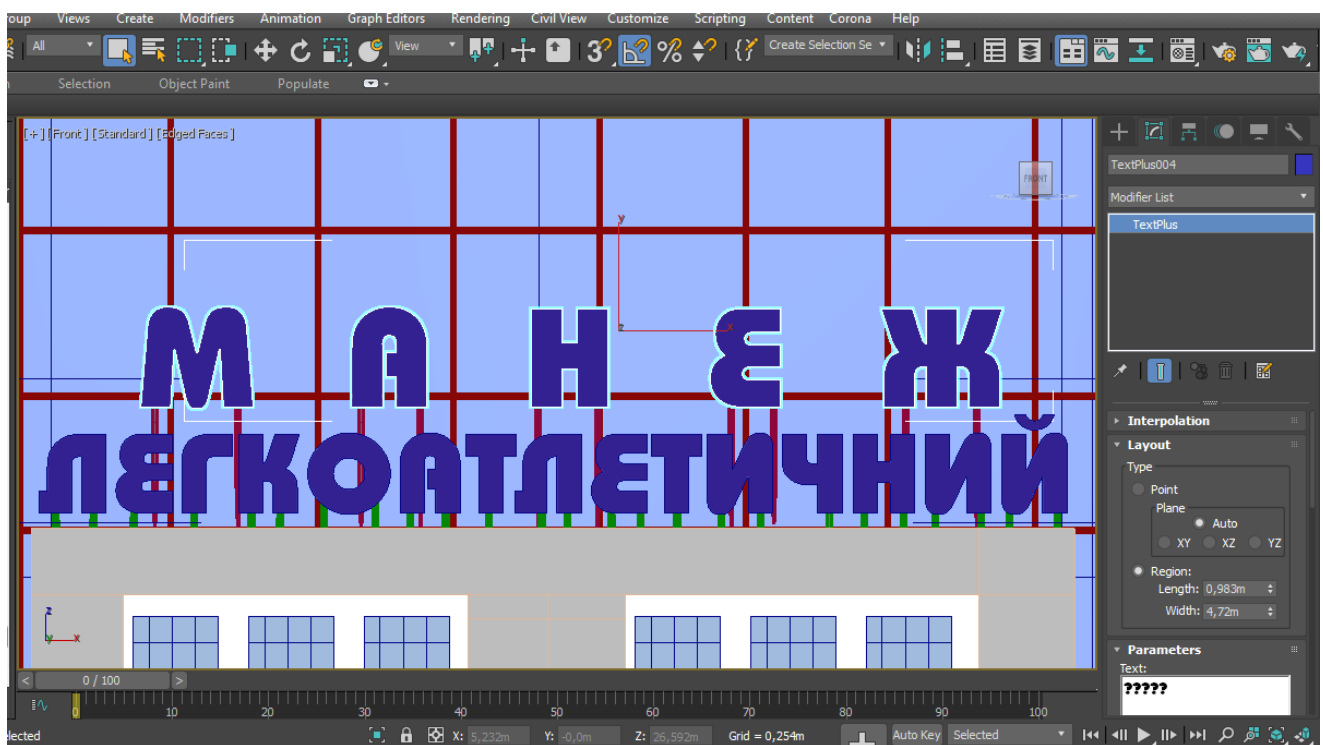


Рисунок 4.17 – Вивіска з назвою закладу

Накриття біля додаткового входу та службового виконані з примітивів Box та використанням методу сплайнового моделювання та моделювання з використанням вбудованих бібліотек стандартних параметричних об'єктів (примітивів) і модифікаторів. Використаний модифікатор Wave для надання об'єктам хвилястого вигляду, з Box також зроблено невеликі огороження. Вигляд даних елементів сцени наведено на рис. 4.18.



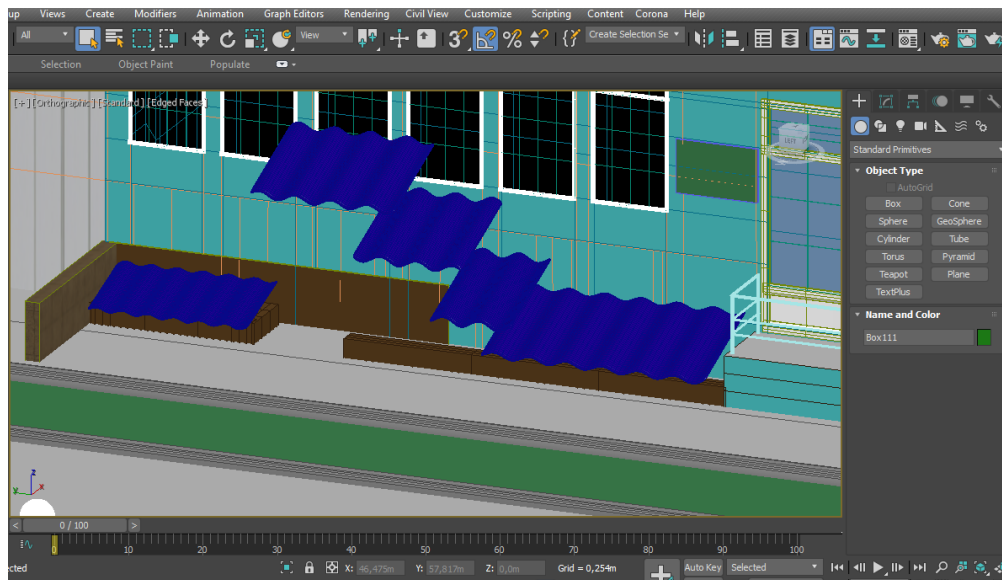


Рисунок 4.18 – Моделювання накриття

По обидва боки легкоатлетичного манежу розміщені невеликі прибудови, зверху яких скляні стіни й напівпрозорі стелі з огороженнями. Скляні стіни виконано, як і вікна, з площини Plane та Box, огороження виконано сплайн моделюванням елементами Line.

Стеля виконана з Box з застосуванням методу моделювання примітивами з використанням модифікаторів. В цьому випадку використаний модифікатор Bend, як раніше вже описано, він надає можливість зігнути примітив по заданій осі. На рис. 4.19 приведено вигляд даних елементів.

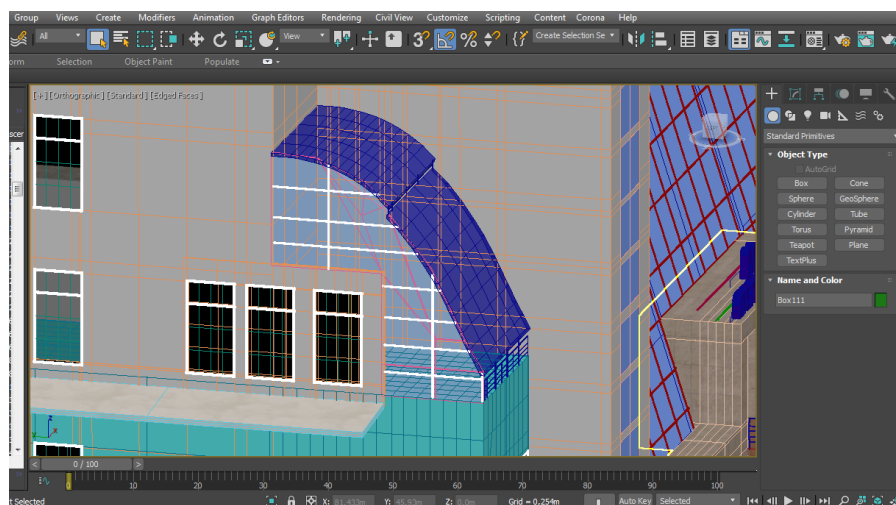


Рисунок 4.19 – Моделювання бічних прибудов

Для надання сцені більш реалістичного вигляду проведено озеленіння ділянок навколо манежу. Для цього використаний об'єкт «трава» (рис. 4.20).

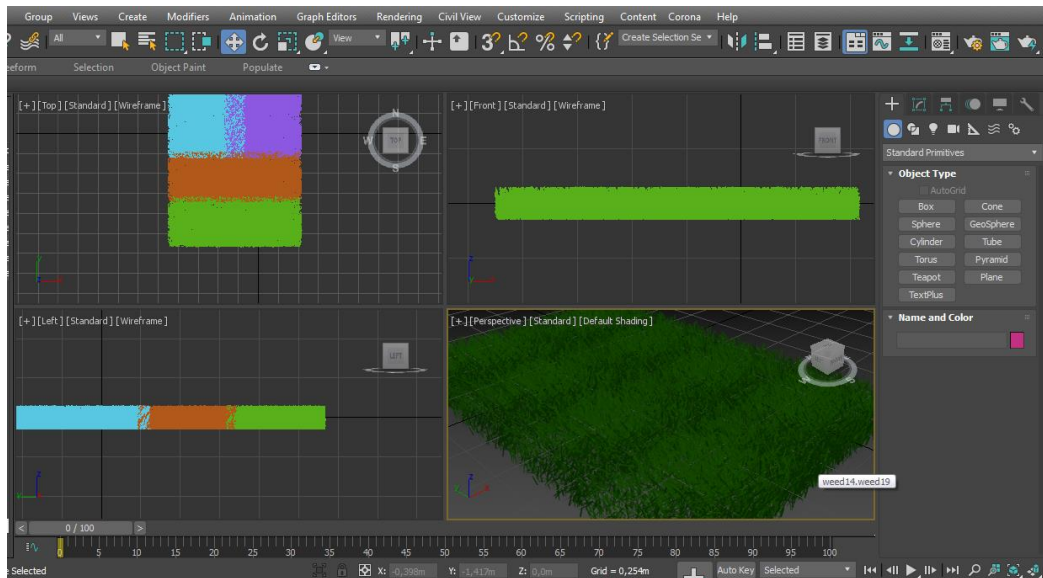


Рисунок 4.20 – Трава для озеленіння сцени

Для розміщення трави по всій вільній від бруківки території застосовано стандартний елемент від Corona Render - Corona Scatter. Елемент Corona Scatter (CS) дозволяє випадковим чином розміщувати по заданому об'єкту траву або ж різноманітні задані об'єкти. В параметрах CS можна встановлювати потрібне число розміщених об'єктів, відсоток видимих на сцені об'єктів, їх розміри і так далі. CS з розміщеною травою зображено на рис. 4.21.

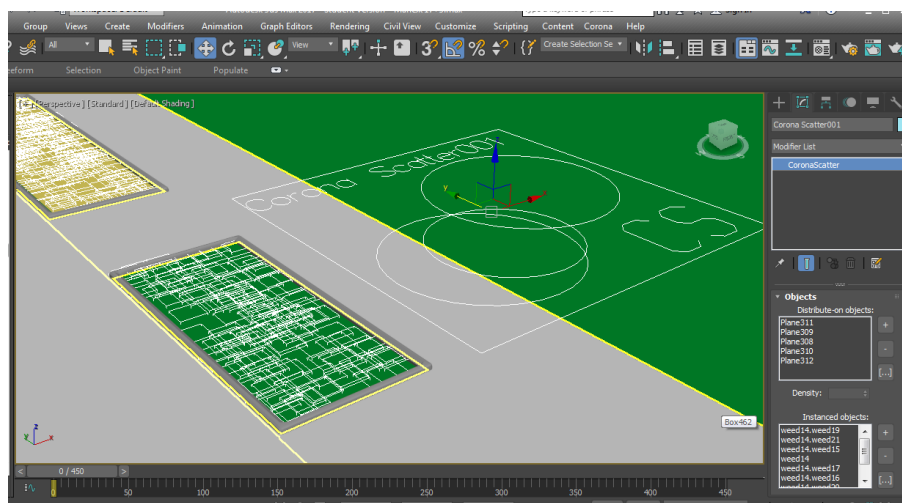


Рисунок 4.21 - CS з розміщеною травою

Також для озеленіння використано стандартні дерева та рослини з вкладки Geometry / AEC Extended / Foliage, що розміщено в сцені. Встановлено такі дерева: Japanese Flowering Cherry, American Elm Blue Spruce, Banyan tree. В параметрах рослин скореговано їх розміри, кількість листя, вигляд на сцені та інше. Деревя, встановлені на сцені, зображено на рис. 4.22.

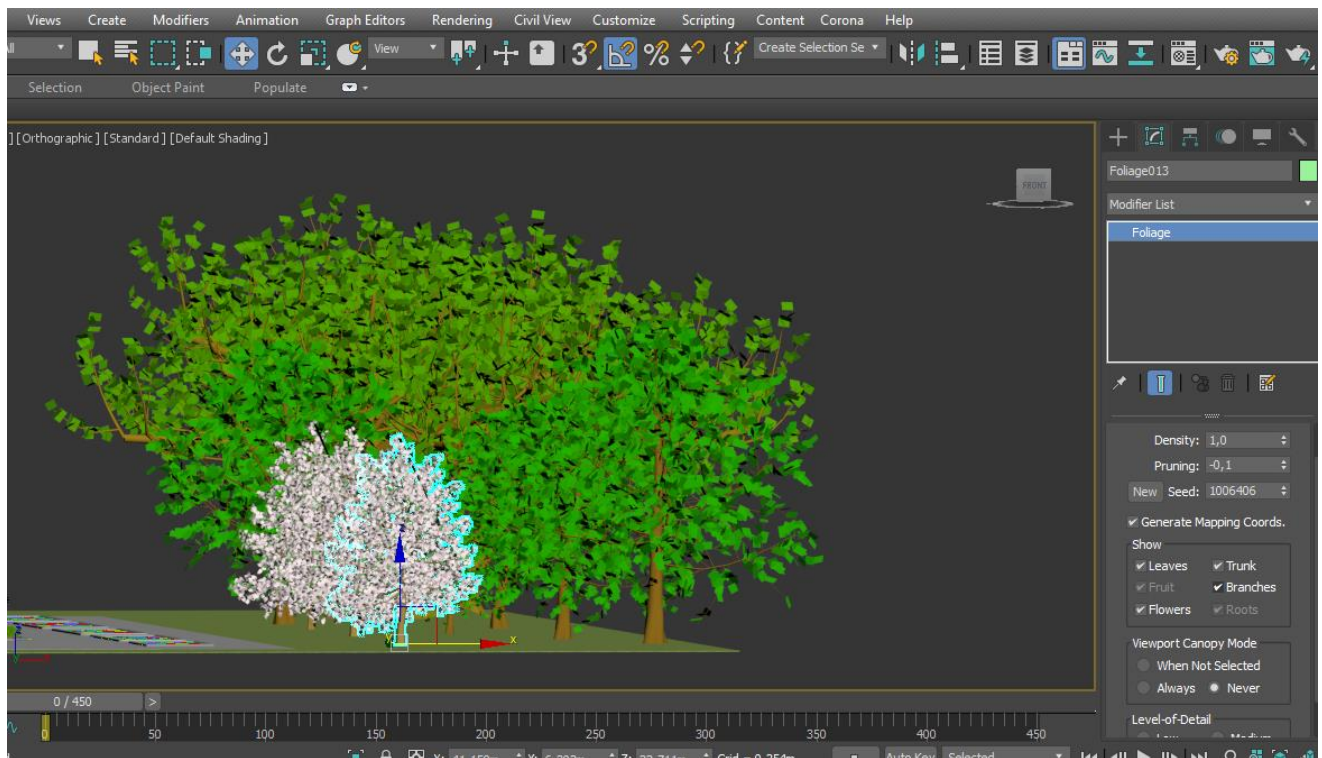


Рисунок 4.22 – Сцена з деревами

## 4.2 Налаштування матеріалів

Наступним етапом після моделювання об'єктів сцени йде один з найголовніших – налаштування й призначення матеріалів. На цьому етапі використовувалися слоти редактора матеріалів Compact Material та Slate Material Editor.

