

**122 КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ
ТЕХНОЛОГІЇ**

УДК 004.92:069:904

DOI: 10.31498/2225-6733.52.2025.350944

**СТВОРЕННЯ 3D-МОДЕЛІ ДРАМАТИЧНОГО ТЕАТРУ МІСТА МАРІУПОЛЯ
ДЛЯ ЗБЕРЕЖЕННЯ ІСТОРИЧНОЇ ПАМ'ЯТКИ ТА КУЛЬТУРНОЇ СПАДЩИНИ УКРАЇНИ**

Кривенко О.В.	канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: https://orcid.org/0009-0006-2860-6575 , e-mail: krivenko_o_v@pstu.edu ;
Балалаєва О.Ю.	канд. техн. наук, доцент, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1461-4399 , e-mail: balalaeva_e_u@pstu.edu ;
Кучеренко О.М.	бакалавр, ДВНЗ «Приазовський державний технічний університет», м. Дніпро, e-mail: kucherenko_o_m@students.pstu.edu

Стаття присвячена створенню 3D-моделі Донецького академічного обласного драматичного театру в Маріуполі, зруйнованого внаслідок бойових дій. У зв'язку із загрозою знищення українських архітектурних пам'яток, збереження культурної спадщини шляхом цифрового моделювання набуває критичного значення. Проведено аналіз існуючих досліджень та проєктів, спрямованих на 3D-документування театру, зокрема робіт Center for Spatial Technologies (CST), Forensic Architecture, Skeiron тощо. Визначено, що основними методами, що використовувалися в даних проєктах, були методи фотограмметрії, 3D-сканування на прикладі ідентичних театрів та OSINT для реконструкції як екстер'єру, так і інтер'єру театру до та після руйнувань. Основними викликами при моделюванні зруйнованого об'єкта були обмеженість та низька якість доступних історичних даних, що ускладнює відтворення дрібних архітектурних деталей. У роботі детально описано процес створення 3D-моделі за допомогою програмного забезпечення Blender. Для моделювання використовувалися наявні фото- та відеоматеріали, а також архівні креслення. Робота включала послідовне відтворення фронтальної, бокових та задньої частин будівлі, включаючи колони, вікна, двері та дах. Особлива увага була приділена моделюванню інтер'єру театральної зали та сцени, де за кресленнями та фотографіями було відтворено понад 400 крісел, розташованих рядами. Для досягнення реалістичності використовувалися шейдери Blender (Principled BSDF, Glass, Emission) та вузли Shader Editor для накладання текстур на матеріали (цегла, дерево, метал, скло), що дозволило додати об'єму та ідентифікувати елементи на однотонному фоні. Створена 3D-модель є важливим інструментом для збереження історичної пам'яті та демонстрації масштабу трагедії в Маріуполі. Модель може бути використана для майбутнього відтворення будівлі, віртуальних виставок або 3D-друку мініатюр.

Ключові слова: 3D-моделювання, 3D-модель, Маріупольський драматичний театр, архітектурна пам'ятка, Blender.

Постановка проблеми

У зв'язку із загрозою знищення архітектурних пам'яток України під час бойових дій збереження культурної спадщини набуває першочергового значення. Одним з таких об'єктів є Донецький академічний обласний драматичний театр у Маріуполі, який, не дивлячись на руйнування, залишається знаковою культурною установою з глибокою історією. Маріупольський драмтеатр, побудований між 1956 та 1960 роками, був єдиним професійним театром у місті та одним із найстаріших на Лівобережній Україні. Будівля театру була спроєктована в стилі радянського монументального класицизму українськими архітекторами Олександром Криловою та Олегом Малишенком [1]. Хоча він був побудований за типовим проєктом, за яким також були побудовані музично-драматичні театри в Полтаві, Чернігові та Херсоні, драматичний театр в Маріуполі мав унікальні особливості. На відміну від інших театрів,

які зазвичай розташовувалися на площах чи уздовж проспектів, Маріупольський драмтеатр був побудований на осі проспекту посеред скверу, що створювало форму площі. Крім того, цей театр вирізняв унікальний фасад, який був значно перероблений і містив оригінальну скульптурну композицію у тимпані фронтону.

У 1983 театр отримав статус пам'ятки архітектури. З 2016 року він носила назву Донецький академічний обласний драматичний театр. Маріупольський драматичний театр функціонував до весни 2022 року, до моменту бойових дій, при цьому до того часу будівля театру зберігала оригінальну форму, обличкування стін, а також декоративне оздоблення як фасадів, так і інтер'єру. Крім того, незмінними залишалися параметри приміщень, конструкції та матеріали, використані для входів, малюнок та матеріал підлоги, освітлювальна арматура тощо [1]. 16 березня 2022 року будівля

театру була зруйнована, особливо постраждала центральна частина, яка була повністю знищена [2].

Одним з ефективних інструментів збереження даних про архітектурні пам'ятки є 3D-моделі, які надалі можуть бути використані для реставрації або повного відтворення будівель у разі їх пошкодження чи знищення, як це сталося з Маріупольським драматичним театром. Тривимірні моделі дозволяють створити точну цифрову копію об'єкта, фіксуючи його форму, структуру, розміри, деталі оздоблення та матеріали. Створення 3D-моделей під час війни – це критично важливий захід для збереження культурної ідентичності та історичної пам'яті.

Мета статті

Метою даної роботи є створення 3D-моделі Маріупольського драматичного театру як важливого елементу культурної спадщини України з метою збереження пам'яті про втрачений історичний об'єкт та підвищення обізнаності про його значення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Найбільш вагомий внесок у збір фото- та відеоматеріалів стосовно Донецького академічного обласного драматичного театру м. Маріуполя, а також створення його 3D-моделей зробив Центр просторових технологій (Center for Spatial Technologies – CST) у співпраці з Forensic Architecture / Forensis [3]. 3D-моделі внутрішнього простору будівлі театру ґрунтувалися на архівних кресленнях, які також наведені на сайті проєкту «Маріупольський Драмтеатр. Просторовий архів» [3] із посиланням на Державну наукову архітектурно-будівельну бібліотеку імені В.Г. Заболотного. 3D-моделі екстер'єру були побудовані у двох варіантах – до і після вибуху, при цьому для їх створення використовували методи фотограмметрії [4], які дозволяють побудуватися тривимірні моделі на основі двовимірних зображень об'єктів з різних ракурсів. Крім того, використовували методи 3D-сканування будівель, а саме Полтавського драматичного театру, який був побудований за проєктом, практично ідентичним Маріупольському драматичному театру [1].

Детальна робота була також проведена й з відеоматеріалами, які було розбито на окремі кадри та об'єднано у панорамні знімки, а також класифіковано за хронологією. Побудовані тривимірні моделі надалі було використано для «просторових свідчень» – інтерв'ю, де свідки ніби прогулювалися віртуальним простором, відтворюючи події. Крім того, проєкт дозволив локалізувати візуальні матеріали, що документують театр до та після руйнування.

3D-моделі театру від CST доступні на таких платформах, як Sketchfab, що дозволяють інтерактивно досліджувати будівлю до та після руйнування, а також її функціональні зони. Наприклад, «Mariupol Drama Theater – After russian Airstrike» [5], «Mariupol Drama

Theater» [6], «Mariupol Drama Theater – Function zones» [7].

Проєктом є «A City Within A Building: The Mariupol Drama Theatre» від Forensis та CST [8], що досліджує тритижневий період між початком бойових дій та знищенням театру – від 24 лютого до 16 березня 2022 року. Як зазначалося вище, в основу цифрової реконструкції побуло покладено 3D-сканування майже ідентичного драмтеатру в Полтаві [1] через відсутність доступу до зруйнованого драмтеатру в Маріуполі. Для збору та аналізу фотографій, відеоматеріалів та дописів із соціальних мереж використовували методи фотограмметрії, геолокації та OSINT [9], що передбачає отримання інформації з відкритих джерел.

На сайті [10] представлено інтерактивне розслідування «Theater-Shelter. Did Those Who Hid in the Mariupol Drama Theater Have a Chance to Survive?» від Zaborona та Center for Spatial Technologies Investigation. Дані матеріали використовують 3D-модель драмтеатру для візуалізації свідчень та фотографій мешканців Маріуполя. Створена візуалізація дозволяє користувачам обертати модель і натискати на відповідні номери, щоб переглянути фотографії та прочитати свідчення.

Інший проєкт – «Case Study: Modelling the Mariupol Drama Theatre Attack» від Citizen Evidence Lab [11] мав на меті створенні 3D-моделі Маріупольського драмтеатру для відтворення процесу та руйнівних наслідків бойових дій. На побудовану тривимірну модель наклали місця розташування свідків, їхні свідчення про зони найбільших пошкоджень, фото- та відеоматеріали, а також розрахували математичну модель вибухової хвилі. Розміри частин будівлі при побудові моделі в 3D визначали на основі фотографій, зроблених до руйнувань. Також використовували техніку «вирішення камери» для визначення позиції та фокусу відстані, що дозволило моделювати зовнішні деталі у правильних пропорціях. Після цього загальний масштаб було скориговано, спираючись на супутникові знімки та інші об'єкти на фотознімках, розміри яких відомі. Для моделювання внутрішніх поверхів трасували плани та екструдували стіни кожного поверху, спираючись на підказки з внутрішніх та зовнішніх фотографій, а також деталі сходів для оцінки висоти поверхів. У результаті отримано 3D-модель, яка синтезує у собі свідчення та інші докази, забезпечуючи підтвердження розташування зон пошкоджень та місць загибелі людей. Вона також була наративним та ілюстративним засобом для підтримки детального звіту.

Львівська студія Skeiron створила 3D-модель зруйнованого Маріупольського драматичного театру в рамках ініціативи #SaveUkrainianHeritage, яка спрямована на оцифрування культурної спадщини [12]. Для збору фото- та відеоматеріалів матеріалів була запущена краудфандингова кампанія, а основну частину даних для відновлення зовнішнього вигляду театру студія отримала від маріупольця Олексія Генералова, який раніше знімав Маріуполь за допомогою дрона. Для відтворення внутрішнього вигляду будівлі

використали сферичний відеотур, створений іншою мешканкою Маріуполя – Ольгою Демідко. Зазвичай студія Skeigon для оцифрування об'єктів культурної спадщини застосовує сканування з використанням геодезичних приладів, лазерних сканерів, а також дрони та фотоапарати. Однак у випадку з Маріупольським драматичним театром це виявилось неможливим через неможливість доступу до міста та руйнування будівлі, тому 3D-модель не є точною копією. Студія планує продовжити роботу з оцифрування об'єктів в Маріуполі, включаючи стару водонапірну вежу та кілька будівель навколо драмтеатру.

Таким чином, 3D-моделі стали важливим інструментом для візуалізації наслідків бойових дій, а також відтворення подій. 3D-моделі допомагають зберегти історичний запис про те, що сталося, і відновити візуальний образ зруйнованого об'єкта. Такі моделі слугують платформою для інтеграції свідчень очевидців, а також можливістю для «ситуативних інтерв'ю» в створеному цифровому просторі. Робота зі створення 3D-моделей Маріупольського драматичного театру продовжується, при цьому більшість з створених моделей доступні в інтерактивному форматі, що дозволяє широкій аудиторії проаналізувати та зрозуміти масштаби трагедії в Маріуполі.

Виклад основного матеріалу

Головні виклики при створенні 3D-моделі Донецького академічного обласного драматичного театру м. Маріуполя – забезпечення точності моделі та історична достовірність відтворення, що є достатньо складною задачею через обмеженість детальних історичних фотографій, креслень та планів театру, а також недостатньою кількістю та невисокою роздільною здатністю доступних зображень, що ускладнювало відтворення дрібних деталей. Крім того, відтворення складних архітектурних елементів, таких як ліпнина, колони, арки, вимагає високого рівня володіння програмними засобами тривимірного моделювання, а створення дуже детальної моделі може вимагати великих обчислювальних ресурсів.

Складність побудови архітектурних елементів моделі полягає в необхідності точного відтворення пропорцій та розмірів будівлі, при цьому завдання додатково передбачає створення реалістичних текстур, що відповідають матеріалам оригіналу. Недостовірне відтворення може спотворити історичну пам'ять, тому при виконанні такої роботи треба усвідомлювати свою відповідальність перед суспільством.

Для реалізації проекту було обрано Blender [13] – один з найбільш універсальних інструментів для 3D-моделювання та анімації, який є повністю безкоштовним та має відкритий вихідний код.

Для відтворення матеріалів використовували шейдери Blender: Principled BSDF, Glass, Emission, при цьому матеріали налаштовували з урахуванням фізичних властивостей архітектурних частин будівлі,

наприклад, відбиття та заломлення. Principled BSDF – універсальний шейдер, який є основою для більшості матеріалів. Він імітує широкий спектр поверхонь і при моделюванні будівлі використовується для стін (бетон, цегла, штукатурка), дерев'яних елементів (рами, двері, підлога), металеві деталі (поручні, водостоки, дах). Glass BSDF – шейдер для моделювання скла та інших прозорих, заломлюючих матеріалів, який дозволяє коректно розрахувати відбиття та заломлення світла, проходячи через поверхню. Emission – шейдер, який змушує об'єкт випромінювати світло, перетворюючи його на джерело освітлення, що дозволяє використовувати його для освітлення в інтер'єрі.

Налаштування матеріалів з урахуванням фізичних властивостей виконували через Shader Editor. Нові матеріали створювали через меню Material Properties та підключали шейдери. За замовчуванням отримували вузол Principled BSDF, а для інших матеріалів заміняли цей вузол на Glass BSDF або додали нові (наприклад, для світлих частин фасаду підключали вузол Emission до входу Emission у Principled BSDF). Для реалістичності матеріалів необхідні були текстури, тому додавали вузли Image Texture, завантажували зображення (Base Color, Roughness, Normal Map) і підключали їх до відповідних входів шейдера.

Для освітлення було використано два типи: лампа та сонце. Для рендерингу, тобто процесу перетворення 3D-моделі з комп'ютерної програми на зображення, яке буде бачити користувач, використовуються двигуни Cycles або Eevee.

Вихідні дані для створення 3D-моделі Донецького академічного обласного драматичного театру м. Маріуполя були фото та відеоматеріали, а також креслення: фронтальна частина (рис. 1а), задня частина (рис. 1б), бокова частина (рис. 2а), знімки під кутом (рис. 2б), театральна зала (рис. 3).

Першим етапом роботи над 3D-моделлю Драматичного театру було створення фронтальної частини будівлі. По-перше, найбільше інформації в інтернет-джерелах містилося саме про цю частину, а, по-друге, спираючись на неї, простіше визначити розміри інших фрагментів. У проєкт було додано фотографію фронтальної частини театру – референс (рис. 4а).

Спочатку було створено форму колони з куба, після чого додано ще три копії колон та розташовано по відповідних місцях на референсі (рис. 4б). Далі теж з куба було створено частину стіни, яка спирається на колони та має невеликий навіс, при цьому враховано, що дана частина стіни йде по всьому периметру театру (рис. 4в). Наступним кроком було додано нижню частину колон, яка плавно переходить у сходи та нижню частину будівлі на наступних етапах (рис. 5а). Далі дороблено стіну з фронтального ракурсу по боках від крайніх колон (рис. 5б). Після цього створено сходи (рис. 5в) та від основи колон зроблено нижню частину театральних стін, яка в оригіналі є чорного кольору та виглядає як окантовка будівлі (рис. 5г).

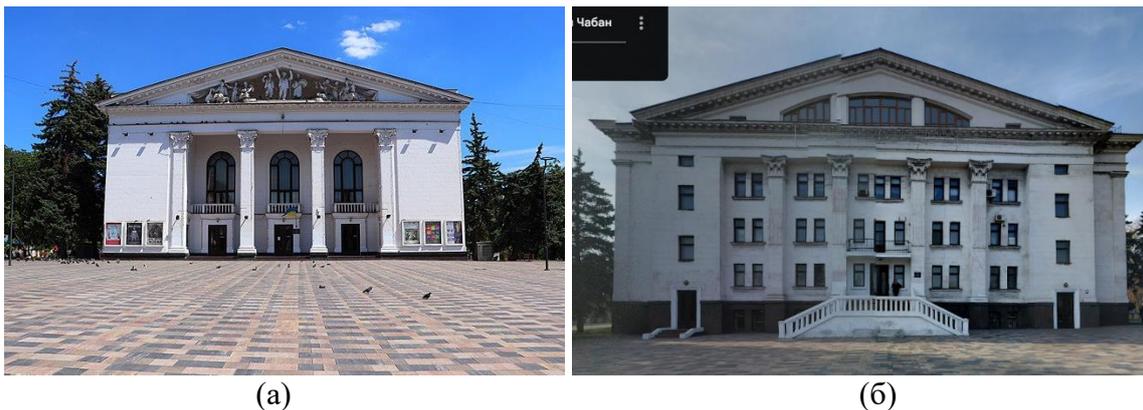


Рис. 1 – Фотографія фронтальної частини театру (а), фотографія задньої частини театру з гугл-мап за авторством Андрія Чабана



Рис. 2 – Фрагмент з відео про модель театру за описом від свідків (а), знімок театру під кутом з дрону (б)

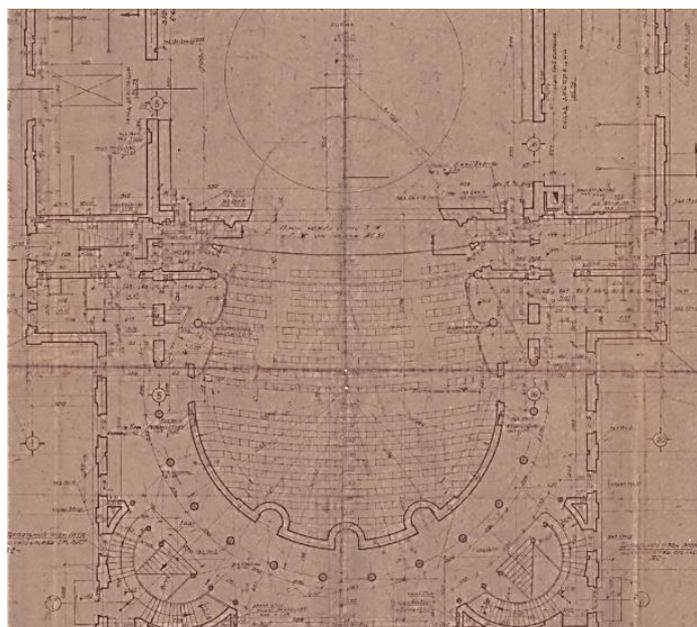
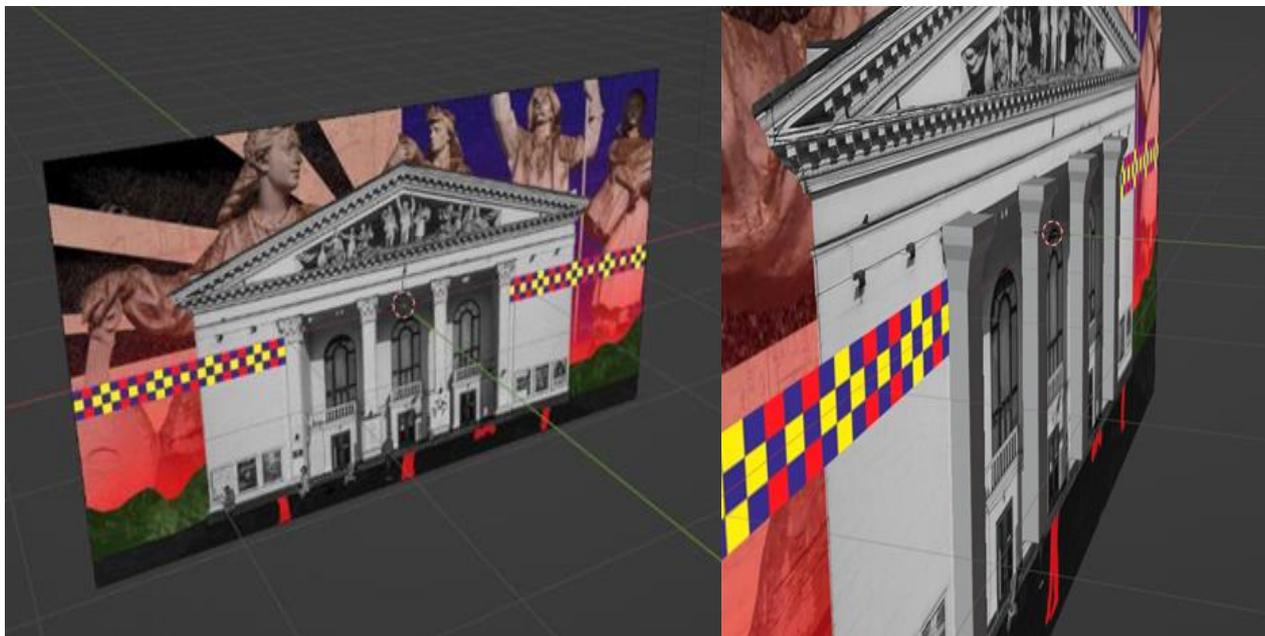


Рис. 3 – Креслення театральної зали

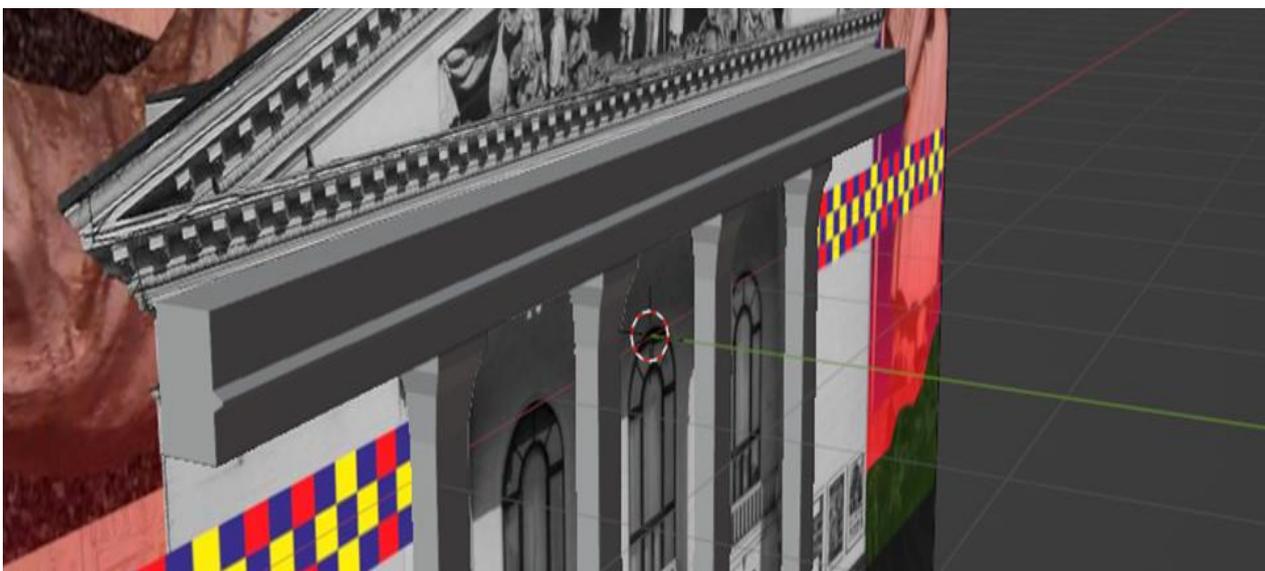
Наступним кроком було створення трьох вхідних дверей та балконів над ними, що потребувало зусиль для точного визначення розмірів (рис. 6а, б). Останній фрагмент – це створення форми даху, кутів нахилу та

розміру (рис. 7а), при цьому опрацювання його деталей буде розглянуто на наступних етапах роботи над 3D-моделлю.