Для матеріалу рослин був створений складений матеріал Multi\_Sub-objects, в окремі канали якого додані матеріали для відповідних частин рослини – листя, кори, маски для листя. Матеріал для рослин зображений на рис. 4.23.

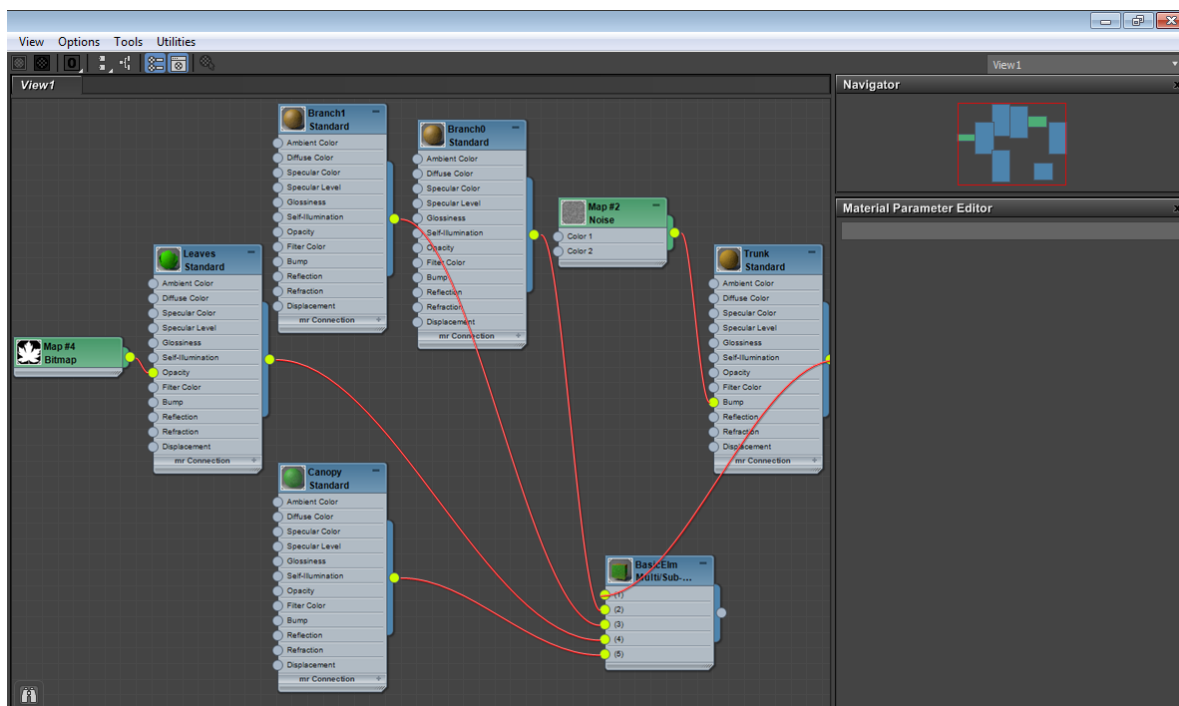


Рисунок 4.23 – Налаштування матеріалу для рослин

Для стін будівлі застосована текстура, яка додана через канал Bitmap, попередньо скорегована в програмі Adobe Photoshop для надання потрібного кольору (рис. 4.24). Така ж текстура призначена стінам бокових прибудов будівлі, але заздалегідь оброблена в Adobe Photoshop та змінений її колір.

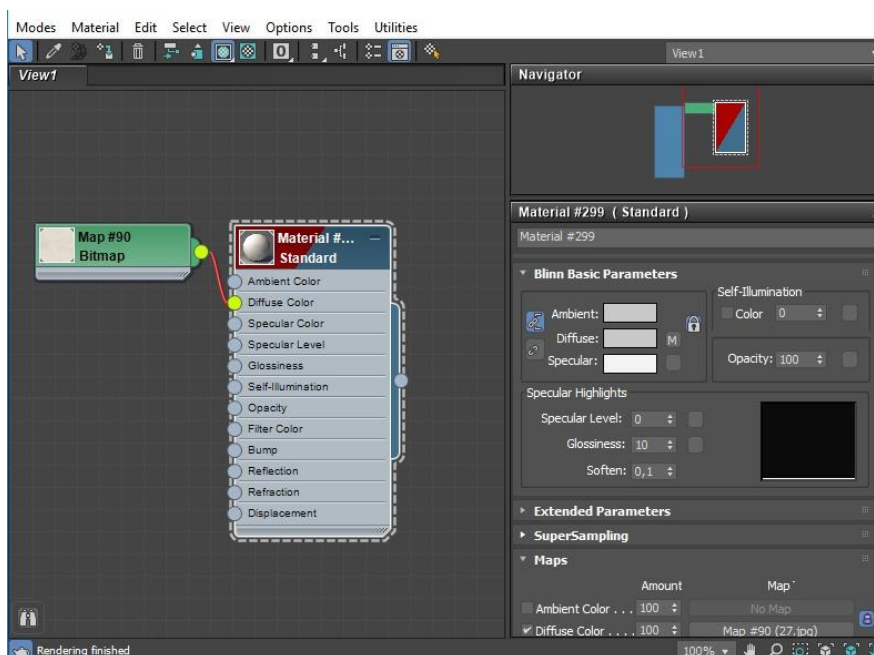


Рисунок 4.24 – Текстура для стін

Для розміщених на сцені навколо манежу інформативних стендів попередньо було зроблено фотознімки оригінальних стендів, які надалі оброблено в програмі Adobe Photoshop.

За допомогою інструменту «Кадрування перспективи» фотографії обрізано до зображень стендів, у вкладці «Корегування» налаштовано яскравість та контраст зображення, щоб на зображенні тексти можливо було прочитати.

Надалі зображення збережено в форматі .psd для можливості редагування та .jpg для призначення сцені. Одне зі створених зображень для стендів наведено на рисунку 4.25.



Рисунок 4.25 – Створене зображення для стендів

Після текстура призначається об'єкту через карту Вітмар та за допомогою модифікатора UVW Мар налаштовується її розміщення. Налаштування текстури на рис. 4.26.

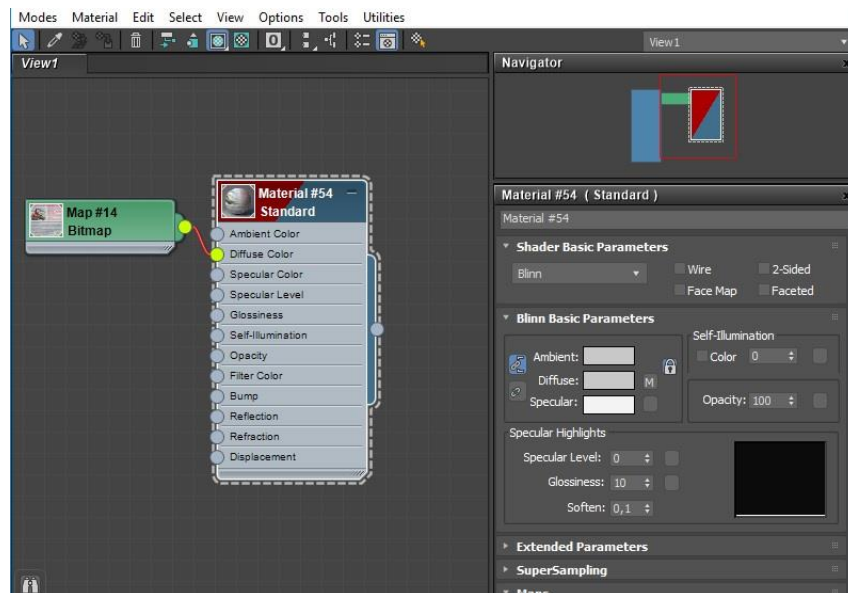


Рисунок 4.26 – Налаштування текстури для стендів

Для одного з елементів даху налаштована текстура, що складається одночасно з двох. Тобто знайдені необхідні матеріали, за допомогою програми Adobe Photoshop об'єднані в одну та збережені в форматі .jpg. Через карту Bitmap додані до сцени та призначені об'єкту. Модифікатором UVW Map налаштовано її розміщення. Налаштування текстури рис. 4.27.

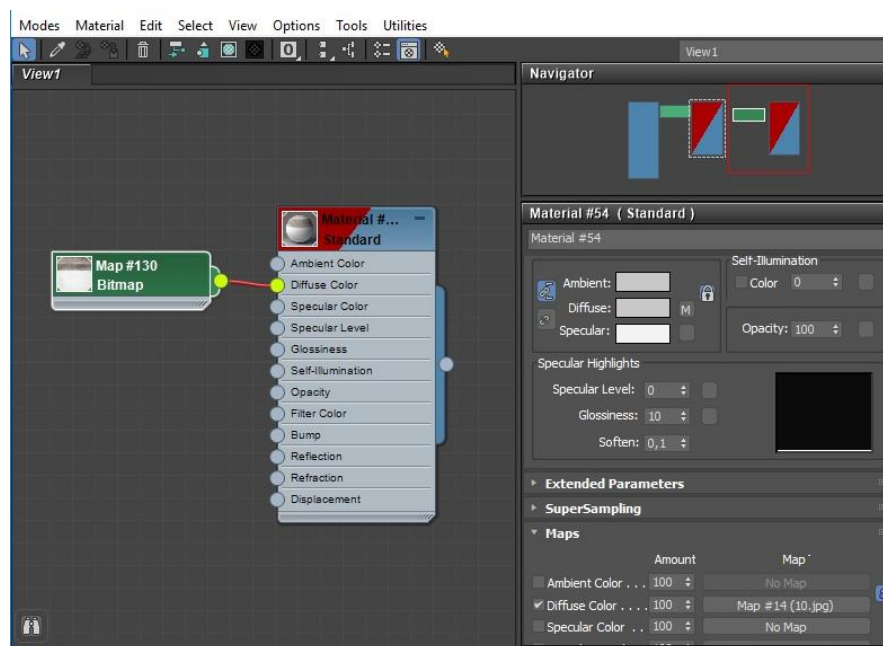


Рисунок 4.27 – Налаштування текстури для елемента даху

Для типових будівельних матеріалів були використані шаблони архітектурних матеріалів – бордюри, метал, пластик. Для створення дзеркального скла текстурі надано трішки блакитного кольору, налаштовано віддзеркалення та блиск. Налаштований матеріал в Compact Material Editor наведено на рис. 4.28, цей матеріал являє собою вбудований матеріал від Corona Render.

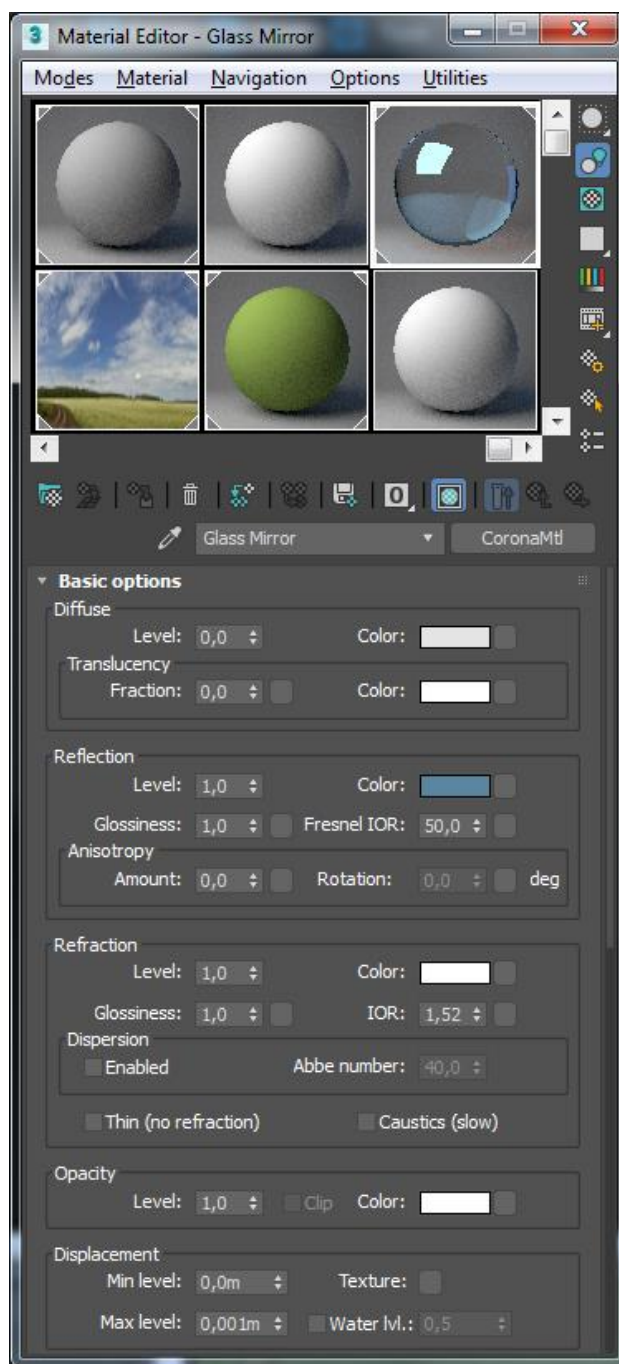


Рисунок 4.28 – Карта матеріалів для сцени, матеріал для дзеркального скла

Таким самим чином створено матеріал білого металу, який використаний для опор будівлі та флаг штоків. В слоті Physical Qualities в Diffuse Color йому надано білого кольору, також в параметрах надано блиск - Shininess.