(а)

(б)



(в)

Рис. 4 – Референс фронтальної частини театру (а), колон (б) та частини стіни з навісом (в)

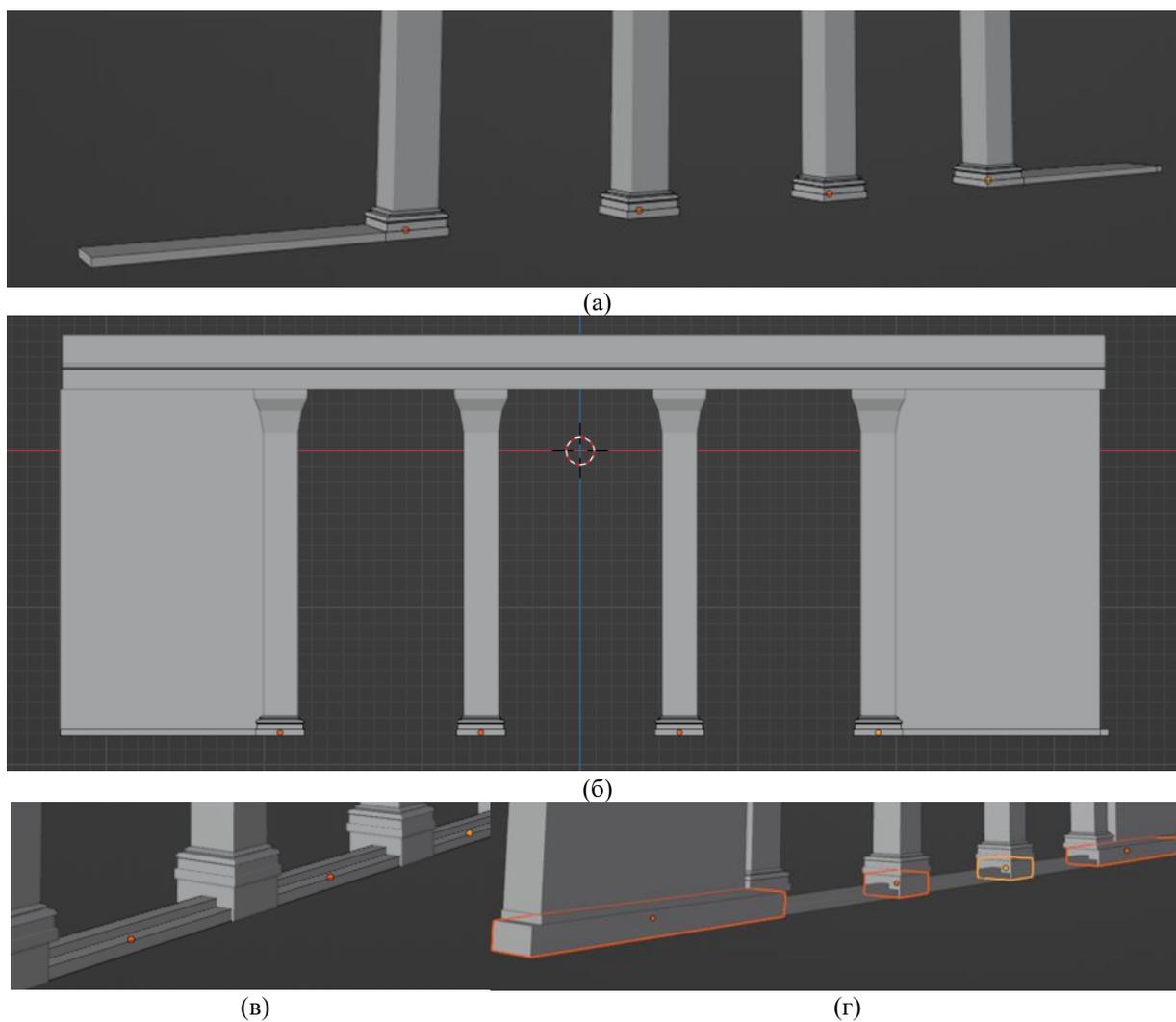


Рис. 5 – Створення основи колон (а), основних передніх стін (б), сходів (в) та нижньої частини стіни (г)

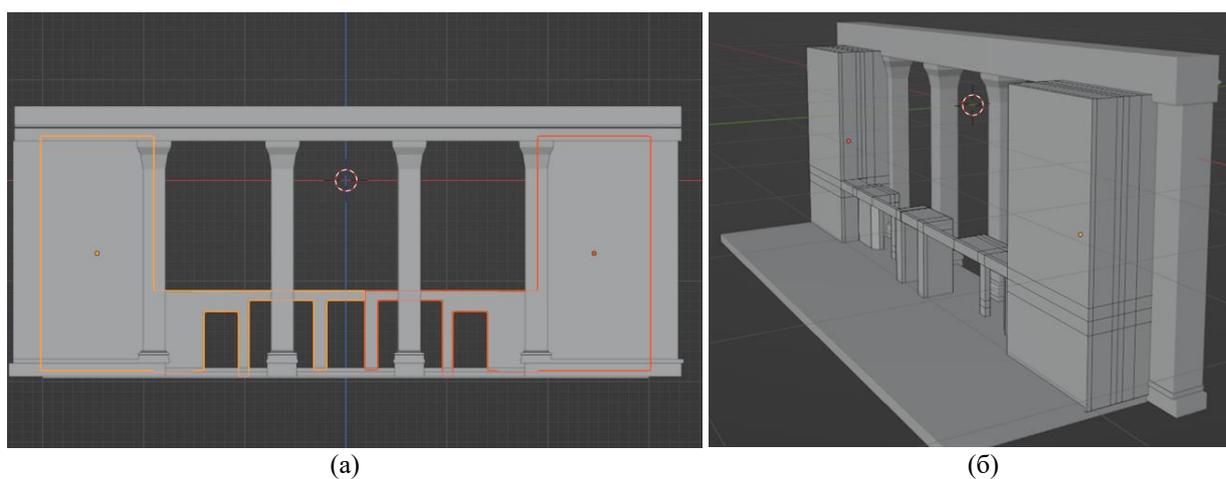


Рисунок 6 – Вхід: вид спереду (а) та зсередини (б)

Другим етапом роботи над 3D-моделлю Драматичного театру було моделювання найдовшої частини будівлі, яка складається з двох ділянок, одна з яких має відношення до фронтальної частини, а інша – до задньої частини театру.

Було виміряно довжину стін відносно фронтальної частини театру за фотографією, після чого побудовано їх з'єднання (рис. 7б).

Далі на стінах було створено вікна, при цьому верхні вікна мають більші підвіконня, ніж на першому та другому поверсі (рис. 8а). Було додатково враховано, що у середньому стовпці (п'ятому) проходять вікна між сходами, тому вони мають іншу висоту, а також наявні двері для входу (рис. 8б).

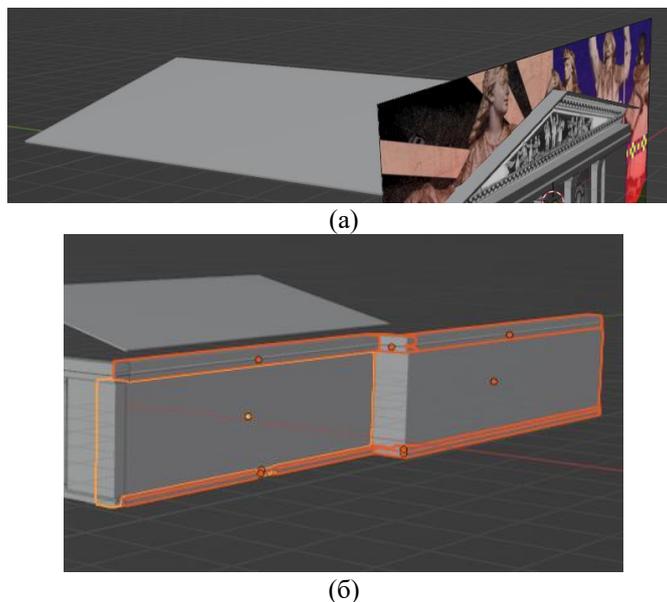


Рис. 7 – Початок створення даху (а) та створення бокових стін (б)