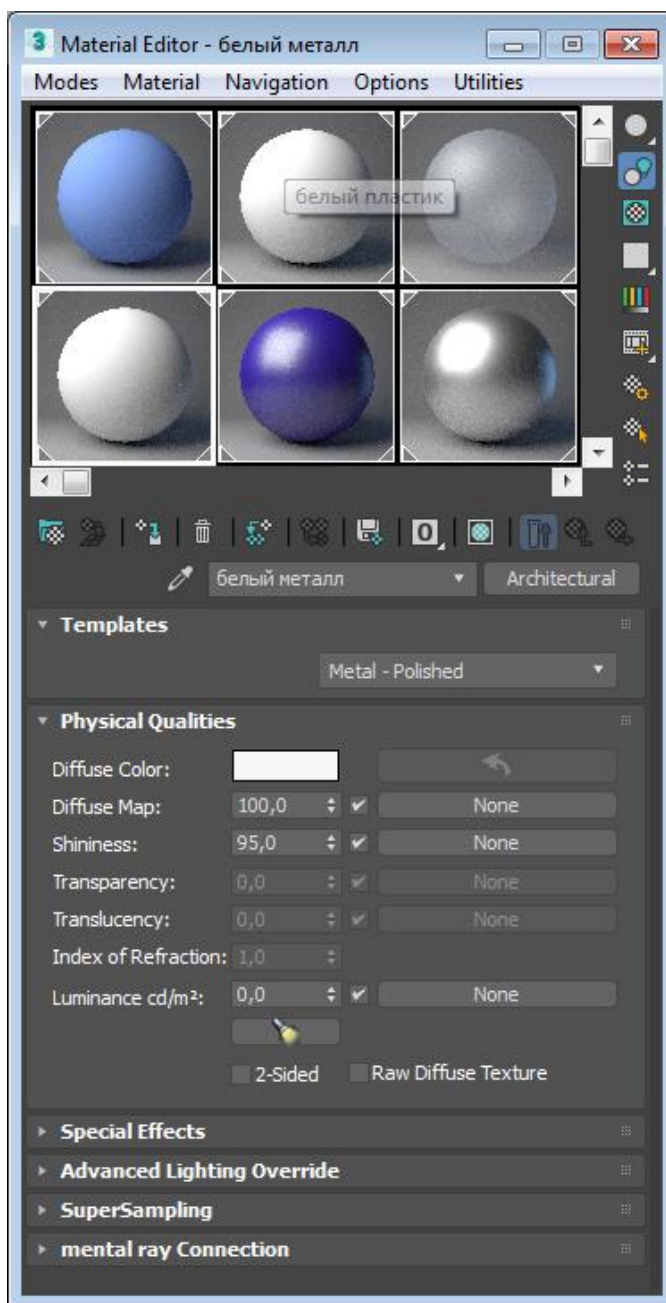


Рисунок 4.29 – Створення матеріалу білого металу

Для трави створено стандартний матеріал зеленого кольору. Вигляд налаштованого матеріалу для трави наведено на рис. 4.30.



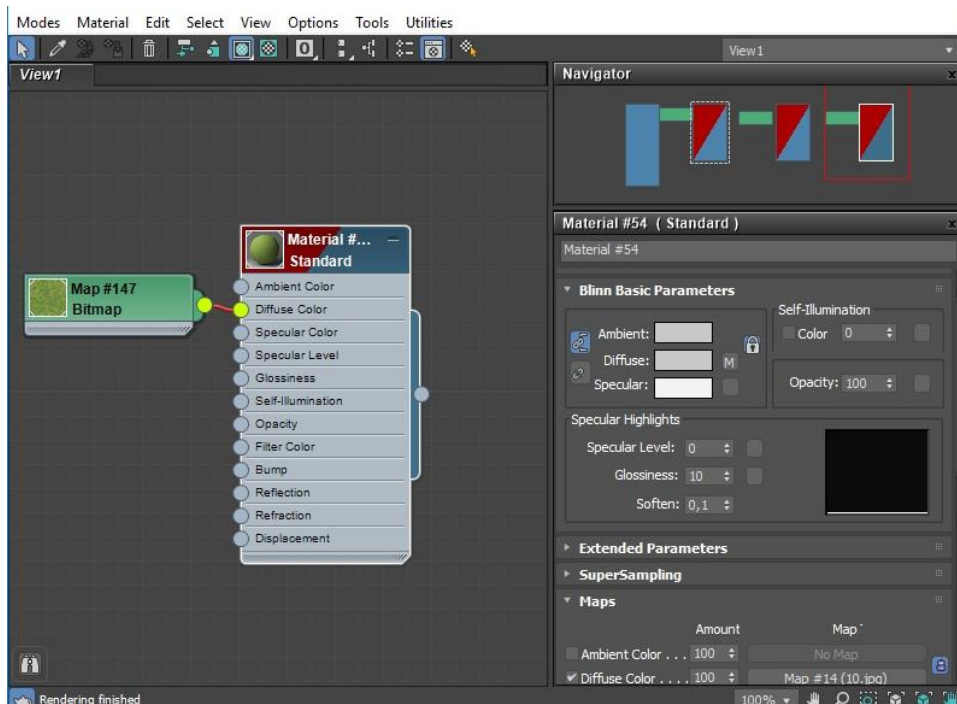


Рисунок 4.30 – Налаштування матеріалу для трави

Тротуарна плитка створена за допомогою програми Adobe Photoshop, в якій відповідно змінено кольори та налаштовано яскравість, збережено в форматі .jpg. Картою Bitmap додано на сцену та призначено об'єктам (рис. 4.31).

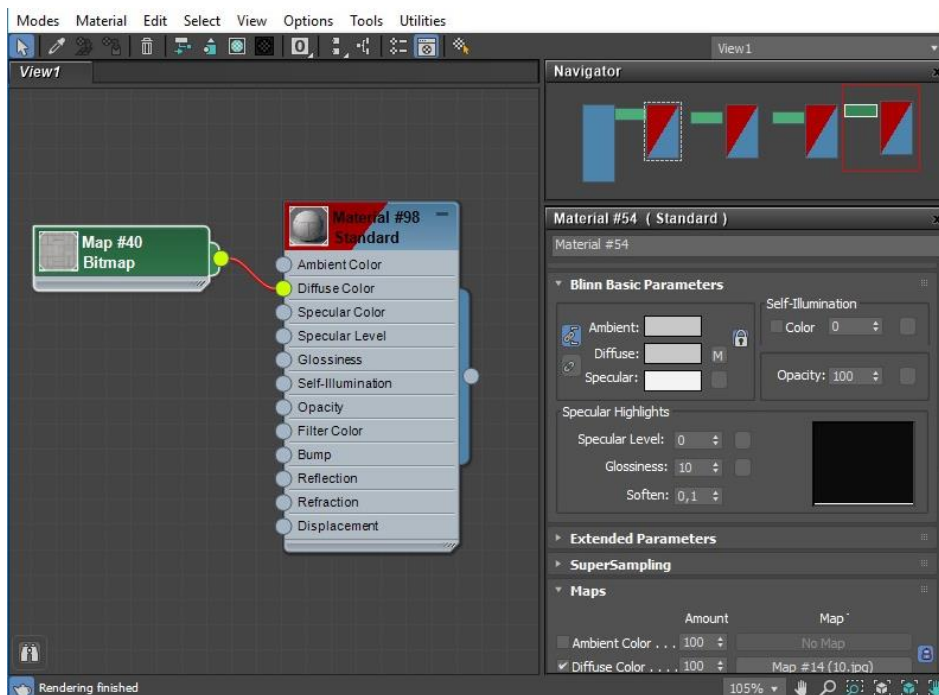


Рисунок 4.31 – Налаштування карти матеріалу плитки

Для елементів на даху створено матеріал металу, в який через карту Bump додано додатково текстуру з квадратами, яка створює уявлення граней на матеріалі. Її зображення наведено на рис .4.32.

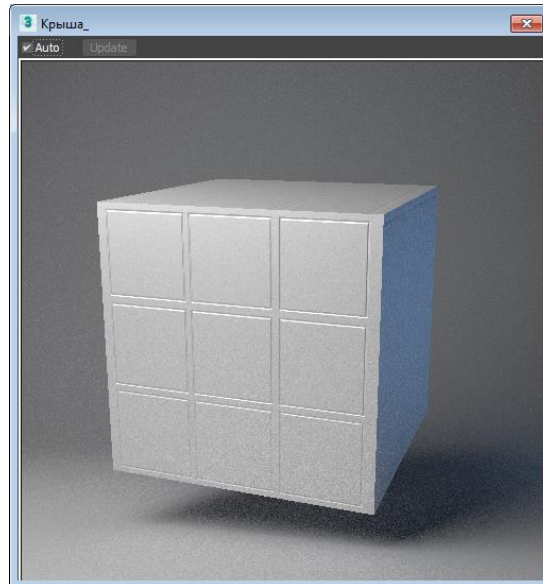


Рисунок 4.32 – Матеріал металевий для елемента на даху будівлі

Прапорам призначені текстури через карту Bitmap, модифікатором UVW Map налаштовано її положення. Для текстур прапорів обрано прапор України, олімпійський прапор та прапор Федерації легкої атлетики України. Призначені сцені текстури прапорів зображено на рис. 4.33.

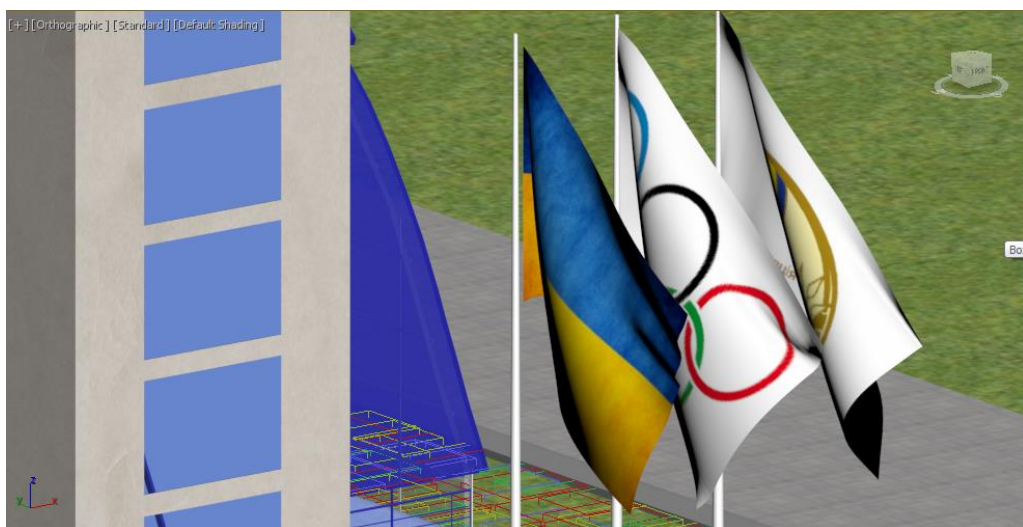


Рисунок 4.33 – Призначені текстури прапорів

Всі потрібні матеріали призначено об'єктам сцени. Матеріали зібрані та збережені в окремій папці проекту. Готова сцена з призначеними матеріалами наведена на рисунку 4.34.



Рисунок 4.34 – Манеж з застосованими матеріалами

Зображення легкоатлетичного манежу з застосованими текстурами, вигляд з боку на рис. 4.35.

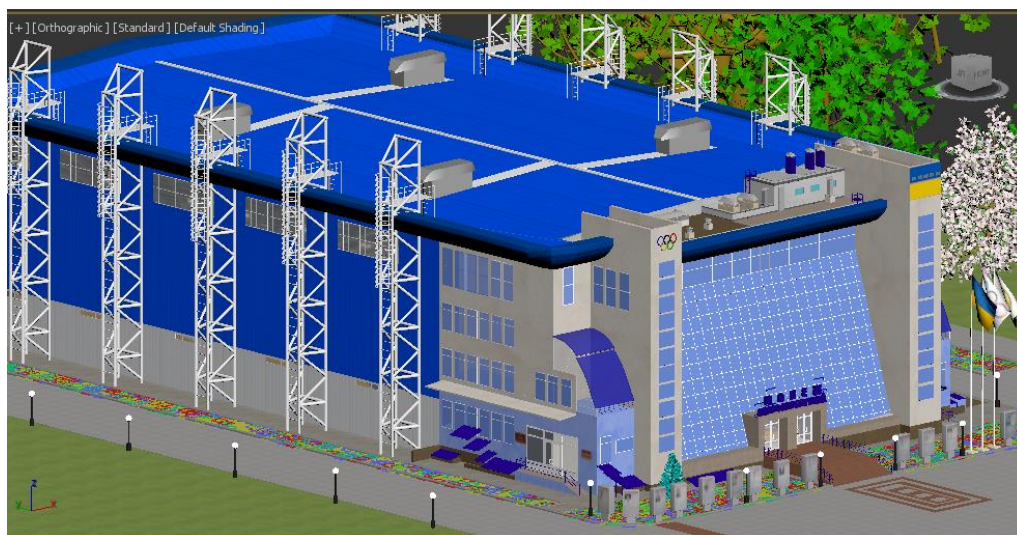


Рисунок 4.35 – Будівля з застосованими матеріалами, вигляд збоку

### 4.3 Налаштування освітлення, анімація, рендер

Для надання більшої реалістичності сцени необхідно налаштувати додаткове освітлення.

На сцені встановлено два види джерел світла від Corona Render: CoronaSun – для основного освітлення (сонячного освітлення), CoronaLight слугує освітленням для вуличних ліхтарів.

CoronaLight обрано для освітлення вуличного, дані джерела світла встановлено всередину плафонів вуличних ліхтарів. Обрано саме CoronaLight, тому що він являє собою елемент точкового освітлення, який дуже зручно використовувати. CoronaLight розміщені на сцені копіями з параметром Instance, таким чином якщо будуть змінюватися параметри одного з джерел, то зміняться й всі інші. На рис. 4.36 зображено сцену з освітленням CoronaLight та її налаштуваннями.

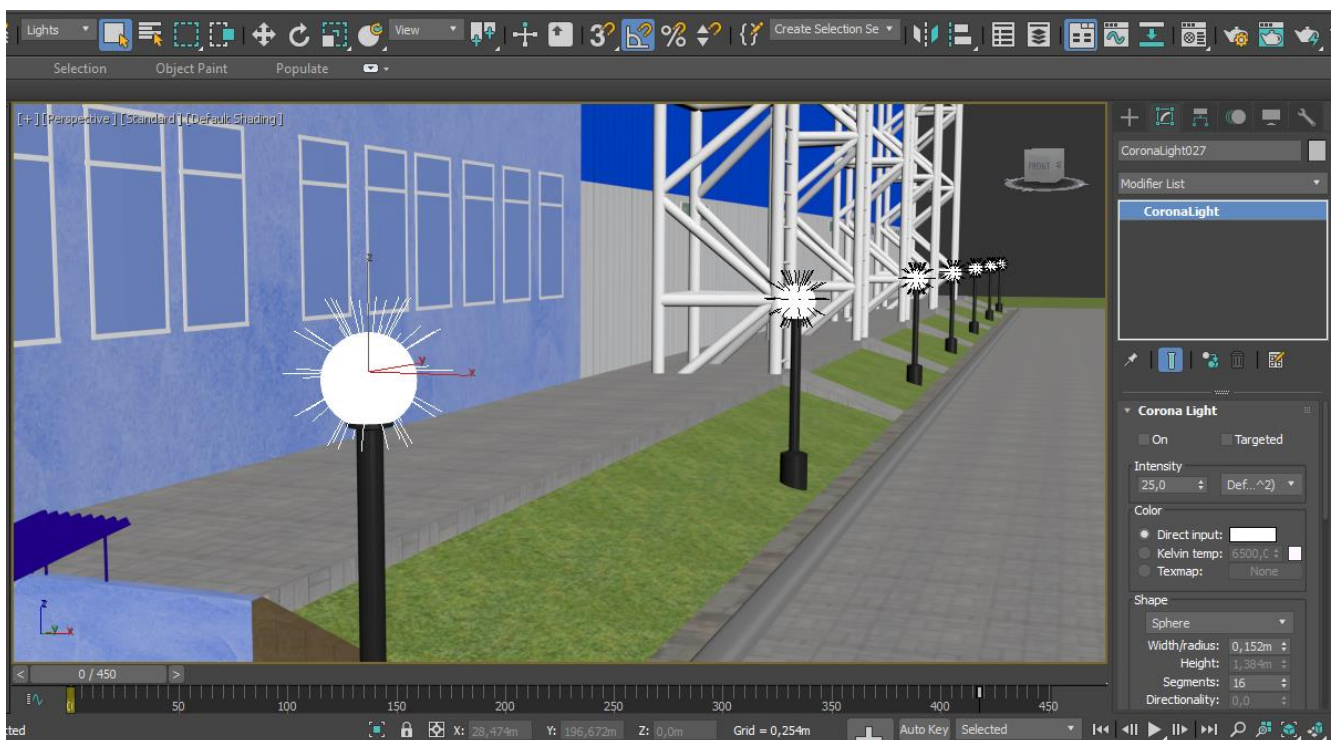


Рисунок 4.36 – Джерела світла CoronaLight

Джерело світла CoronaSun використано, як сонячне освітлення. Дане джерело світла встановлюється над сценою в потрібному напрямку й налаштовуються

параметри освітлення. Також CoronaSun зручний у використанні, оскільки за необхідності параметри освітлення можна змінювати вже при проведенні кінцевої візуалізації проекту, якщо це є потрібним. Зображення джерела світла CoronaSun на сцені з її налаштуваннями наведено на рис. 4.37.