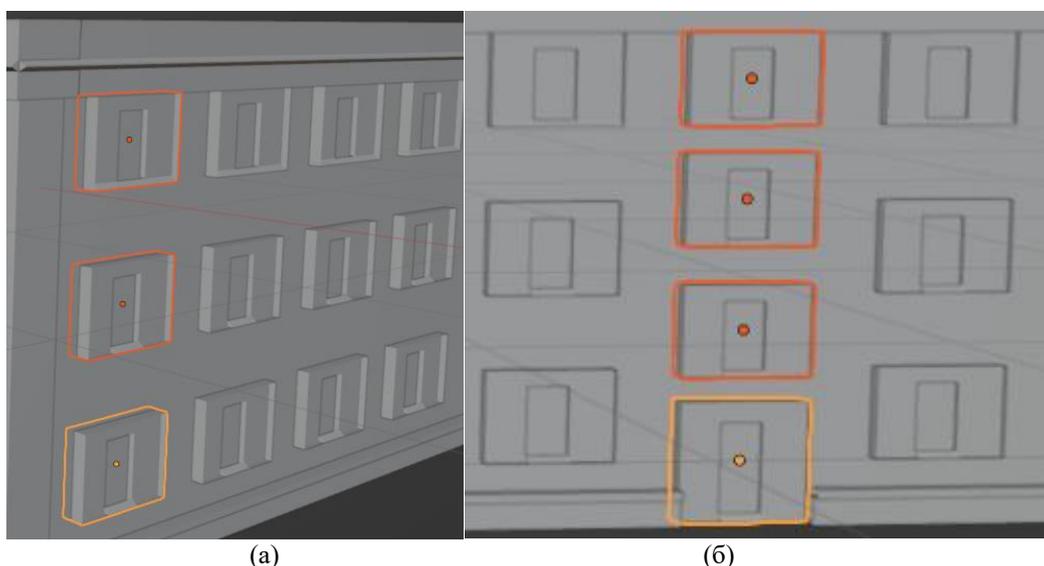
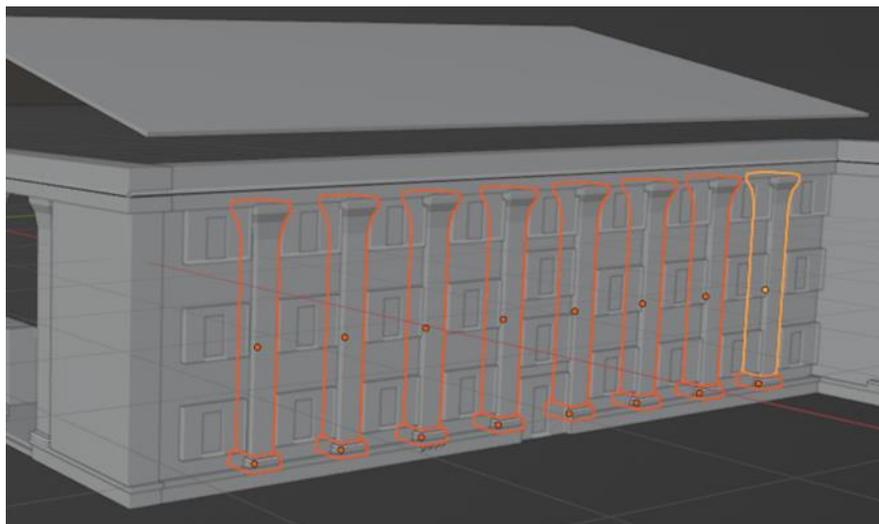


Рис. 8 – Створення вікон на першому, другому та третьому поверхах (а), а також вікон та дверей між сходами (б)

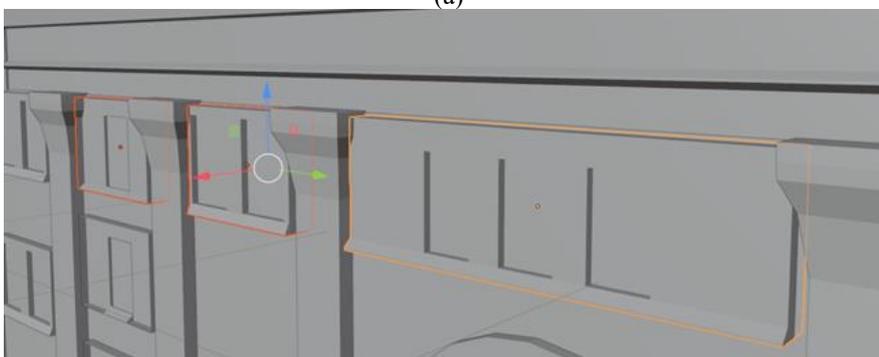
Між кожним стовпцем вікон розміщено колони, які аналогічні до колон на передній частині будівлі та розташовані вони впритул до країв вікон (рис. 9а). На стіні, яка прилягає до задньої частини будівлі, вікон менше, але вони складніші за попередні, бо іноді є

подвійними та потрійними (рис. 9б).

Близько до передньої частини стіни розташовані двері, аналогічні до попередніх дверей (рис. 10а), а також є великі ворота для ввезення речей на склад з аркою над ними (рис. 10б).

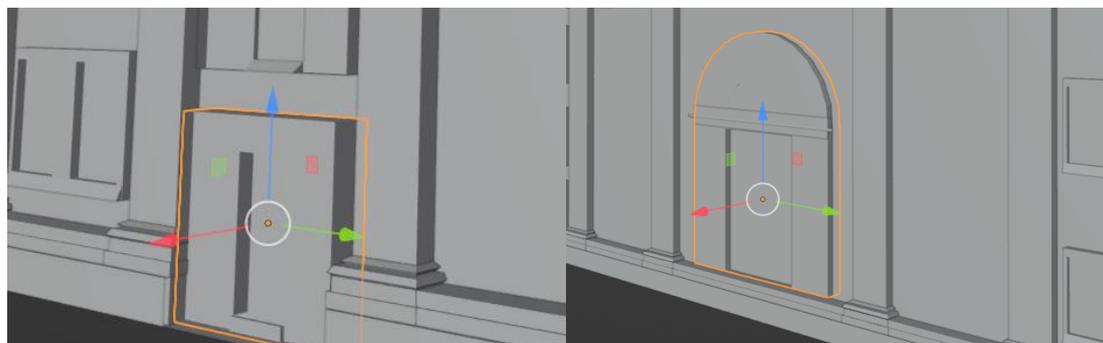


(а)



(б)

Рис. 9 – Створення колон на бокових стінах (а) та вікон бокової задньої стіни



(а)

(б)

Рис. 10 – Двері до сходів (а) та ворота на склад (б)

Другим етапом роботи над 3D-моделлю є створення задньої частини театру, при переході до якої є звуження від бокових стін в формі букви Г (рис. 11а). Задня та фронтальна стіни мають однакові розміри й, незважаючи на схожість в окремих елементах, містять багато різних деталей. Задня частина має майже

чотири десятки вікон різної форми та окремі маленькі квартирки. При побудові тривимірної моделі застосовували чотири види вікон, які відрізняються кількістю скла та розмірами (рис. 11б). Також наявні три однакові двері по боках та в центрі стіни (рис. 11в).

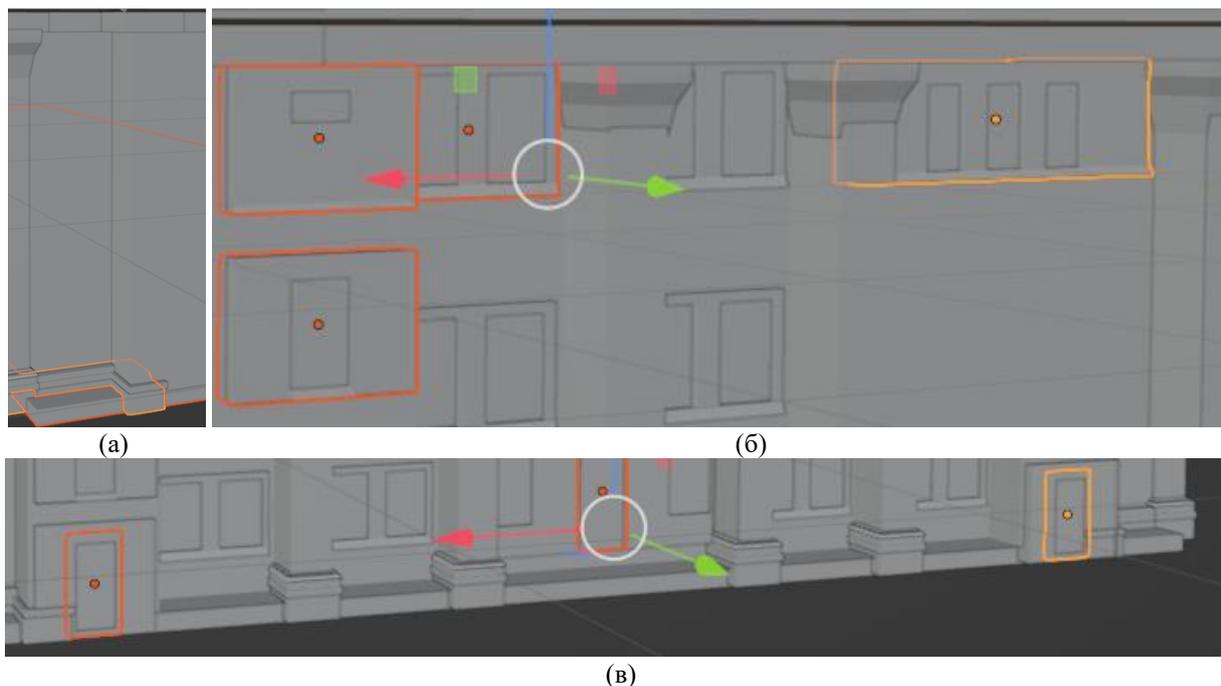


Рис. 11 – Перехід між стінами (а), чотири види вікон (б) та двері заднього входу (в)

Наявний широкий балкон по центру з тонькими дверима та огороженням (рис. 12 а). До центральних дверей ведуть сходи Т-образної форми з поручнями, які є найскладнішим елементом цієї частини будівлі

(рис. 12б, в). Під дахом є також вікна дуже специфічної форми з кам'яним огороженням та залізними прутами (рис. 12г).

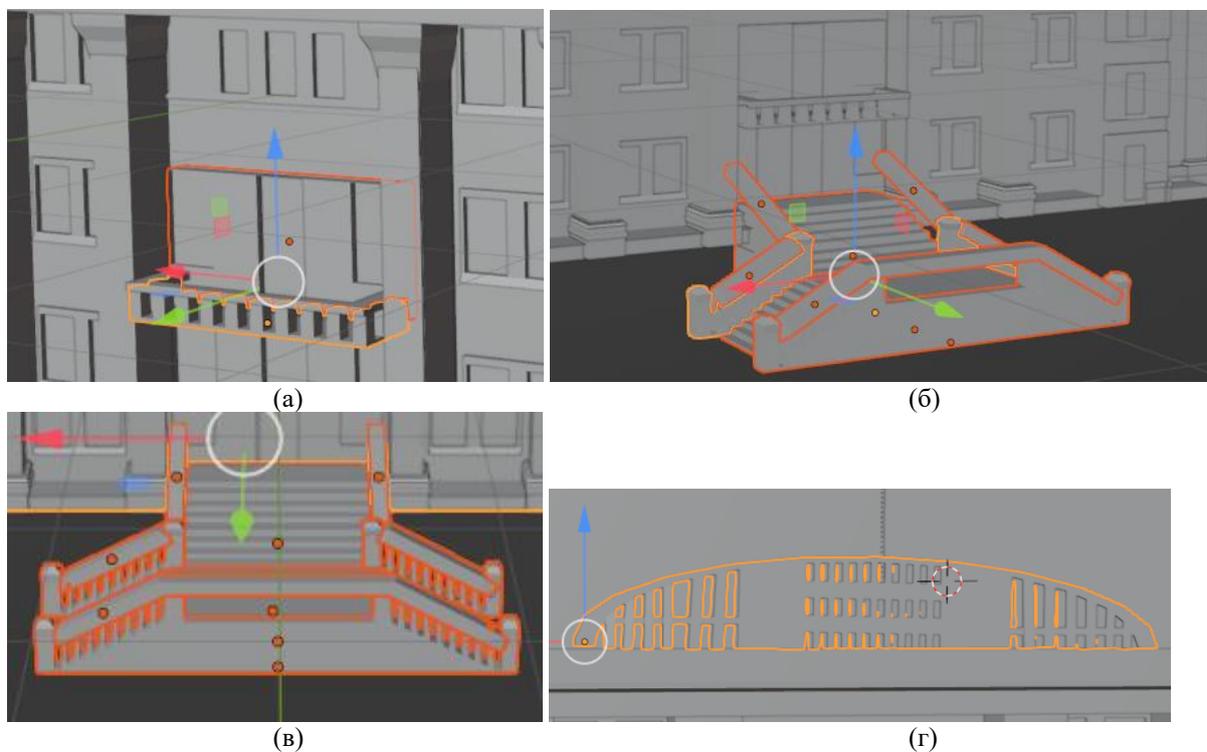


Рис. 12 – Балкон на другому поверсі (а), сходи – ракурсу під кутом (б) та під прямим кутом (в), віконця із залізними прутами (г)

Четвертим етапом було створення даху, яке почалося з основи, що проходить по всій довжині театру (рис. 13а). При створенні даху використовувалася симетрія в самому кінці, тому кожен елемент робили тільки для одного боку даху. Було створено відгалуження для бокової та верхньої частини даху (рис. 13б). Далі створили дах за огороженням, який подібний до основного, але менший за розмірами (рис. 13в).

Після цього побудували огороження на даху (рис. 14а) та балкон на даху, яких всього буде два (рис. 14б).

Наприкінці реалізували симетрію та завершили остаточний вигляд даху, завдяки циліндрам (рис. 15а, б).

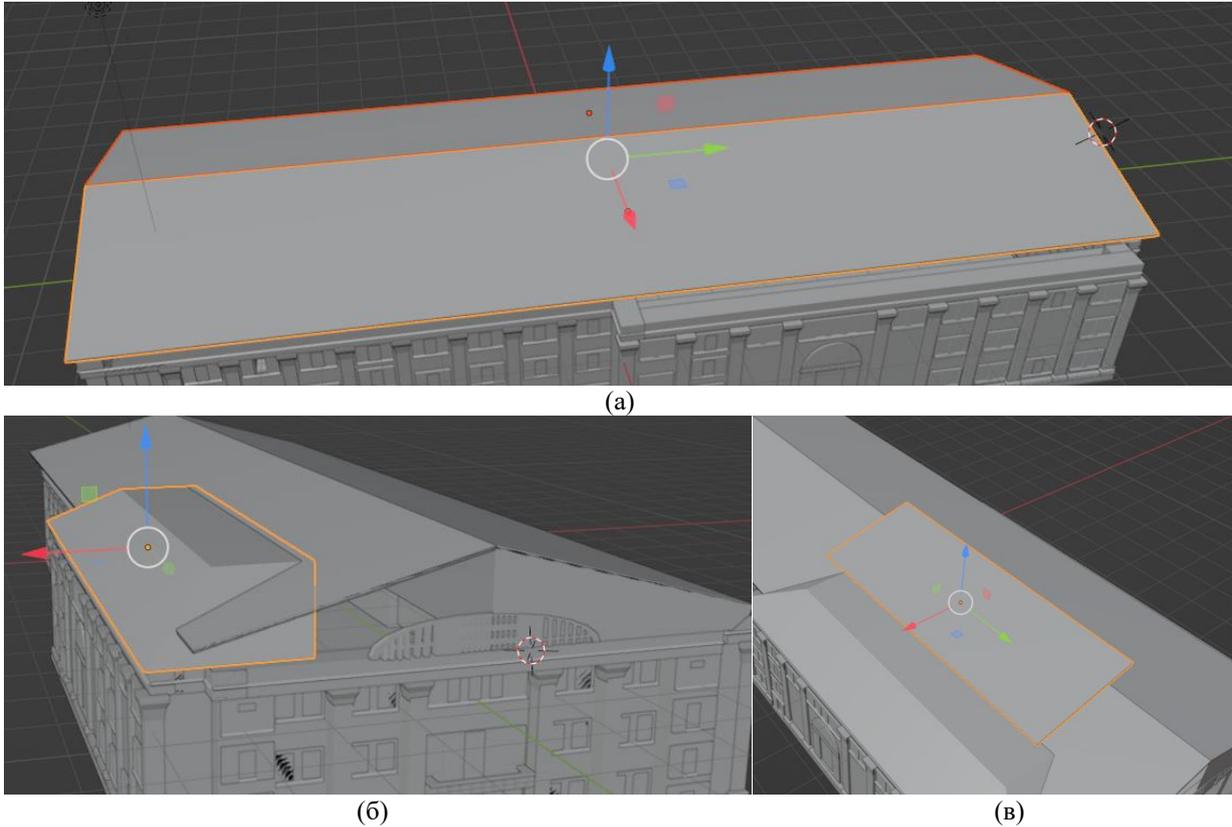


Рис. 13 – Основа даху (а), його відгалуження (б) та менший дах (в)

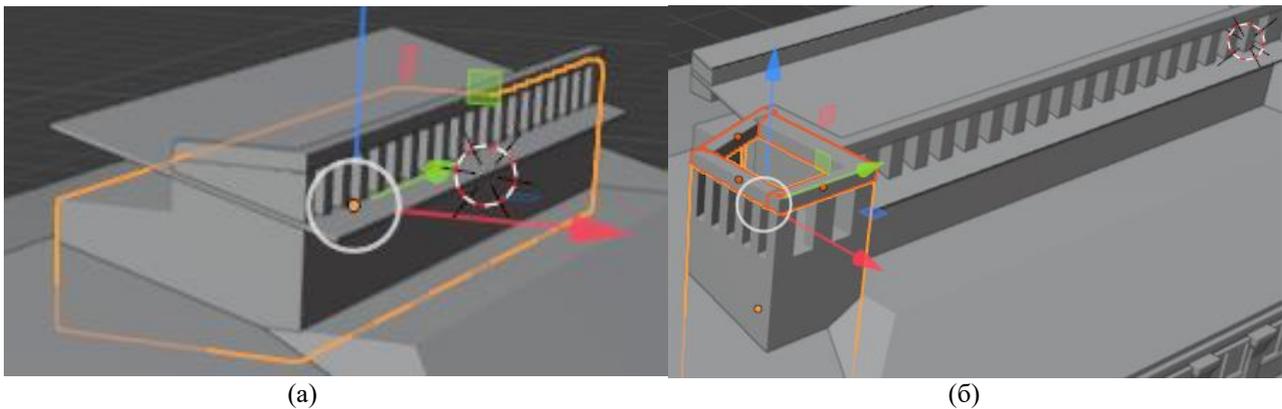
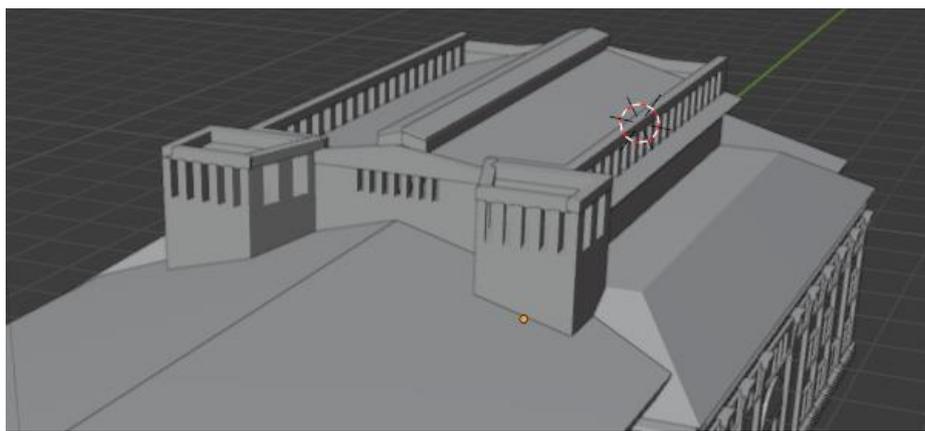
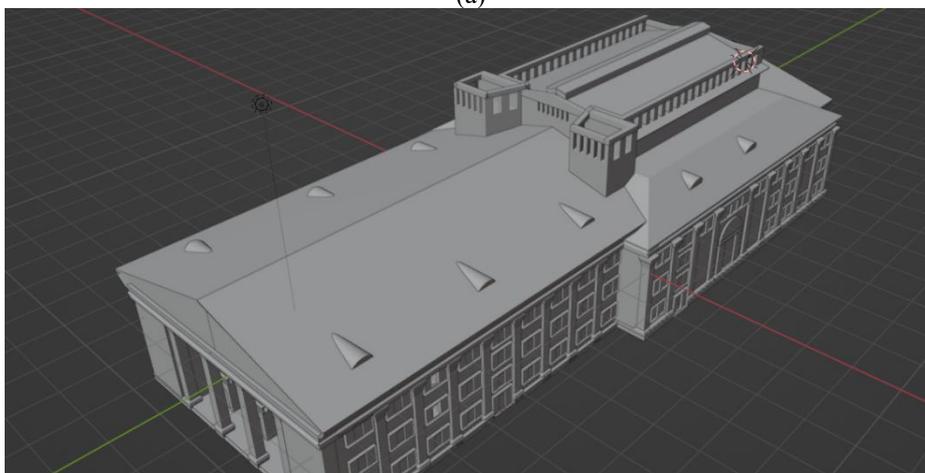


Рис. 14 – Огороження (а) та балкон (б) на даху



(а)

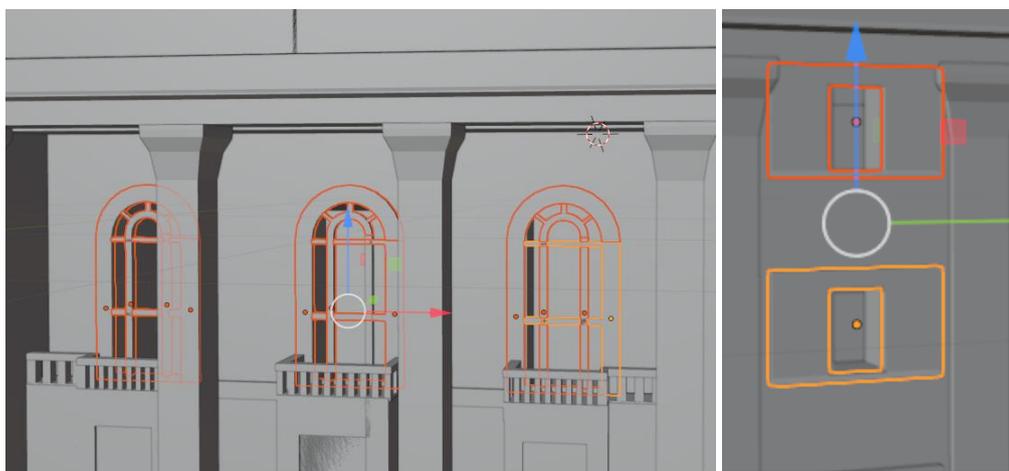


(б)

Рис. 15 – Створення центру даху (а) та завершений вигляд даху (б)

П'ятим етапом було моделювання декорацій та доопрацювання моделі. Роботу над цим етапом розпочали зі створення світла всередині будівлі, для цього було розміщено точкове джерело світла потужністю

1000W). Далі було створено вікна для проходження променів світла на передній частині та збоку театру. Вікна мають арочну форму та багато елементів каркасу (рис. 16а, б).