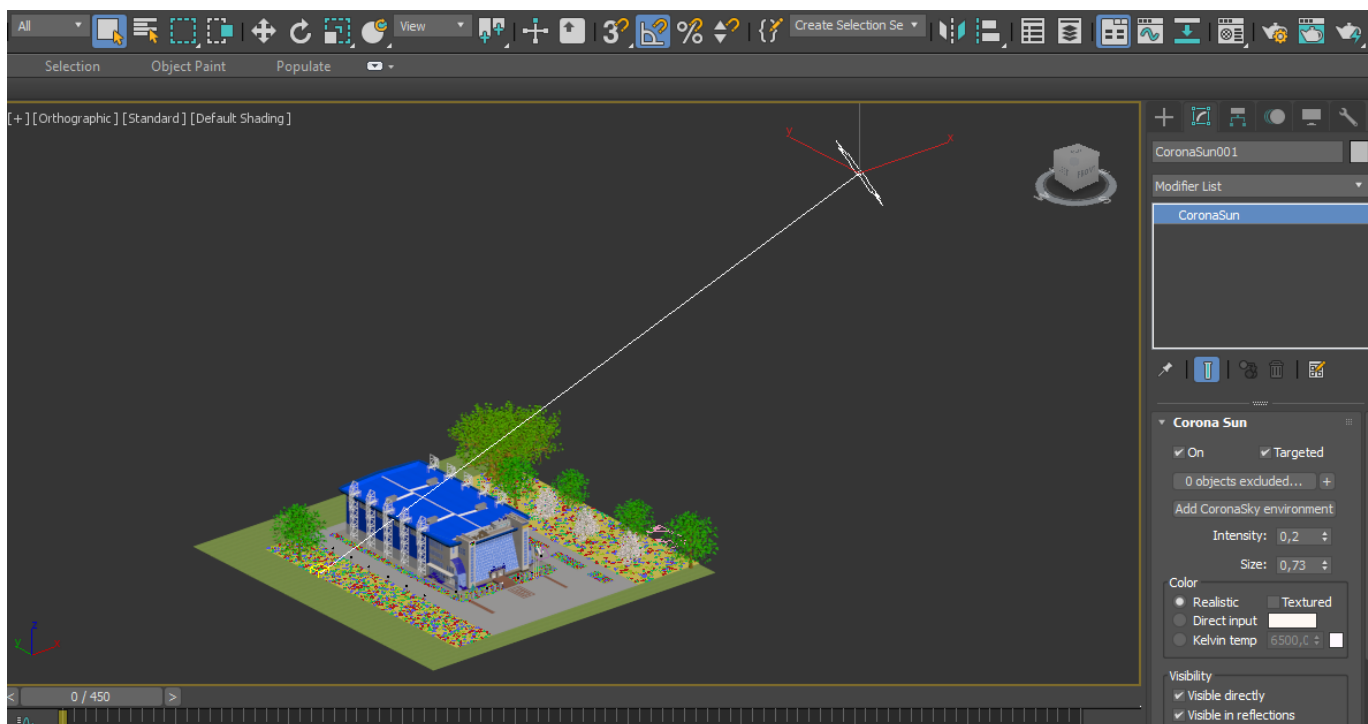


Рисунок 4.37 - Налаштування CoronaSun

Також до сцени була додана карта оточення високої роздільної якості HDRI за допомогою інструменту Corona Bitmap. Вона дозволяє імітувати небо, хмари, вигляд горизонту сцени тощо. В параметрах якої налаштовано Environment mode та положення матеріалу на сцені. Даний матеріал буде відображатися під час проведення візуалізації сцени. Налаштування карти наведено на рисунку 4.38.

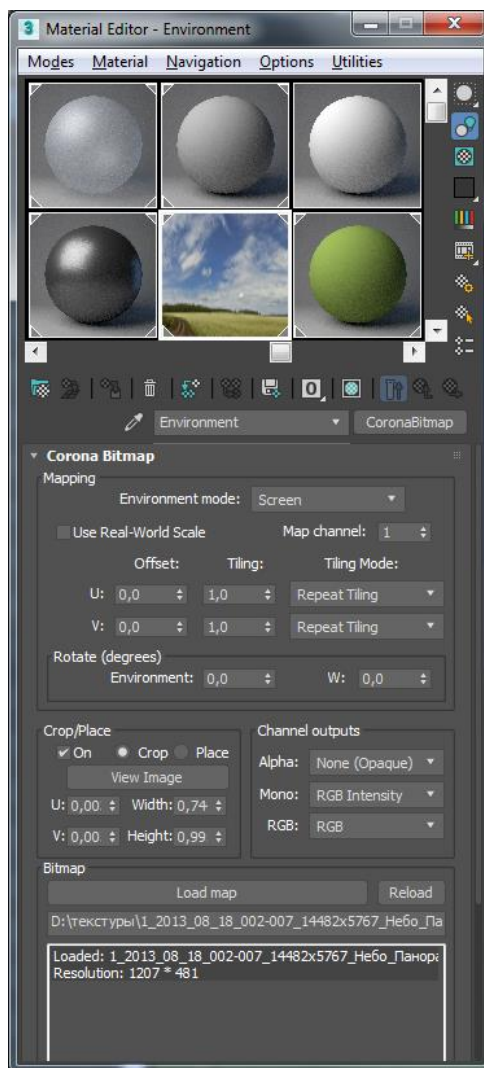


Рисунок 4.38 Налаштування HDRI карти

Результат візуалізації сцени з налаштованим освітленням та матеріалами перспективного вигляду наведено на рисунках 4.39 – 4.40. Візуалізація кінцевої сцени проекту реалізована за допомогою Corona Render.



Рисунок 4.39 – Сцена з сонячним освітленням



Рисунок 4.40 – Візуалізація сцени

На рисунку 4.41 наведено вигляд стендів з фотографіями та досягненнями спортсменів.



Рисунок 4.41 – Візуалізація сцени

Щоб показати як працюють вуличні ліхтарі з освітленням CoronaLight, було відповідно налаштовано Environment для схожості на вечірній час доби, коли сонце вже сіло. CoronaSun налаштовано таким чином, що майже не має сонячного освітлення, а в CoronaLight навпаки збільшена яскравість освітлення. Візуалізація вечірньої сцени наведена на рисунках 4.42-4.43.



Рисунок 4.42 – Візуалізація вечірньої сцени





Рисунок 4.43 – Візуалізація сцени з вечірнім освітленням

Перспективний вигляд сцени має певні обмеження щодо вибору ракурсу візуалізації, тому в сцену ще була додана віртуальна камера. Її також буде використано і для створення анімації сцени.

Камера обрана із вбудованих стандартних камер 3ds Max – Camera. Камера має параметри за замовчуванням, представлена на рис. 4.44. Цю камеру можна вільно переміщувати, змінювати її ракурс інструментами *Select and Move* та *Select and Rotate*. Вона легка в використанні та з нею зручно працювати для створення анімації.

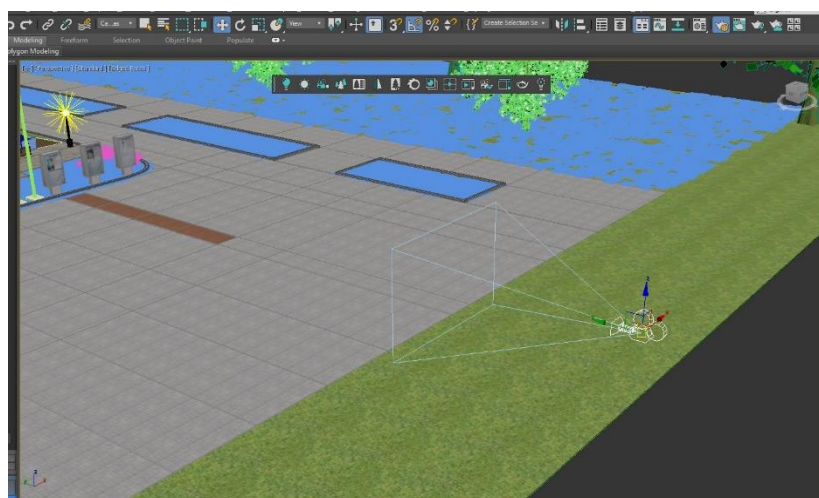


Рисунок 4.44 – Налаштування камери Camera

Щоб виконати відео-огляд сцени з усіх боків була створена анімація руху камери. Для цього налаштовані ключові кадри для Camera, для джерел світла. Кількість кадрів для створеної анімації складає 200, при швидкості 1/4x.

На рис. 4.45 зображено параметри Time Configuration для анімації сцени.

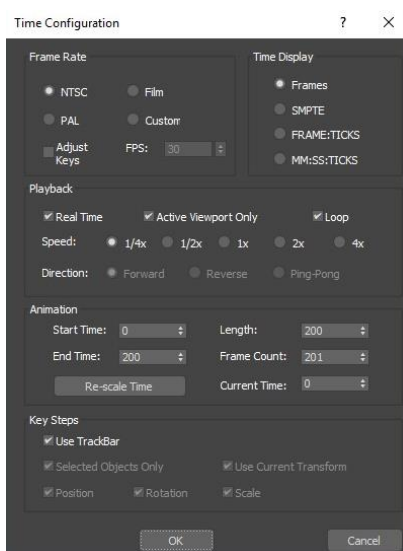


Рисунок 4.45 - Параметри Time Configuration

Налаштування анімації зображено на рис. 4.46 - 4.47.

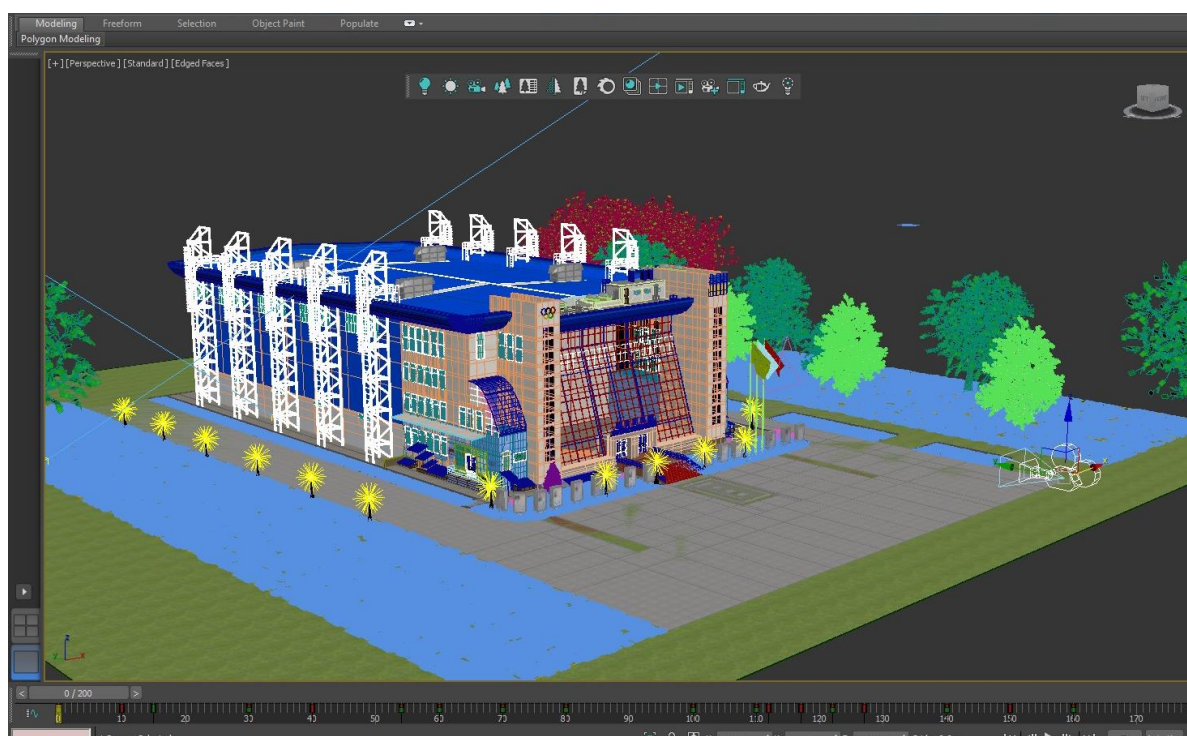


Рисунок 4.46 – Налаштування анімації

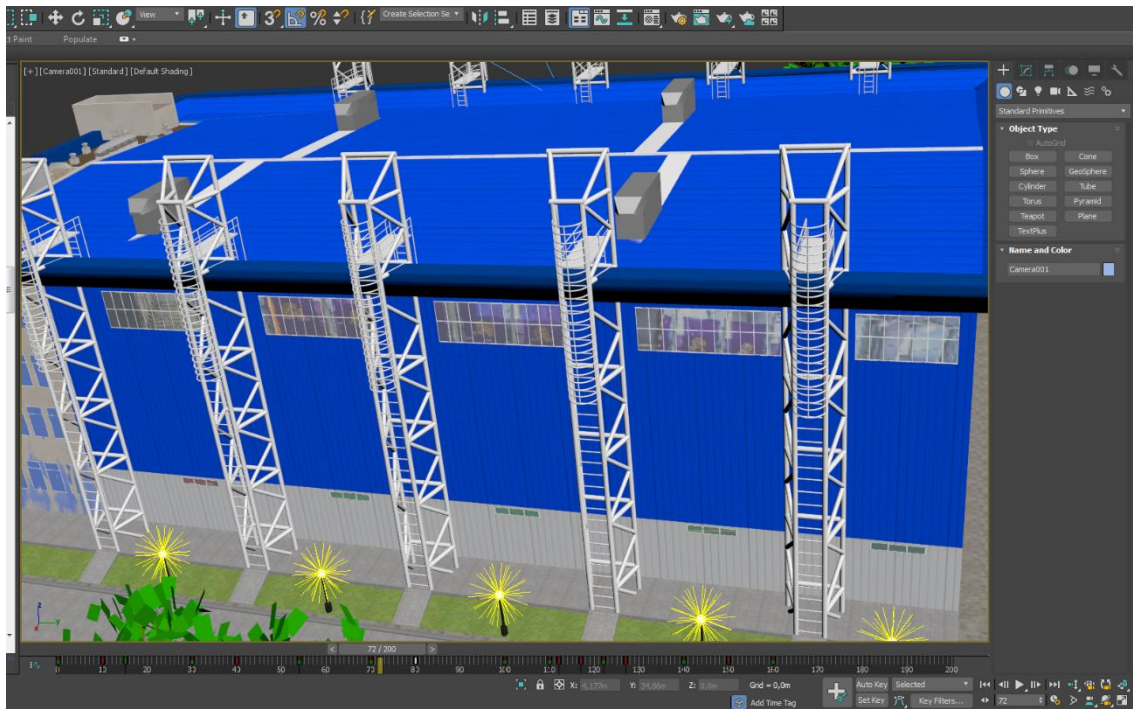


Рисунок 4.47 – Створення ключових кадрів для анімації

Створено рендер анімації сцени з позиції камери. Отримане відео додатково оброблене в програмі Adobe Premier. Відео ролик вповільнено, шляхом переміщення кадрів та додано текст з назвою роботи (рис. 4.48).