(а)

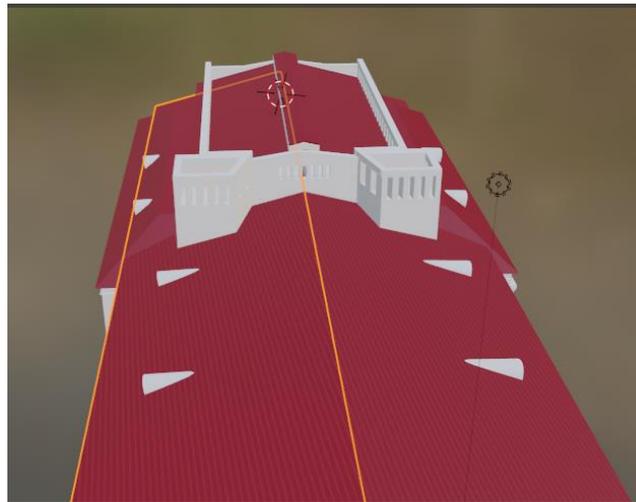
(б)

Рис. 16 – Вікна спереду (а) та збоку (б)

Наступний крок цього етапу – текстурування даху театру за допомогою нодів в меню шейдерів. Ноди – це базові блоки, які використовуються для створення або редагування текстур та матеріалів в тривимірному моделюванні. Був використаний метод вставки текстур у ноди та прив'язки до об'єктів через прості зв'язки блоків. Додавання текстур було розпочато з даху та його яскравою червоною текстурою. Також на самому даху є ще два маленьких дахи такого

самого кольору. Результат текстурування даху в меню «Шейдинг» наведено на рис. 17а.

Далі додали текстуру для фронтальної частини будівлі. Вона має три двері та три дерев'яних арочних вікна. Накладали текстуру дерева на усі перелічені елементи, що дозволило виділити їх на фоні іншої будівлі. Також додали текстуру для нижньої окантовки будівлі, яка має чорний колір з домішками сірого та димчастого відтінків (рис. 17б).



(a)



(б)

Рис. 17 – Результат текстурування даху (а) та передньої частини театру в меню «Шейдинг»

На бокових частинах було додано світло-сірі текстури на вікна та металеву текстуру на двері складу. Такі текстури зроблені з метою виділити ці елементи на фоні білої стіни театру. Багато елементів для додавання текстур, але всі вони є симетричними один до одного. Текстури було додано через вибір всіх вікон та останнього обраного вікна з текстурою – саме з нього можна застосовувати текстуру для всіх заздалегідь

обраних елементів (рис. 18а). На задній частині розташована найбільша кількість різних елементів з різними текстурами (рис. 18б). Це й вікна та двері, які були в усіх формах на попередніх боках будівлі театру, сходи з пісочними відтінками, а також іржава решітка для вікон на горіщі театру, яка має арочну конструкцію та незвичайні форми (рис. 18в).

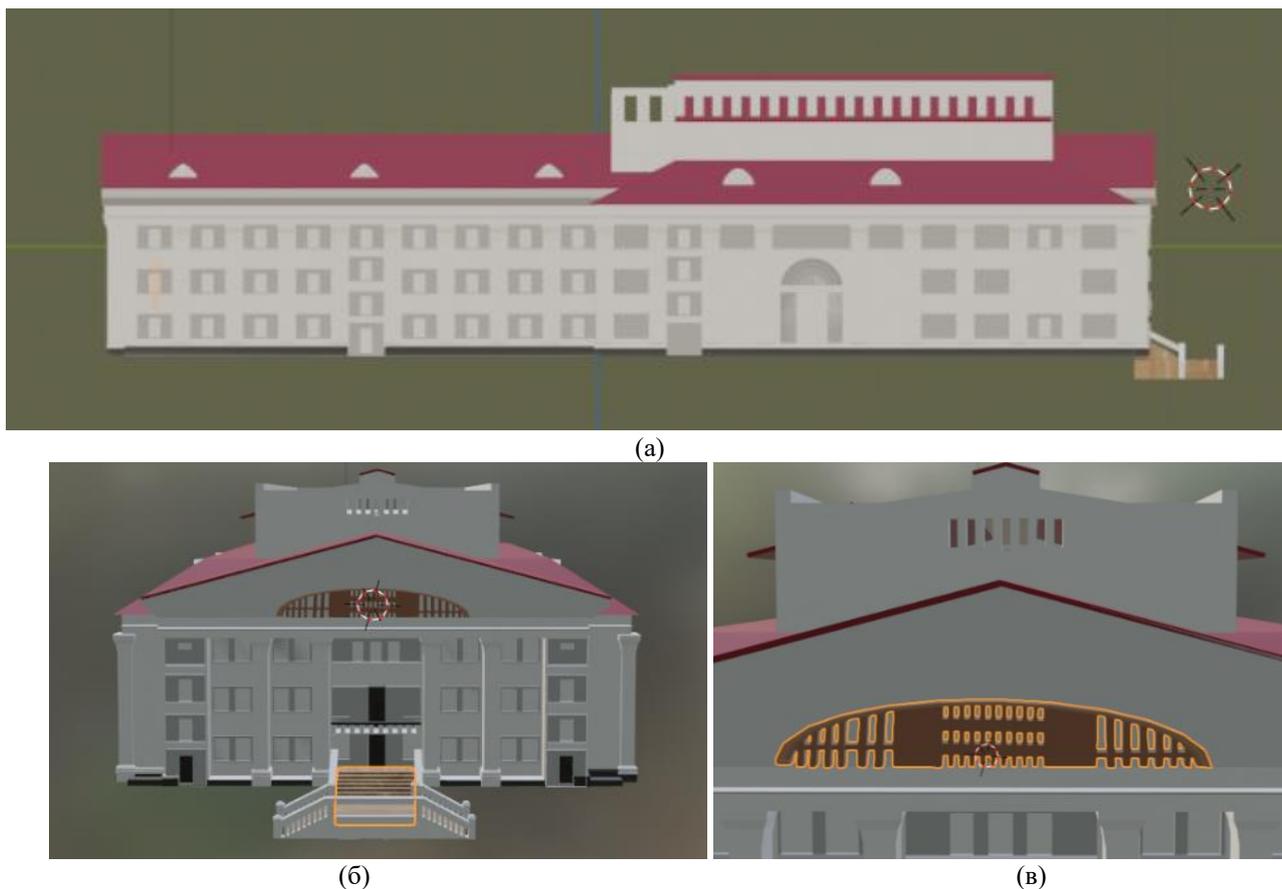


Рис. 18 – Результат текстурування бокової частини (а), задньої частини (б) та старої віконної рами (в) у меню «Шейдинг»

Текстурування надало роботі фінального вигляду, краси та впізнаваності. Пошук та накладання текстур є дуже складним та довгим етапом, в якому застосовуються функції нод. Текстурування дозволило виділити об'єкти на однотонному фоні та додати об'єму деталям.

Шостим етапом стало створення інтер'єру, а саме зали та сцени, які є головними елементами кожного театру.

В першу чергу, було зібрано матеріали для створення зали та сцени театру, а саме фотографій (рис. 19а) та креслень (рис. 3) приміщення зали театру, при цьому ракурси на фото дозволили точно відтворити дрібні деталі. Фотоматеріали було зіставлено у файлі Blender перпендикулярно зі збереженням симетрії на дальніх елементах інтер'єру для створення подальших об'єктів у залі театру (рис. 19б).

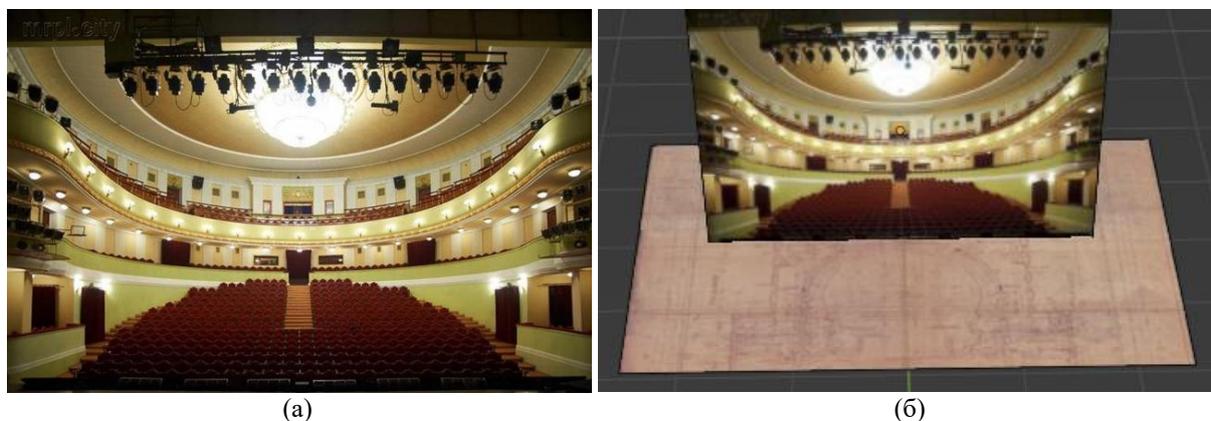


Рис. 19 – Фотографія театральної зали зі сцени (а) та зіставлені фото з кресленням у Blender

Далі створювали крісла у залі. Зала містить більше 400 крісел, тому моделювання всіх було розпочато з одного. Для цього крісло було зіставлено поміж двох фотоматеріалів. Розміри було визначено саме за дальніми кріслами, які стоять на балконі та йдуть дугою навколо нижніх рядів (рис. 20а, б).

Аналогічно створено решту крісел на балконах. Для дугового ряду доводилось змінювати кут повороту для кожного крісла. Моделювали тільки одну сторону, а іншу створювали через глобальну симетрію за віссю X (рис. 20 в, г).