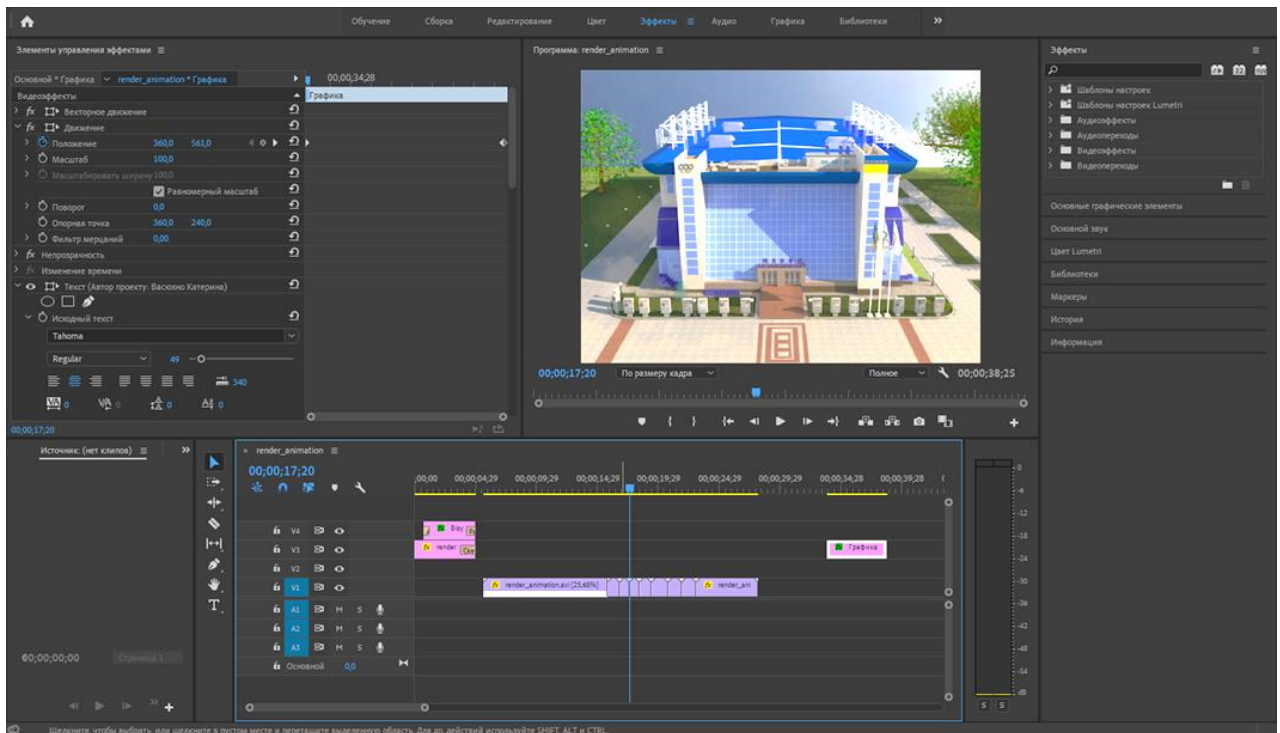


Рисунок .4.48 – Робота над обробленням відеоолика в Adobe Premier

В результаті створено відеофайл, який дозволяє продемонструвати створену модель з різних ракурсів та з різним масштабом наближення (рис.4.49 – 4.50). Тривалість відео складає 00:46:6.

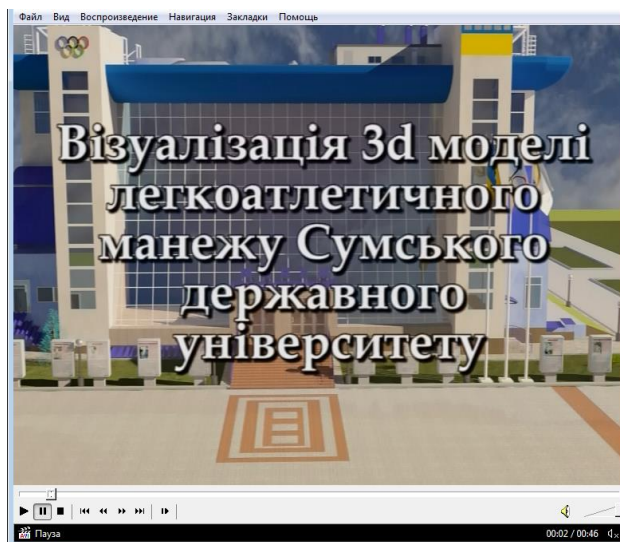


Рисунок 4.49 – Показ анімації

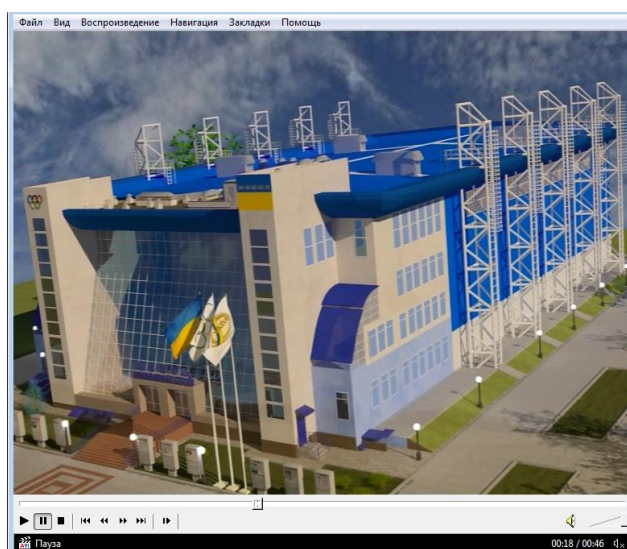


Рисунок 4.50 – Показ анімації

Матеріали роботи були представлені на конференції ІМА-2019 [23].

## ВИСНОВКИ

При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра було проведено аналіз предметної області на основі літературних джерел, визначено актуальність роботи. Висвітлено інформацію про об'єкт моделювання – будівлю легкоатлетичного манежу Сумського державного університету та доцільність її відтворення.

Після аналізу програмних засобів обрано інструменти для моделювання та візуалізації: Autodesk 3ds Max та Corona Render відповідно. Також обрано методи моделювання: полігональне (Polygon) моделювання, моделювання в основі якого є неоднорідні раціональні B-сплайни (NURBS), моделювання з використанням вбудованих бібліотек стандартних параметричних об'єктів (примітивів) і модифікаторів.

Сформульовано технічне завдання до роботи, в якому описується призначення моделі, мета створення, цільова аудиторія використання.

Проведено планування робіт. Описано ідея проекту, деталізація мети методом SMART, функціонування продукту. Виконано планування структури робіт IT-проекту, побудовано матрицю відповідальності, календарний графік виконання IT-проекту, представлено управління ризиками.

Проведено структурно-функціональне моделювання процесу розробки візуалізованої моделі. Декомпозиції діаграми занесені до додатку В. За допомогою онлайн ресурсу draw.io створено діаграму варіантів використання для проекту.

За допомогою програмного продукту Autodesk 3d Max проведено моделювання будівлі легкоатлетичного манежу СумДУ. Створено тротуарні доріжки, інформативні стенди, елементи на даху будівлі, опори, вікна, головний, службовий та додатковий входи. Також створені вуличні ліхтарі та в них встановлені джерела точкового освітлення. Проведено озеленення території, розміщено на сцені дерева та кущі. За допомогою елементу CoronaScatter розміщена по ділянці трава. Створення всіх елементів детально описано.

Розроблені та призначені сцені оригінальні матеріали, які створені за допомогою програми Adobe Photoshop. Матеріали для стендів зроблені з оригінальних фотознімків та також оброблені в Adobe Photoshop.

За допомогою Corona Render встановлені джерела світла для сцени.

Розміщено камеру для створення анімації. Також за допомогою Corona Render створено візуалізацію сцени та записано відео ролик анімації. Відео з використанням програми Adobe Premier оброблено, додані різноманітні ефекти та текст, кінцевий результат записано в форматі .avi.

Файли та текстури для проекту збережені та зібрані в архів з назвою «Візуалізація 3д моделі легкоатлетичного манежу СумДУ».

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. 3D моделювання [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <https://sites.google.com/site/3dmodeluvanna75/>. (дата звернення: 11.03.2019)
2. У Києві встановлять 3D-моделі історичних пам'яток для людей із вадами зору [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.radiosvoboda.org/a/news-kyiv-3d-modeli-istorychnykh-ramiatok/29598085.html>. (дата звернення: 04.04.2019)
3. 3-D ВІННИЦЮ СТВОРИЛИ СТУДЕНТИ ВНТУ [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: [http://impuls.vntu.edu.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=2804%3A3-d-&catid=9%3A2014-02-09-08-50-23&lang=en](http://impuls.vntu.edu.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=2804%3A3-d-&catid=9%3A2014-02-09-08-50-23&lang=en). (дата звернення: 04.04.2019)
4. 3D моделі об'єктів у проєкті «InovEduc» / [М. Бендікова, Л. Волянська, Р. Стругарікова та ін.]. // Центр європейської політики ([www.cer.sk](http://www.cer.sk)). – 2017. – №200.
5. Легкоатлетичний манеж СумДУ прийматиме змагання міжнародного рівня [Електронний ресурс]. – 2018. – Режим доступу до ресурсу: <http://sumupost.com/sumynews/sport/legkoatletychnyj-manezh-sumdu-pryjmatyme-zmagannya-mizhnarodnogo-rivnya/>. (дата звернення: 06.04.2019)
6. "УАБС" — Легкоатлетичний манеж [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: <http://uabs.edu.ua/ua/legkoatletichniy-manezh>. (дата звернення: 04.04.2019)
7. Спортивна споруда Манеж [Електронний ресурс] // Спортивний клуб СумДУ. – 2017. – Режим доступу до ресурсу: <http://sport.sumdu.edu.ua/index.php/ua/sportyvni-sporudy/154-vul-prokofieva-34>. (дата звернення: 06.04.2019)
8. ПОЛИГОНАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ: ЗНАЧЕНИЕ, ОСОБЕННОСТИ, РЕКОМЕНДАЦИИ В РАБОТЕ [Електронний ресурс]. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://klona.ua/blog/3d-modelirovanie/poligonalnoe->

modelirovanie-znachenie-osobnosti-rekomendacii-v-rabote. (дата звернення: 07.04.2019)

9. ПОДРОБНО О 3D-МОДЕЛИРОВАНИИ [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://qvarta.com/blog/podrobno-o-3d-modelirovanii>. (дата звернення: 07.04.2019)

10. Знакомство с 3ds max [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу: <http://lib.brsu.by/sites/default/files/sites/default/files/umm/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D1%8F%2005.%20%D0%9C%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%84%D0%B8%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%BE%D1%80%D1%8B.%20%D0%9E%D0%BF%D0%B8%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B8%D0%B5.pdf>. (дата звернення: 07.04.2019)

11. Моделирование NURBS в 3ds max: разбираем панель Toolbox [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://repetitor3d.ru/3dsmax/nurbs-modelirovanie-v-3d-max>. (дата звернення: 07.04.2019)

12. 3ds Max. Программное обеспечение для 3D-моделирования, анимации и визуализации [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.autodesk.ru/products/3ds-max/overview> (дата звернення: 04.04.2019)

13. Maya. Make it with Maya computer animation software [Электронный ресурс]. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.autodesk.com/products/maya/overview> (дата звернення: 04.04.2019)

14. Обзор самых популярных 3D редакторов [Электронный ресурс]. – 2018. – Режим доступа до ресурсу: <https://videomile.ru/lessons/read/obzor-samyih-populyarnyih-3d-redaktorov.html>. (дата звернення: 04.04.2019)

15. 3D редакторы, плюсы и минусы [Электронный ресурс]. – 2012. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.interface.ru/home.asp?artId=27860>. (дата звернення: 04.04.2019)

16. Corona [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://corona-renderer.com/> (дата звернення: 04.04.2019)



17. Chaosgroup. V-RAY NEXT FOR 3DS MAX [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.chaosgroup.com/vray/3ds-max> (дата звернення: 04.04.2019)
18. Єгорченков О. В. АЗБУКА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ. ПЛАНУВАННЯ. / О. В. Єгорченков, Н. Ю. Єгорченкова, Є. Ю. Катаєва. // КНУ ім.Т.Шевченка. – 2016. – С. 17, 60–90.
19. Діаграма прецедентів [Електронний ресурс]. – 2014. – Режим доступу до ресурсу: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Діаграма\\_прецедентів](https://uk.wikipedia.org/wiki/Діаграма_прецедентів). (дата звернення: 12.03.2019)
20. Рач В. А. Управління проектами: практичні аспекти реалізації стратегій регіонального розвитку: навч. посіб. / В.А. Рач, О.В. Россошанська, О.М. Медведєва; за ред. В.А. Рача. - К.: «К.І.С.», 2010. – 276 с.
21. Ідентифікація ризиків [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: [https://pidruchniki.com/87735/menedzhment/identifikatsiya\\_rizikiv](https://pidruchniki.com/87735/menedzhment/identifikatsiya_rizikiv). (дата звернення: 10.03.2019)
22. Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://pm.khpi.edu.ua/article/download/2413-3000.2016.1174.17/57227>. (дата звернення: 13.03.2019)
23. Васюхно К. В. Візуалізація 3D моделі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету / Катерина Віталіївна Васюхно // ІМА-2019 / Катерина Віталіївна Васюхно. – Суми, 2019. – (Сумський державний університет). – С. 71.

## **ДОДАТОК А. ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

### **ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ**

**на візуалізацію 3D моделі легкоатлетичного манежу СумДУ**

**Суми 2019**

## **1 Призначення й мета створення 3D моделі**

### ***1.1 Призначення 3D моделі***

Модель наочно демонструє архітектуру, планування та зовнішній вигляд легкоатлетичного манежу СумДУ. Це дозволяє підвищити також туристичну привабливість будівлі, бо дозволяє детальніше оглядати її архітектурні особливості.

Створену візуальну модель буде використано у рекламно-профорієнтаційних матеріалах, для представлення на сайті СумДУ та для популяризації університету та міста Суми.

### ***1.2 Мета створення 3D моделі***

Мета даної роботи полягає в побудові візуальної моделі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету. Проектування 3d моделі за допомогою програмного продукту Autodesk 3ds Max 2019, застосування та налаштування текстур, візуалізація сцени програмним продуктом – Corona Render.

Даний проект може бути корисним також в якості реклами кафедри та зацікавлення майбутніх абітурієнтів.

### ***1.3 Цільова аудиторія***

До цільової аудиторії даного проекту належать:

- Абітурієнти;
- Студенти;
- Викладачі;
- Туристи;
- Жителі міста Суми;
- Інші зацікавлені особи.

## **2 Вимоги до 3D моделі**

### ***2.1 Вимоги до 3D моделі в цілому***

Візуальна 3d модель повинна мати вигляд згідно до оригіналу будівлі легкоатлетичного манежу СумДУ, максимально відтворювати всі деталі.

Практичне значення візуальної моделі – продемонструвати наглядно архітектуру, планування та зовнішній вигляд легкоатлетичного манежу СумДУ.

### ***2.2 Вимоги до функцій моделі***

Функціональні можливості моделей полягають в їх широкій сфері застосування. Дану модель можливо використовувати як наглядну модель будівлі, як рекламу кафедри та Сумського державного університету. Також для впровадження в Google Maps, для наочної картини міста.

Системні вимоги для побудови і використання моделі повинні відповідати таким:

- Операційна система Windows 7,10;
- Одноядерний процесор з частотою 1,1 ГГц;
- Оперативна пам'ять розміром 128 Мб;
- Програмний продукт Autodesk 3ds Max 2017-2019.

## ДОДАТОК Б. ПЛАНУВАННЯ РОБІТ

Тема дипломного проекту: «Візуалізація моделі легкоатлетичного манежу СумДУ».

Ціль проекту: Проектування 3D моделі легкоатлетичного манежу СумДУ за допомогою програмного продукту 3ds Max. Застосувати та налаштувати текстури до створених об'єктів, провести візуалізацію сцени.

### 1 Опис проекту на фазі ініціалізації

#### 1.1 Розробка концепції проекту

##### *1.1.1 Ідентифікація ідеї проекту*

Ідея проекту полягає у побудові візуальної моделі легкоатлетичного манежу СумДУ, застосуванні й налаштуванні текстур створених об'єктів та проведення візуалізації сцени.

##### *1.1.2 Деталізація мети методом SMART*

Мета проекту: створити 3d модель, за допомогою програмного продукту Autodesk 3ds Max 2019, легкоатлетичного манежу Сумського державного університету, яка відповідає оригіналу будівлі. Реалізувати текстурування даної моделі. Програмою Corona Render виконати візуалізацію моделей сцени.

##### *1.1.3 Опис функціонування продукту*

Для функціонування проекту необхідні мінімальні системні вимоги:

- Операційна система Windows 7, 10;
- Одноядерний процесор з частотою 1,1 ГГц;
- Оперативна пам'ять розміром 128 Мб;

Також для перегляду моделі повинен бути встановлений програмний продукт Autodesk 3ds Max 2017-2019.

## **1.2 Техніко-економічне дослідження**

### ***1.2.1 Дослідження продукту IT-проекту, організації, регіону.***

Продукт проекту орієнтований на використання Сумським державним університетом, м. Суми. Створену візуальну модель буде використано у рекламно-профорієнтаційних матеріалах, для представлення на сайті СумДУ та для популяризації університету та міста Суми.

### ***1.2.2 Оцінка цінності життєздатності, економічної ефективності та життєсталості IT-проекту.***

Візуальна модель демонструє наглядно архітектуру, планування та зовнішній вигляд легкоатлетичного манежу СумДУ. В даній моделі дотримано чітко дизайн, планування будівлі, всі деталі навколо. Застосовано текстури до моделі згідно з оригінальними матеріалами. Реалізовано візуалізацію моделей сцени.

## **2 Описання фази розроблення IT-проекту**

***Планування змісту структури робіт IT-проекту (WBS).*** WBS (Work Breakdown Structure) – являє собою графічне представлення проекту як пакету робіт в ієрархічному вигляді. WBS структура реалізується шляхом декомпозиції проекту на декілька рівнів.

В даному випадку WBS структура має чотири основні фази: ініціалізація, реалізація, розроблення та завершення, в яких декомпозується детальне описання процесів планування робіт даного проекту. На першому етапі описується перелік створеної документації; далі на фазі реалізації – планування робіт, календарні плани; фаза розроблення – це процес створення візуальних моделей, їх текстурування та візуалізація; у фазі завершення описується процеси здачі в експлуатацію продукту проекту [20].

Загальна WBS структура представлена на рисунку Б.1.

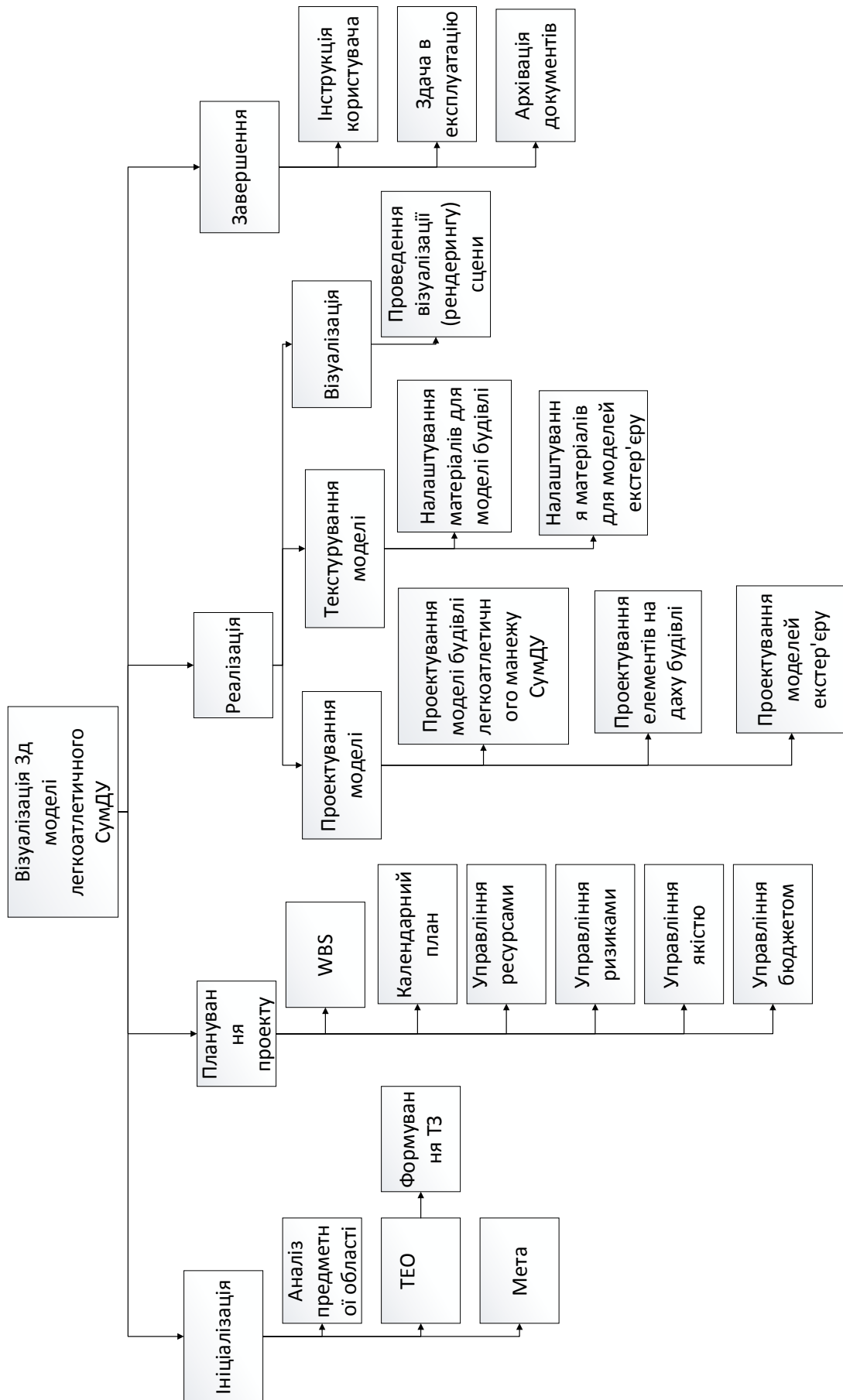


Рисунок Б.1 - WBS структура проекту

*Планування структури організації, для впровадження готового проекту (OBS).* OBS структура проекту представляє собою організаційну структуру виконавців проекту, тобто до кожного етапу WBS структури призначають виконавця (одного або декількох), в таблицю ієрархії вписується прізвище та ім'я виконавця [20].

В даному проекті є два виконавця: Баранова І.В. та Васюхно К.В..

Загальна OBS структура представлена на рисунку Б.2.

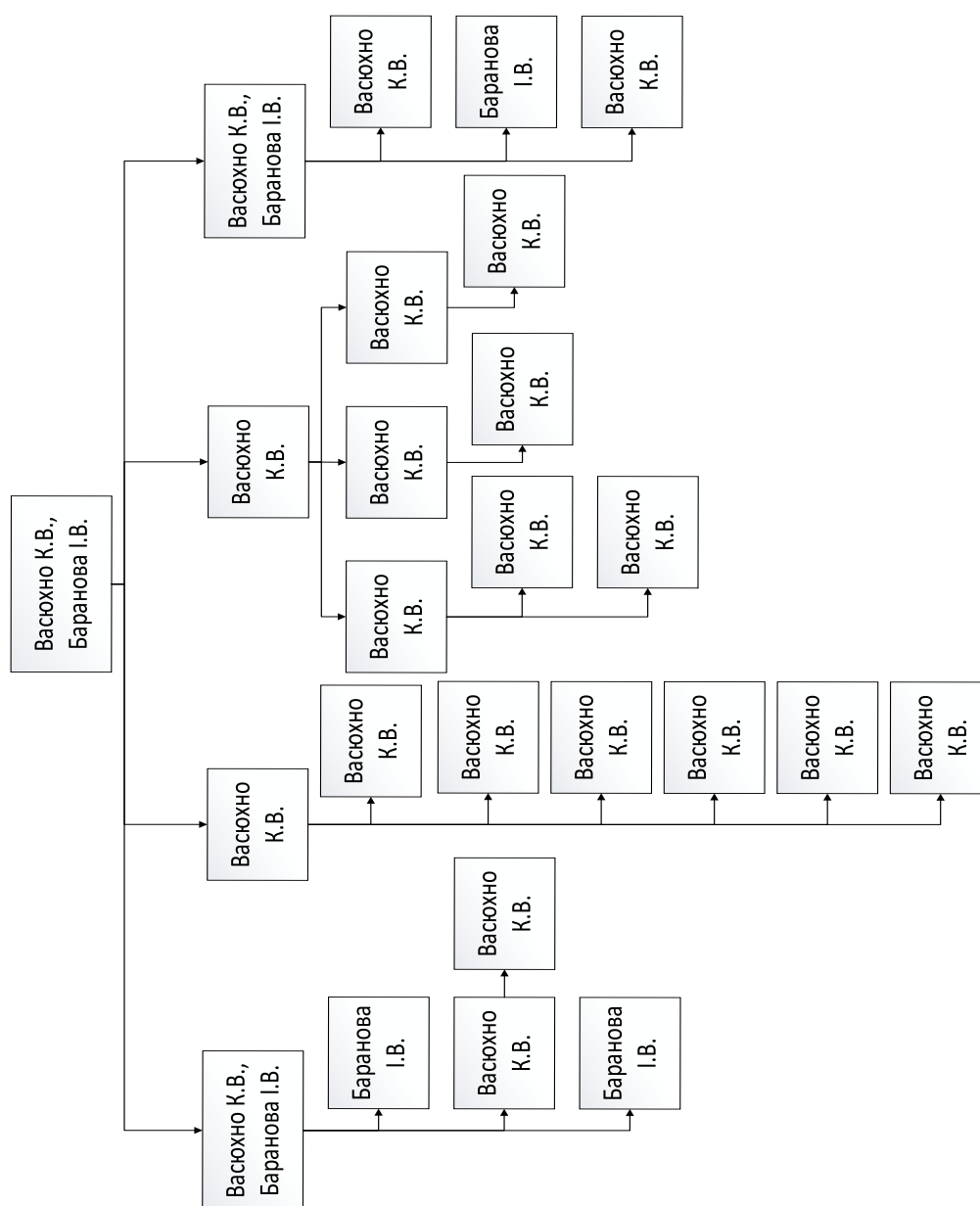


Рисунок Б.2 - OBS структура проекту



**Побудова матриці відповідальності (виконавців пакетів робіт).** Матриця відповідальності проекту будується на основі WBS та OBS структур. Для матриці відповідальності створюється таблиця з переліком робіт проекту та їх виконавцями. За кожним виконавцем закріплюється відповідна робота. На верхньому рівні розподіляються ролі та відповідальні по елементах OBS. На нижньому – фази проекту. Матриця відповідальності даного проекту наведена у табл. Б.1 [20].

Таблиця Б.1. – Матриця відповідальності осіб проекту.

Фази	Виконавці	
	Васюхно К.В.	Баранова І.В.
Аналіз предметної області		+
Техніко-економічне дослідження	+	
Формування ТЗ	+	
Мета проекту		+
WBS-структура	+	
Календарний план проекту	+	
Управління ресурсами	+	
Управління ризиками	+	
Управління якістю	+	
Управління бюджетом	+	
Проектування моделі легкоатлетичного манежу СумДУ	+	
Проектування елементів на даху будівлі	+	
Проектування моделей екстер'єру	+	
Застосування та налаштування текстур моделі будівлі	+	
Застосування та налаштування текстур моделей екстер'єру		
Візуалізація (рендеринг) моделей сцени	+	
Інструкція користувача	+	
Здача в експлуатацію		+
Архівація документів	+	

Символом «+» відмічено виконавця кожної фази робіт проекту.

***Розробка PDM-мережі (розгорнутий вигляд мережеских діаграм Ганта).***

PDM-система (англ. Product Data Management - система управління даними про виріб) –система, що призначена для забезпечення управління інформації продукту.