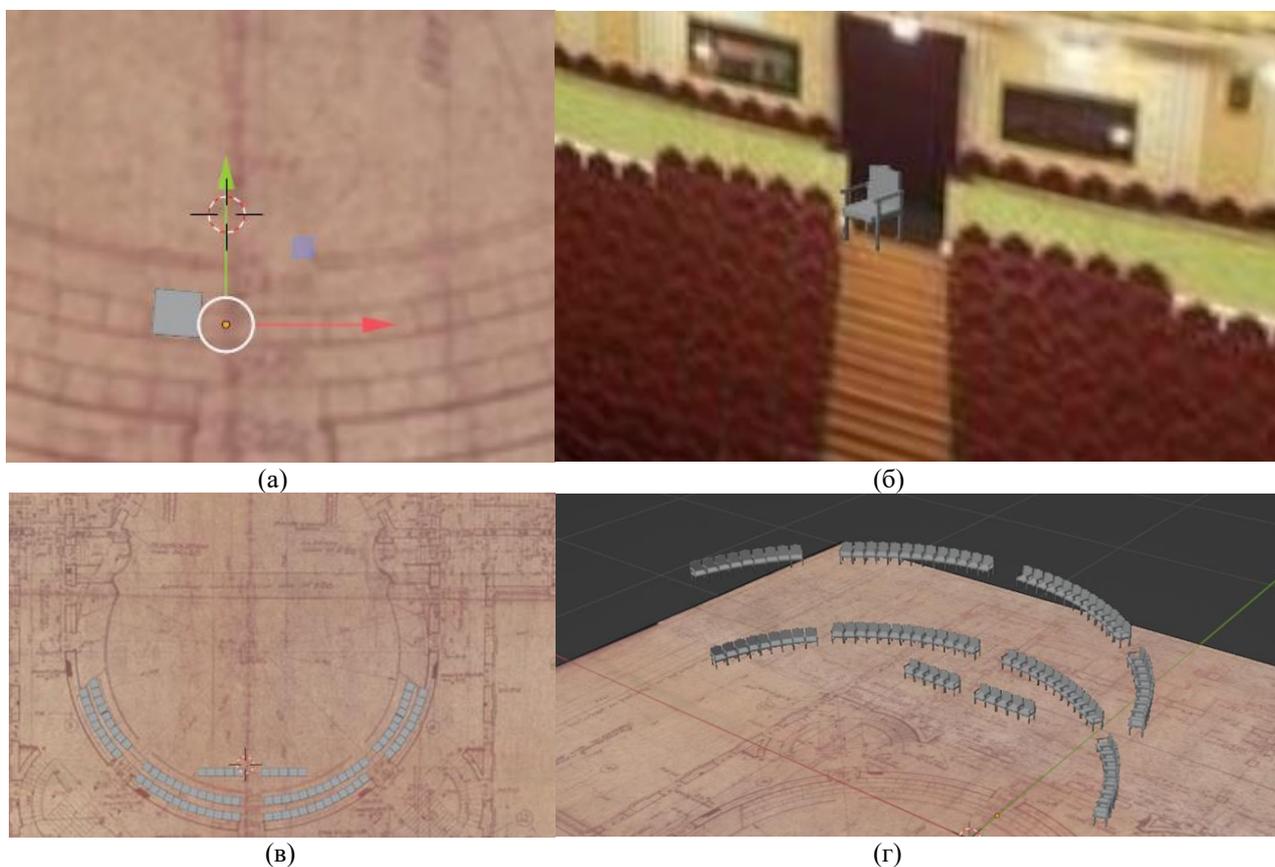


Рис. 20 – Ракурс крісла зверху на фоні креслення (а) та під кутом на фоні фотографії (б), ракурс рядів крісел зверху (в) та збоку на фоні креслення (г)

Далі було створено крісла, які йдуть рядами до самої сцени (їх в залі знаходиться близько 40 та ряди мають різну кількість крісел). Така форма рядів ідеально вписується у приміщення зали, яке має форму кола для забезпечення гарної акустики (рис. 21). Далі було створено сходи, які слугують підпорою для крісел в усьому залі та йдуть від верхнього ряду до нижнього, при цьому крісло стоїть на кожній другій сходинці (рис. 22).

Сьомим і останнім етапом було створено сцену та балконів, які були розташовані по кутах зі стін. Балкони є декоративними та мають вхід за кулісами. Кінцевий результат створеної моделі сцени та залу було перенесено до файлу з моделлю театру. На рис. 22 наведено сцену після рендерингу.

Побудована 3D-модель Донецького академічного обласного драматичного театру м. Маріуполя наведена на рис. 23.

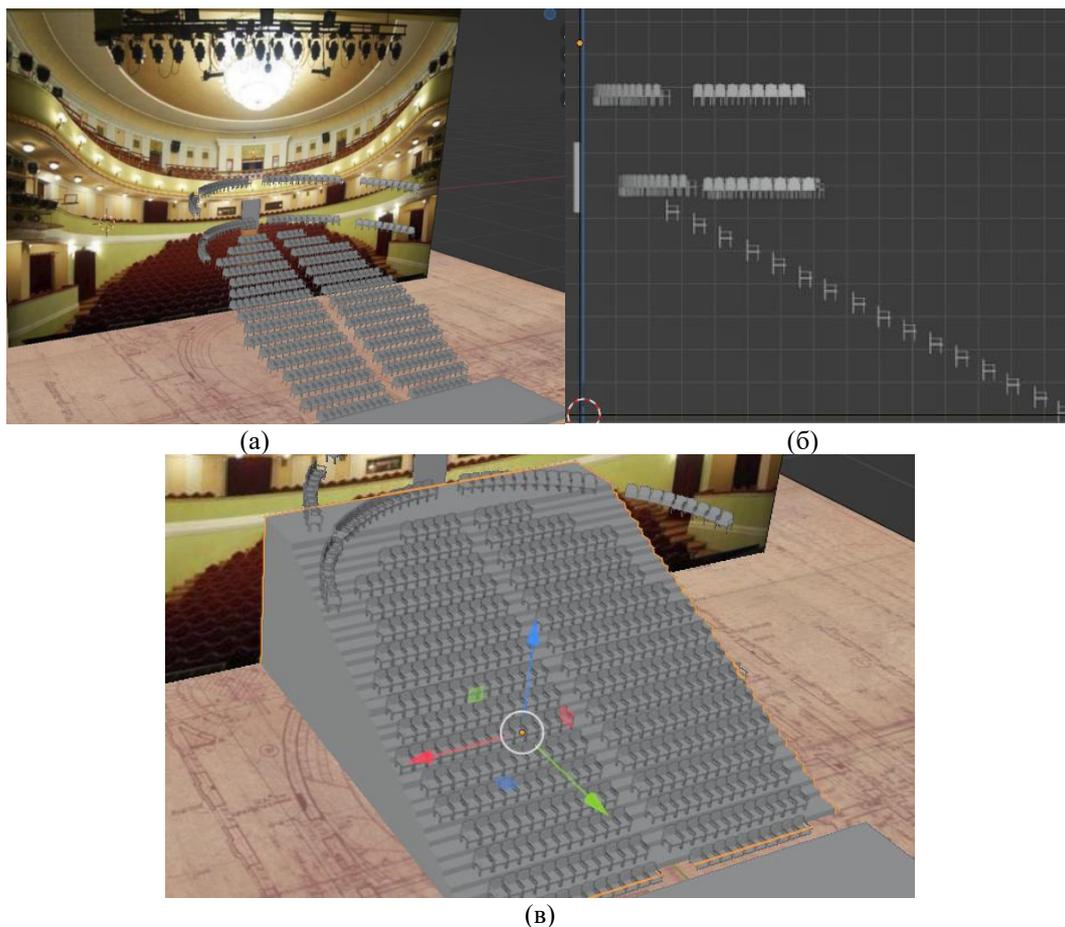


Рис. 21 – Вид на залу з кріслами під кутом (а), вид рядів крісел збоку (б), сходи (в)

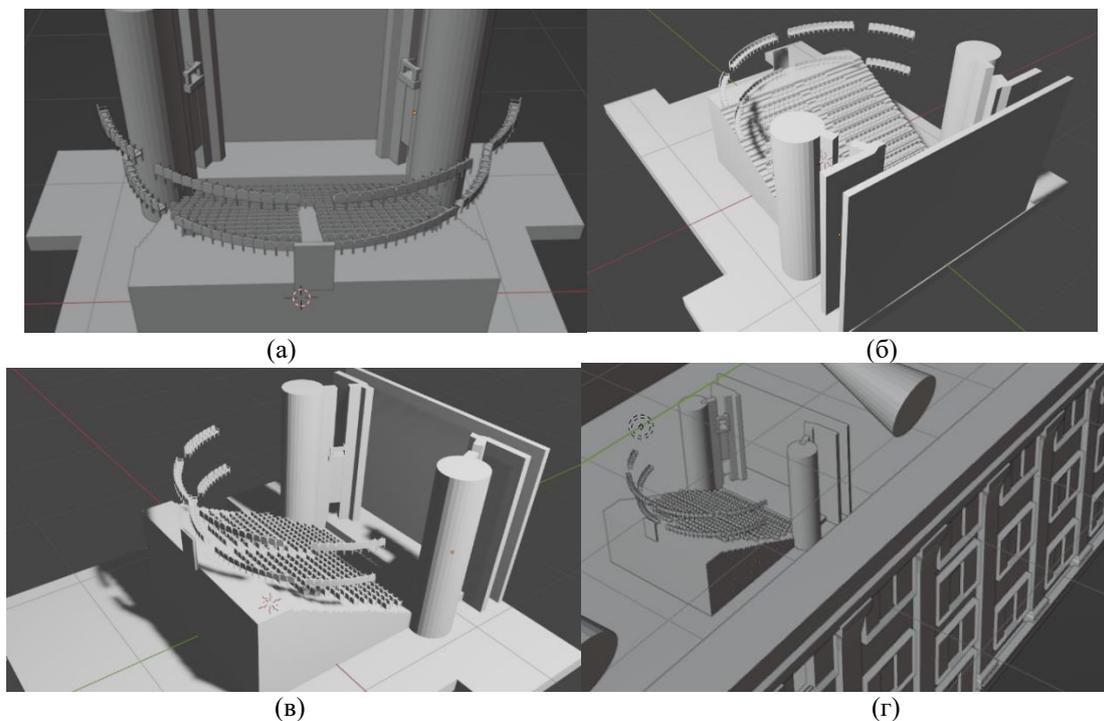


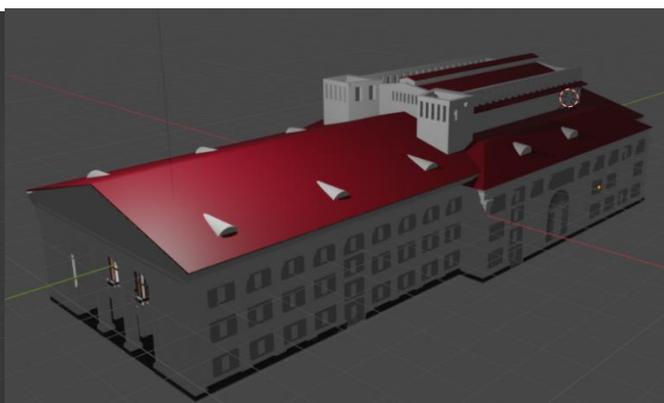
Рис. 22 – Вид на залу та сцену ззаду (а), з-за сцени (б), збоку (в), сцена в театрі (г)



(a)



(б)



(в)

Рис. 23 – Побудована 3D-модель Донецького академічного обласного драматичного театру м. Маріуполя: вид спереду (а), ззаду (б) та збоку (в)

Висновки

Таким чином, у даній роботі наведено детальний опис усіх етапів створення 3D-моделі Донецького академічного обласного драматичного театру у Маріуполі за допомогою програмного забезпечення Blender. Для моделювання використовувалися наявні фото- та відеоматеріали, а також креслення. Змодельовано фронтальну, бокові та задню частини будівлі з врахуванням специфічних елементів, таких як колони, вікна, двері та дах. Особлива увага приділялася створенню театральної зали та сцени, включаючи моделювання рядів крісел на основі креслень і фотографій. Для реалістичного відтворення матеріалів використовувалися

шейдери Blender (Principled BSDF, Glass, Emission) та вузли для накладання текстур.

Побудована модель Маріупольського драматичного театру може стати не лише цифровим архівом, а й інструментом для збереження пам'яті про втрачений історичний об'єкт і демонстрації масштабу трагедії, що сталася в Маріуполі. У подальшому цю модель можна відтворити у мініатюрі засобами 3D-друку для демонстрації в музеях, на виставках, тематичних заходах тощо. Використання 3D-моделей допомагає не лише зберегти пам'ять про втрачені об'єкти, а й сприяє їхньому потенційному відновленню в майбутньому.