PDM-система у згорнутому до основних фаз вигляді зображена на рис. Б.3 [20].

На рис. Б.4 – Б.6 зображено PDM-мережу в повному, розгорнутому вигляді.

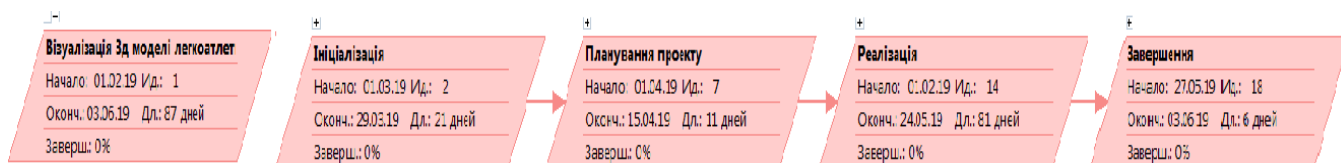


Рисунок Б.3 - PDM-мережа проекту у згорнутому до основних фаз вигляді

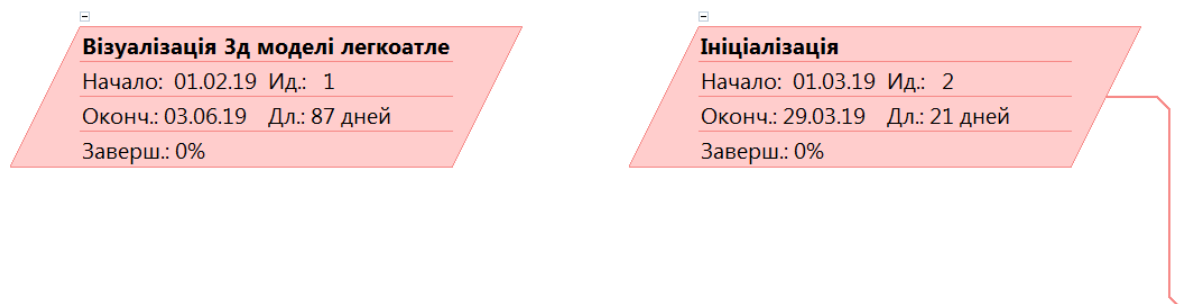


Рисунок Б.4 - PDM-мережа проекту у розгорнутому вигляді

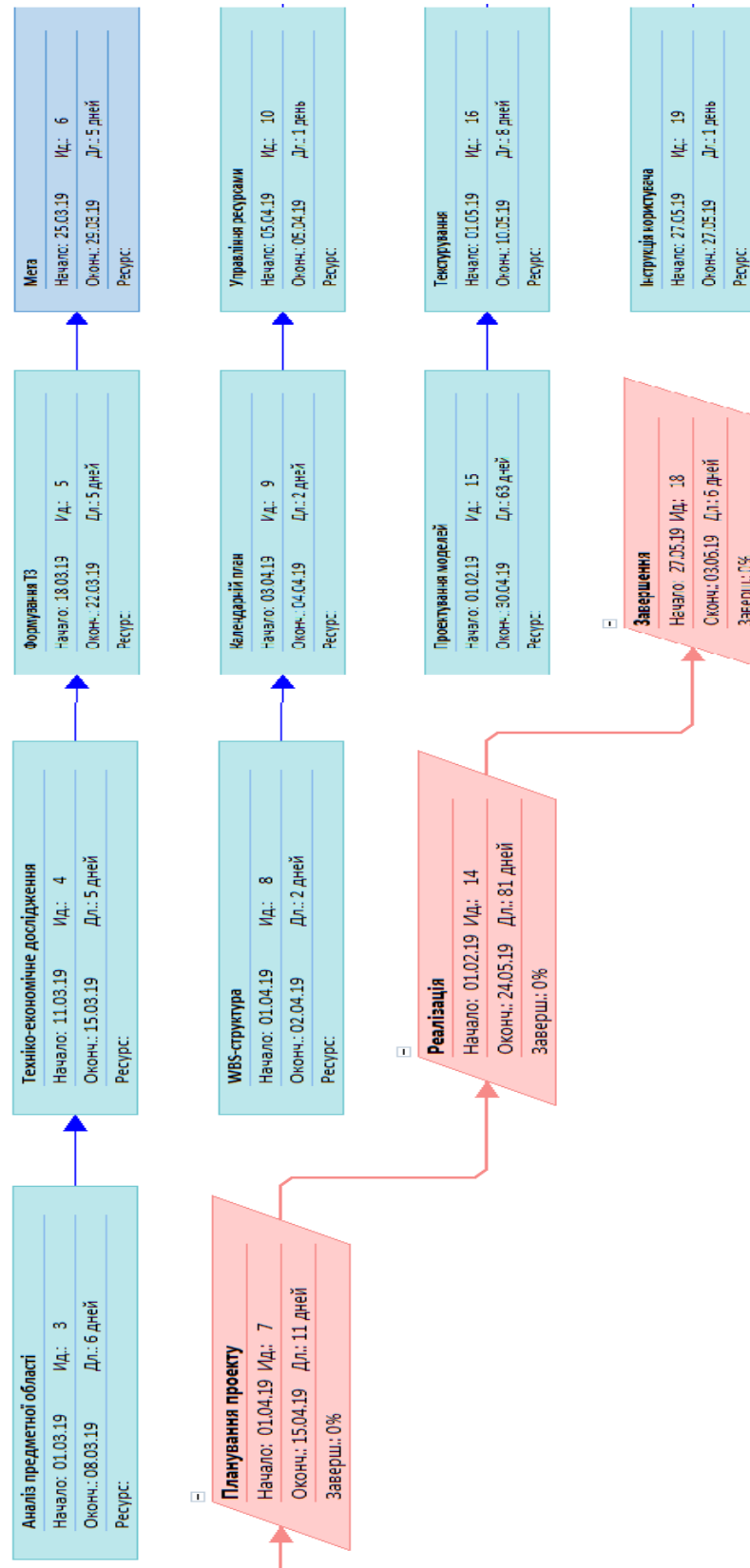


Рисунок Б.5 – Продовження PDM-мережі проекту у розгорнутому вигляді

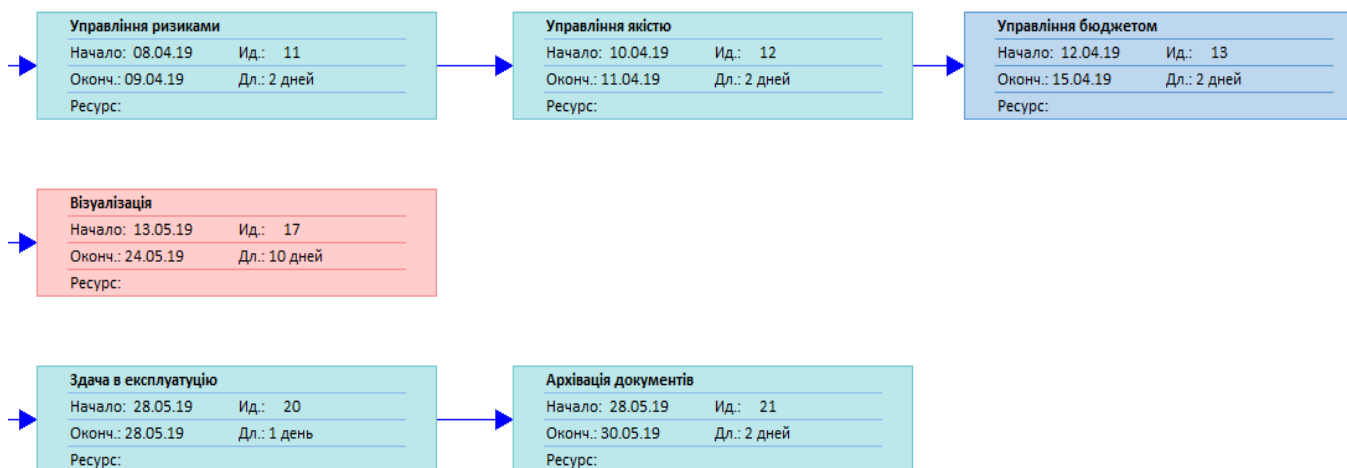


Рисунок Б.6 – Продовження PDM-мережі проекту у розгорнутому вигляді

***Побудова календарного графіку виконання ІТ-проекту (включаючи побудову часткових мережесих моделей у вигляді діаграм Ганта).*** Діаграма Ганта (Gantt chart, графік Ганта) – метод планування проектів, використовується для зображення у вигляді стовпчастих діаграм, графік робіт проекту. Діаграму Ганта у згорнутому до основних фаз вигляді зображено на рис. Б.7, у розгорнутому – рис.Б.8.

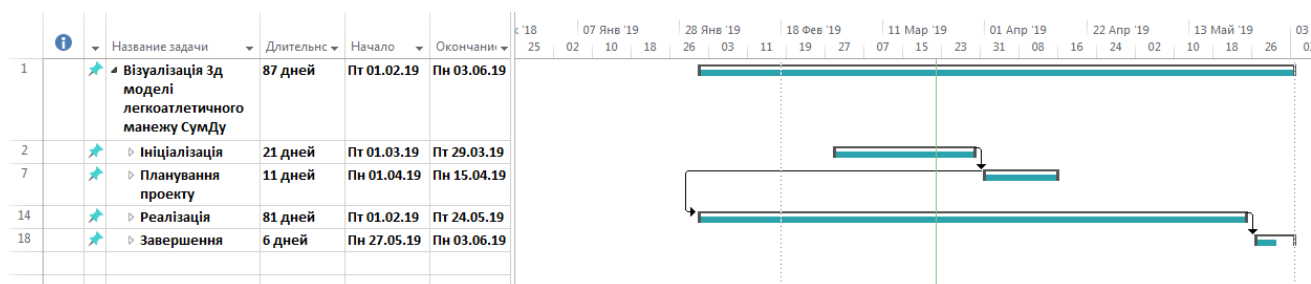


Рисунок Б.7 – Діаграма Ганта у згорнутому до основних фаз вигляді

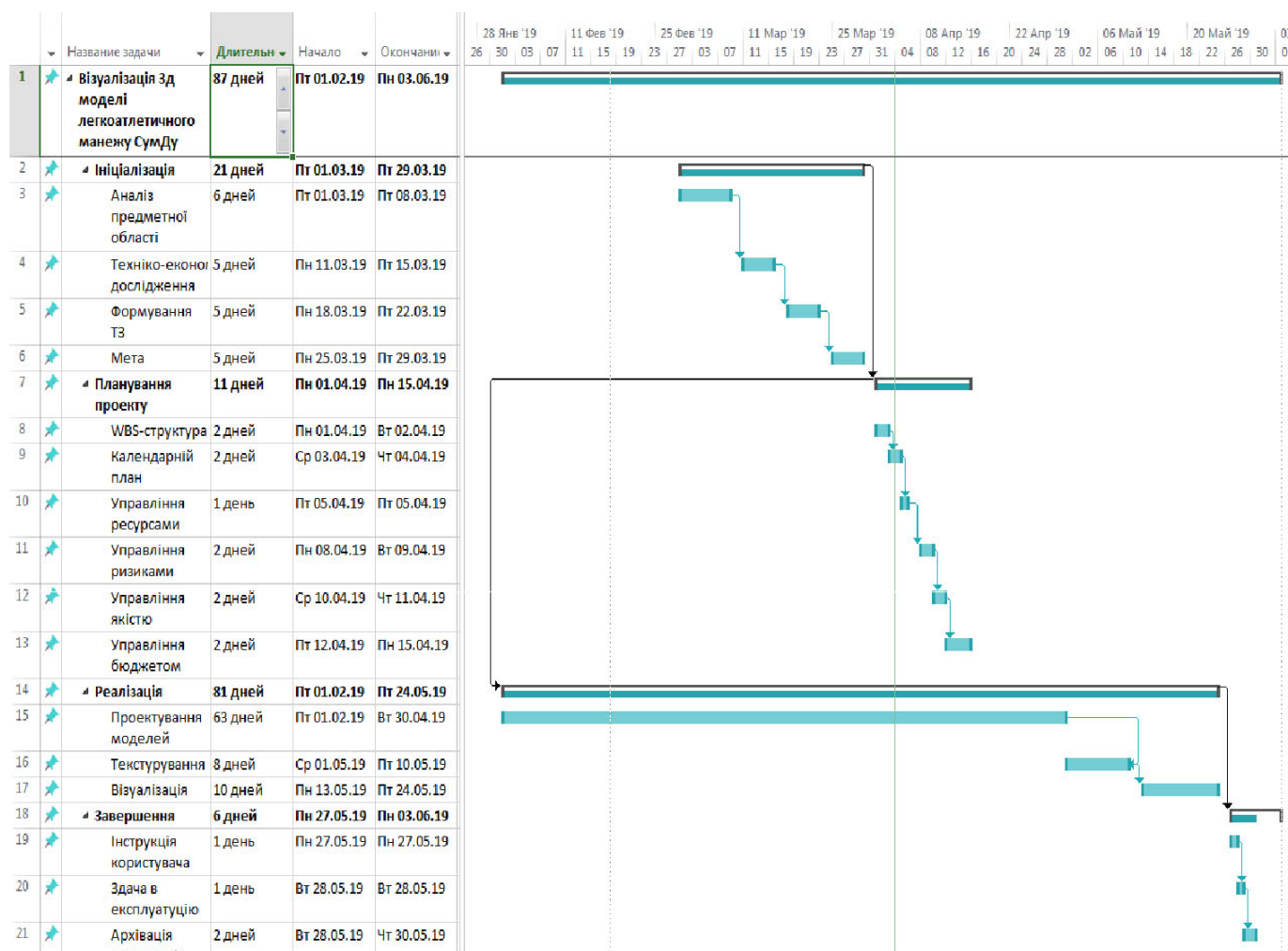


Рисунок Б.8 – Діаграма Ганта у розгорнутому вигляді

**Використання ресурсів.** Управління ресурсами – це одна з найголовніших систем управління проектом, що включає в себе процеси планування, постачання, розподілу, обліку, закупівлі та контролю ресурсів.

Використання ресурсів наведено на рис. Б.9.