Перелік використаних джерел

- [1] Заборона. Маріупольський драмтеатр: 60 років історії – від будівництва до авіаудару. URL: <https://zaborona.com/mariupolskyj-dramteatr-60-rokiv-istoriyi-vid-budivnytva-do-aviaudaru> (дата звернення 15.11.2024).
- [2] Український інститут національної пам'яті. 2022 – бомбардування росіянами Маріупольського драмтеатру. URL: <https://uinp.gov.ua/istorychnyy-kalendar/berezen/16/2022-bombarduvannya-rosiyanyu-mariupolskogo-dramteatru> (дата звернення 25.11.2024).
- [3] Маріупольський Драмтеатр. Просторовий архів. URL: <https://theater.spatialtech.info/uk#models> (дата звернення 03.12.2024).
- [4] Тарновський А., Захарченко С., Тарновський М. Проблеми сучасних методів тривимірної фотограмметрії. *Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія*. 2024. Вип. 60(2). С. 31-41. DOI: <https://doi.org/10.31649/1999-9941-2024-60-2-31-41>.
- [5] «Mariupol Drama Theater – After russian Airstrike». URL: <https://sketchfab.com/3d-models/mariupol-drama-theater-after-russian-airstrike-b75f483ba0844bd498520d55a0051939> (дата звернення 01.12.2024).
- [6] «Mariupol Drama Theater». URL: <https://sketchfab.com/3d-models/mariupol-drama-theater-329f298b6014451ca54f8aa5c76523e0> (дата звернення 05.12.2024).
- [7] «Mariupol Drama Theater – Function zones». URL: <https://sketchfab.com/3d-models/mariupol-drama-theater-function-zones-e57201fcb27c4ad4a16c925653f447dd> (дата звернення 10.12.2024).
- [8] A City Within A Building: The Mariupol Drama Theatre. URL: <https://counterinvestigations.org/investigation/a-city-within-a-building-the-mariupol-drama-theatre> (дата звернення 11.12.2024).
- [9] Жмур Н. В., Землянікіна М. П. Історія становлення та сучасний стан технології пошуку інформації OSINT. *Наукові праці Київського авіаційного інституту. Серія: Юридичний вісник «Повітряне і космічне право»*. 2022. Вип. 3(64). С. 95-101. DOI: <https://doi.org/10.18372/2307-9061.64.16895>.
- [10] Заборона. Investigation. Theater-Shelter. Did Those Who Hid in the Mariupol Drama Theater Have a Chance to Survive? URL: <https://zaborona.com/inter-active/mariupol-theatre-investigation-en/> (дата звернення 12.12.2024).
- [11] Case Study: Modelling the Mariupol Drama Theatre Attack. URL: <https://citizenevidence.org/2023/02/23/3d-theatre-attack-mariupol> (дата звернення 15.12.2024).
- [12] Суспільне Донбас. Без лазерів, дронів та фотоапаратів – лише інформація від людей: як робили 3D-модель маріупольського драмтеатру. URL: <https://suspilne.media/donbas/415026-bez-lazeriv-droniv-ta-fotoaparativ-lise-informacia-vid-ludej-ak-robili-3d-model-mariupolskogo-dramteatru/> (дата звернення 01.12.2024).
- [13] Удосконалення технології створення тривимірних 3D-моделей з використанням креслень і фотографій механізмів старих зразків / Котлик С. В., Романюк О. Н., Соколова О. П., Шинкар О. В. *Automation technological and business processes*. 2024. № 1. С. 4-16. DOI: <https://doi.org/10.15673/atbp.v16i1.2765>.

CREATING A 3D MODEL OF THE MARIUPOL DRAMA THEATRE TO PRESERVE A HISTORICAL LANDMARK AND THE CULTURAL HERITAGE OF UKRAINE

- Kryvenko O.** *PhD (Engineering), associate professor, SHEI «Priazovskiy state technical university», Dnipro, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-2860-6575>, e-mail: krivenko_o_v@pstu.edu;*
- Balalaieva O.** *PhD (Engineering), associate professor, SHEI «Priazovskiy state technical university», Dnipro, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1461-4399>, e-mail: balalaieva_e_u@pstu.edu;*
- Kucherenko O.** *bachelor, SHEI «Priazovskiy state technical university», Dnipro, e-mail: kucherenko_o_m@students.pstu.edu*

The paper is devoted to the creation of a 3D model of the Donetsk Academic Regional Drama Theater in Mariupol, destroyed as a result of hostilities. In connection with the threat of destruction of Ukrainian architectural monuments, the preservation of cultural heritage through digital modeling is of critical importance. An analysis of existing research and projects aimed at 3D documentation of the theater was conducted, in particular the work of the Center for Spatial Technologies (CST), Forensic Architecture, Skeiron, etc. It was determined that the main methods used in these projects were photogrammetry, 3D scanning using the example of identical theaters, and OSINT for the reconstruction of both the exterior and interior of the theater before and after the destruction. The main challenges in modeling the destroyed object were the limited and low quality of available historical data, which makes it difficult to reproduce small architectural details. The paper describes in detail the process of creating a 3D model using Blender software. The modeling used existing photo and video materials, as well as archival drawings. The work included a sequential reproduction of the

front, side and rear parts of the building, including columns, windows, doors and roof. Particular attention was paid to the modeling of the interior of the theater hall and stage, where more than 400 seats arranged in rows were reproduced according to drawings and photographs. To achieve realism, Blender shaders (Principled BSDF, Glass, Emission) and Shader Editor nodes were used to overlay textures on materials (brick, wood, metal, glass), which allowed adding volume and identifying elements on a monochromatic background. The created 3D model is an important tool for preserving historical memory and demonstrating the scale of the tragedy in Mariupol. The model can be used for future reconstruction of the building, virtual exhibitions or 3D printing of miniatures.

Keywords: 3D modeling, 3D model, Mariupol Drama Theater, architectural monument, Blender.

References

- [1] Zaborona. Mariupolskyi dramteatr: 60 rokiv istorii – vid budivnytstva do aviaudaru (Zaborona. Mariupol Drama Theater: 60 Years of History – From Construction to Airstrike). [Online]. Available: <https://zaborona.com/mariupolskyi-dramteatr-60-rokiv-istoriyi-vid-budivnyctva-do-aviaudaru>. Accessed on: November 15, 2024.
- [2] Ukrainskyi instytut natsionalnoi pamiaty. 2022 – bombarduvannia rosiianamy Mariupolskoho dramteatru (Ukrainian Institute of National Remembrance. 2022 – Russian bombing of the Mariupol Drama Theater). [Online]. Available: <https://uinp.gov.ua/istorychnyy-kalendar/berezen/16/2022-bombarduvannya-rosiyanamy-mariupolskogo-dramteatru>. Accessed on: November 25, 2024.
- [3] Mariupolskyi Dramteatr. Prostorovyi arkhiv (Mariupol Drama Theater. Spatial Archive). [Online]. Available: <https://theater.spatialtech.info/uk#models>. Accessed on: December 03, 2024.
- [4] A. Tarnovskyi, S. Zakharchenko, and M. Tarnovskyi, “Problemy suchasnykh metodiv tryvymirnoi fotogrametrii” [“Problems of modern methods of three-dimensional photogrammetry”], *Informatsiini tekhnologii ta kompiuterna inzheneriia – Information technology and computer engineering*, vol. 60(2), pp. 31-41, 2024. doi: **10.31649/1999-9941-2024-60-2-31-41**.
- [5] Mariupol Drama Theater – After russian Airstrike. [Online]. Available: <https://sketchfab.com/3d-models/mariupol-drama-theater-after-russian-airstrike-b75f483ba0844bd498520d55a0051939>. Accessed on: December 01, 2024.
- [6] Mariupol Drama Theater. [Online]. Available: <https://sketchfab.com/3d-models/mariupol-drama-theater-329f298b6014451ca54f8aa5c76523e0>. Accessed on: December 05, 2024.
- [7] Mariupol Drama Theater – Function zones. [Online]. Available: <https://sketchfab.com/3d-models/mariupol-drama-theater-function-zones-e57201fcb27c4ad4a16c925653f447dd>. Accessed on: December 10, 2024.
- [8] A City Within A Building: The Mariupol Drama Theatre. [Online]. Available: <https://counter-investigations.org/investigation/a-city-within-a-building-the-mariupol-drama-theatre>. Accessed on: December 11, 2024.
- [9] N. Zhmur, and M. Zemlianikina, “Istoriia stanovlennia ta suchasnyi stan tekhnologii poshuku informatsii OSINT” [“History of formation and current state of information retrieval technology OSINT”], *Naukovi pratsi Kyivskoho aviatsiinoho instytutu. Seriya: Yurydychnyi visnyk «Povitriane i kosmichne pravo» – Scientific Works of Kyiv Aviation Institute. Series Law Journal «Air and Space Law»*, vol. 3(64), pp. 95-101, 2022. doi: **10.18372/2307-9061.64.16895**.
- [10] Zaborona. Investigation. Theater-Shelter. Did Those Who Hid in the Mariupol Drama Theater Have a Chance to Survive? [Online]. Available: <https://zaborona.com/interactive/mariupol-theatre-investigation-en/>. Accessed on: December 12, 2024.
- [11] Case Study: Modelling the Mariupol Drama Theatre Attack. [Online]. Available: <https://citizen-evidence.org/2023/02/23/3d-theatre-attack-mariupol>. Accessed on: December 15, 2024.
- [12] Suspilne Donbas. Bez lazeriv, droniv ta foto-aparativ – lyseshe informatsiia vid liudei: yak robyly 3D-model mariupolskoho dramteatru (Public Donbas. Without lasers, drones and cameras – only information from people: how a 3D model of the Mariupol Drama Theater was made). [Online]. Available: <https://suspilne.media/donbas/415026-bez-lazeriv-droniv-ta-fotoaparativ-lise-informacia-vid-ludej-ak-robili-3d-model-mariupolskogo-dramteatru/>. Accessed on: December 01, 2024.
- [13] S.V. Kotlyk, O.N. Romaniuk, O.P. Sokolova, and O.V. Shynkar, “Udoskonalennia tekhnologii stvorennia tryvymirnykh 3D-modelei z vykorystanniam kreslen i fotohrafii mekhanizmiv starykh zrazkiv” [“Improving the technology of creating three-dimensional 3D models using drawings and photographs of old-style mechanisms”], *Automation technological and business processes*, № 1, pp. 4-16, 2024. doi: **10.15673/atbp.v16i1.2765**.

Стаття надійшла 19.09.2025

Стаття прийнята 30.10.2025

Стаття опублікована 29.12.2025

Цитуйте цю статтю як: Кривенко О.В., Балаласва О.Ю., Кучеренко О.М. Створення 3D-моделі драматичного театру міста Маріуполя для збереження історичної пам'ятки та культурної спадщини України. *Вісник Приазовського державного технічного університету. Серія: Технічні науки*. 2025. Вип. 52. С. 7-24. DOI: <https://doi.org/10.31498/2225-6733.52.2025.350944>.