	Режим задачі	Назва задачі	Трудозатра	Длительн	Начало	Окончани	Доби	Подробности	: '18		28 Янв '19		11 Мар '19		22 Apr '19		03 Июнь '19	
									29	18	07	27	19	08	28	18	07	
1	★	Візуалізація 3д моделі	786 часов	87 дней	Пт 01.02.19	Пн 03.06.19		Трудозатр.			11,78ч	40ч	197,5ч	230,5ч	168,85ч	104,73ч	32,63ч	
2	★	Ініціалізація	222 часов	21 дней	Пт 01.03.19	Пт 29.03.19		Трудозатр.					157,5ч	64,5ч				
3	★	Аналіз предметної області	84 часов	6 дней	Пт 01.03.19	Пт 08.03.19		Трудозатр.				84ч						
4	★	Техніко-економічне обґрунтування	60 часов	5 дней	Пн 11.03.19	Пт 15.03.19		Трудозатр.				60ч						
5	★	Формування ТЗ	60 часов	5 дней	Пн 18.03.19	Пт 22.03.19		Трудозатр.				13,5ч	46,5ч					
6	★	Мета	18 часов	5 дней	Пн 25.03.19	Пт 29.03.19		Трудозатр.					18ч					
7	★	Планування проекту	252 часов	11 дней	Пн 01.04.19	Пн 15.04.19		Трудозатр.					126ч	126ч				
8	★	WBS-структура	42 часов	2 дней	Пн 01.04.19	Вт 02.04.19		Трудозатр.					42ч					
9	★	Календарний план	42 часов	2 дней	Ср 03.04.19	Чт 04.04.19		Трудозатр.					42ч					
10	★	Управління ресурсами	42 часов	1 день	Пт 05.04.19	Пт 05.04.19		Трудозатр.					42ч					
11	★	Управління ризиками	42 часов	2 дней	Пн 08.04.19	Вт 09.04.19		Трудозатр.					42ч					
12	★	Управління якістю	42 часов	2 дней	Ср 10.04.19	Чт 11.04.19		Трудозатр.					42ч					
13	★	Управління бюджетом	42 часов	2 дней	Пт 12.04.19	Пн 15.04.19		Трудозатр.					42ч					
14	★	Реалізація	294 часов	81 дней	Пт 01.02.19	Пт 24.05.19		Трудозатр.			11,78ч	40ч	40ч	40ч	42,85ч	104,73ч	14,63ч	
15	★	Проектування і моделювання	180 часов	63 дней	Пт 01.02.19	Вт 30.04.19		Трудозатр.			11,78ч	40ч	40ч	40ч	42,85ч	5,35ч		
16	★	Текстурування	84 часов	8 дней	Ср 01.05.19	Пт 10.05.19		Трудозатр.								84ч		
17	★	Візуалізація	30 часов	10 дней	Пн 13.05.19	Пт 24.05.19		Трудозатр.								15,38ч	14,63ч	
18	★	Завершення	18 часов	6 дней	Пн 27.05.19	Пн 03.06.19		Трудозатр.									18ч	
19	★	Інструкція користувача	6 часов	1 день	Пн 27.05.19	Пн 27.05.19		Трудозатр.										6ч
20	★	Задача в експлуатації	6 часов	1 день	Вт 28.05.19	Вт 28.05.19		Трудозатр.										6ч
21	★	Архівізація документів	6 часов	2 дней	Вт 28.05.19	Чт 30.05.19		Трудозатр.										6ч

Рисунок Б.9 – Використання ресурсів

**Управління ризиками.** Ризиком є ймовірна подія, яка у випадку її виникнення може як негативно, так і позитивно вплинути на конкретний проект.

Управління ризиком – це процес зміни ризиків та реагування на події під час виконання проекту.

При реалізації проекту важливою частиною є моніторинг ризиків. Отже, в даному випадку можна виділити деякі ризики.

Можуть виникнути зовнішні непередбачувані ризики:

- катастрофи пов'язані з природою: різні катаклізми, шторм, повінь чи землетрус тощо;
- злочинні ризики: тероризм, саботаж, вандалізм;
- неочікувані зовнішні ефекти;
- зриви: зриви строків виконання робіт проекту, у фінансуванні, неочікувані політичні зміни, банкрутство і т.д.

Передбачувані ризики:

- ринковий ризик, що пов'язаний зі змінами: економічними, вимог, втрати позиції на ринку та ростом конкуренції;
- операційні: зріст чи спад курсів валют, проблеми з підтриманням робочого стану, порушення реалізації цілей, екологічний вплив, інфляція.

Внутрішні ризики. Внутрішні організаційні ризики.

- зриви планів робіт пов'язані з: виникненням різноманітних помилок, браком робочої сили, зміною керівництва, конфліктами серед колективу.

- недотримання кошторису.
- Внутрішні технічні ризики:
  - технологічні зміни;
  - специфічні ризики;
  - документаційні помилки.

Інші ризики:

- втрати майна;
- збитки;
- ризики, які підлягають обов'язковому страхуванню [21].

Під час процесу аналізу для визначення числових значень ймовірності появи ступеня впливу, застосовувалася методика експертних оцінок. Виходячи цих оцінок можливо знайти ранг ризиків:  $R = P * L$ , де  $R$  – ранг ризику;  $P$  – ймовірність виникнення;  $L$  – ступінь впливу.

Шкала оцінки ризику може відповідати емпіричній шкалі оцінки ризику:

- 5 балів - критичний ризик (0,81 - 1);
- 4 бали - максимальний ризик (0,61 - 0,8);
- 3 бали - високий ризик (0,41 - 0,6);
- 2 бали - нормальний ризик (0,31 - 0,4);
- 1 бал - малий ризик (0 - 0,3) [22].

Оцінки ризиків проекту наведено в табл. Б.3.

Таблиця Б.3 – Оцінки ризиків проекту

№	Об'єкт ризику	Ризик	P	L	R
1.	Час	Неможливість дотримання виконавцем та замовником календарних планів проекту	0,9	0,5	0,45
2.	Час	Зміна пріоритету проекту замовником	0,5	0,3	0,15
3.	Технологія	Інформація яка не є достовірною, щодо характеристики базового програмно-апаратного комплексу замовника або його кардинальна зміна під час реалізації проекту	0,4	0,4	0,16
4.	Якість	Системи, що не відповідають задачам , грубі помилки в алгоритмах процесів, критичні збої системи	0,1	0,4	0,04
5.	Бюджет	Поява поза планових робіт по проекту	0,7	0,2	0,14
6.	Трудові ресурси та їх кваліфікація	Неможливість участі в запланованих роботах по проекту необхідних співробітників зі сторони замовника та виконавця у зв'язку з відпусткою, відрядженням та ін.	0,1	0,1	0,01
7.	Інтеграція	Не вірна інформація, щодо зовнішніх систем, з яких передбачена взаємодія в межах проекту	0,5	0,4	0,2
8.	Ринок	Розширення функціональних характеристик програмних продуктів, які використовувалися замовником в межах мети проекту	0,1	0,05	0,005
9.	Ринок	Зміна вимог замовника, економічні зміни, посилення конкуренції, втрата позицій на ринку;	0,5	0,1	0,05
10.	Бюджет	Зриви планів робіт; неправильна стратегія; персонал без потрібної кваліфікації; переоплати за роботу/матеріали; непогоджені частини проекту; невірний кошторис.	0,5	0,2	0,1



## ДОДАТОК В. ПРОЕКТУВАННЯ РОБІТ

Таблиця В.1 – Activity - глосарій для блоків IDEF0 моделі

Name	Definition
Розробка проекту "Візуалізація 3d моделі легкоатлетичного манежу СумДУ"	Візуалізація 3d моделі легкоатлетичного манежу СумДУ являє собою проект з проектування 3d моделі спортивного комплексу Сумського державного університету налаштування текстур згідно до оригіналу будівлі, встановлення освітлення для сцени. Відтворення візуалізації всієї сцени. Продукт проекту орієнтований на використання Сумським державним університетом, м. Суми. Створену візуальну модель буде використано у рекламно-профорієнтаційних матеріалах, для представлення на сайті СумДУ та для популяризації університету та міста Суми.
Аналіз області 3d моделювання	На першому етапі проекту йде аналіз предметної області. Тобто розглядається актуальність виконання даної роботи, існуючі аналоги (подібні проекти), чи потребує виконання конкретна робота.
Постановка задачі	При складанні постановки задачі формується мета та етапи її досягнення. Обираються методи для моделювання, інструменти реалізації, планування робіт.
Технічне завдання	Створення Технічного Завдання: -Призначення й мета створення 3D моделі; -Вимоги до 3D моделі.
Планування робіт	Етап розроблення "Планування робіт призначений для детального планування покрокової реалізації проекту. Складання календарного плану.
Проектування процесу візуалізації	Виконується моделювання (проектування) об'єкту дослідження. Будуються IDEF діаграми, проводиться моделювання варіантів використання ІТ- продукту, будується Use Case діаграма та інші діаграми, що моделюють функціонування ІТ- продукту.
Розробка	Процес розробки кінцевого продукту дипломного проекту, його архітектура. Приводяться знімки екрану, що демонструють використання ІТ-продукту.
Моделювання	За допомогою програми 3ds Max здійснюється моделювання спортивної споруди - легкоатлетичного манежу Сумського державного університету.
Налаштування матеріалів	Знаходяться або створюються потрібні текстури, налаштовуються карти матеріалів.
Налаштування освітлення, анімація, візуалізація	При підключенні програми Corona Render (програма призначена для налаштування та візуалізації сцени проекту), розподіляються по сцені джерела світла, за необхідності здійснюється анімація та створюється кінцева візуалізація сцени.
Оформлення кінцевого звіту проекту	Занесення до звіту всіх перерахованих раніше етапів, їх описання. Оформлення візуальних зображень проекту у звіті.

Таблиця В.2 – Arrow – глосарій для стрілок IDEF0 моделі

Name	Definition
Споруда легкоатлетичного манежу СумДУ	Споруда легкоатлетичного манежу Сумського державного університету відноситься до вхідних даних, оскільки вона слугує оригіналом для відтворення її 3d моделі.
Ідея реалізації роботи	Ідея проекту полягає у побудові візуальної моделі легкоатлетичного манежу СумДУ, застосуванні й налаштуванні текстур створених об'єктів та проведення візуалізації сцени.
Мета реалізації проекту	Метою даного проекту є побудова візуальної моделі легкоатлетичного манежу Сумського державного університету.
Технічне завдання	Технічне завдання (ТЗ) - це документ, включаючи в себе вимоги замовника до об'єкту, яке визначає умови та порядок її проведення для забезпечення державних або муніципальних потреб, у відповідності з якими здійснюється поставка товару, виконання робіт, надання послуг та їх прийому.
Час виконання роботи	Елементом управління даного проекту є час виконання. Відносно часу виконуються етапи з реалізації проекту, визначається строки виконання та задачі проекту.
Вимоги до виконання	Встановлені вимоги до структурно-функціонального моделювання процесів проекту.
Програмний продукт Autodesk 3ds Max	Програмний продукт від компанії Autodesk - 3ds Max являє собою механізм для виконання проектування моделей та реалізації частини проекту.

Name	Definition
Програмний продукт для візуалізації Corona Render	Механізм для проведення налаштування текстур та освітлення, візуалізації сцени.
Пакет програм від Microsoft Office	Використовується для реалізації частини проекту та складання звіту виконаних робіт.
Process Modeler r7	Програма для процесного моделювання, побудови діаграм IDEF. ideo - системно - функціональна модель; ideo3 - процесна модель.
Готова 3d модель легкоатлетичного манежу СумДУ	Одна складова з вихідних даних є готова 3d модель спортивного комплексу.
Візуалізація сцени	В результаті проведених робіт отримано візуалізацію сцени манежу та прилеглої території.
Звіт про виконані роботи	Також одним з вихідних даних є звіт про виконання проведених робіт проекту, їх детальний опис.
Відео ролик огляду сцени	Проведено анімацію та покадрову візуалізацію проекту, для створення відео ролика з оглядом сцени проекту
Проведений аналіз ПО	Проведений аналіз предметної області.
Складена постановка задачі	Складені всі пункти даного розділу, занесені до звіту.
Тех. вимоги до проекту	Складене детальне технічне завдання для конкретного проекту, описане в додатку звіту.
Описано планування робіт проекту	Описано планування робіт проекту, а саме: -Опис проекту на фазі ініціалізації; -Описання фази розроблення ІТ-проекту.
Сплановано роботи проекту	Сплановано роботи проекту, а саме: - фаза ініціалізації; -фаза розроблення ІТ-проекту.
Побудовані діаграми	Побудовані діаграми ideo0, ideo3, use case.
Створено 3d модель	Створена 3d модель готова до призначення їй текстур та подальших дій.
Налаштовано текстури	Для сцени призначено матеріали.
Завершено роботу зі сценою й моделлю	Завершено роботу зі сценою й моделлю. До змодельованої моделі застосовано потрібні матеріали, створено джерела світла, анімацію, візуалізацію.

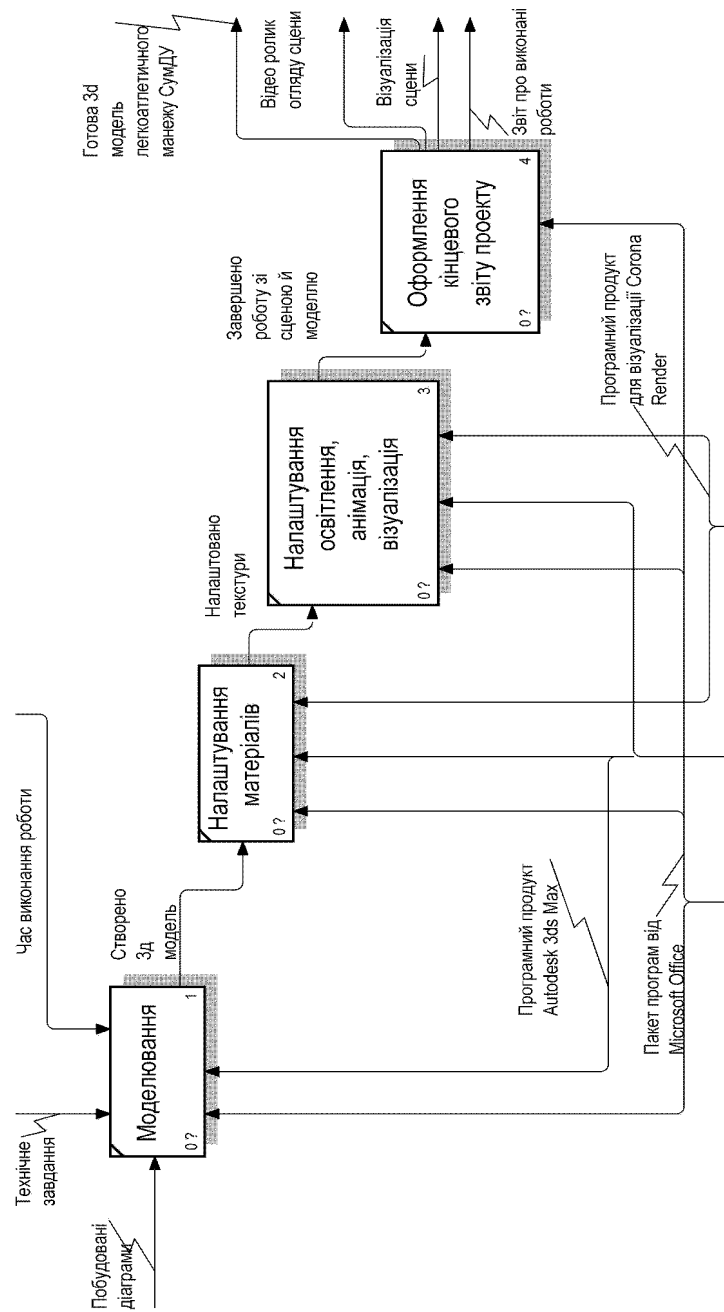


Рисунок В.1 – Другий рівень декомпозиції блоку «Розробка»