

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Група: 4КГ-08

Дипломний проект

**здобувача освіти денної форми навчання
КГ.08.02.000.ДП**

БЕЯ

КИРИЛА ДМИТРОВИЧА

**м. Одеса
2025 р.**

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Група: 4КГ-08

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломного проекту на тему:

Цифрова реконструкція обладнання для обробки зерна ХІХ століття

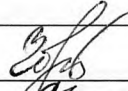
Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на 72 сторінках та графічного (презентаційного) матеріалу на 13 аркушах (слайдах)

Дипломник  (Бей К.Д.)

Керівник  (Ломовцев П.Б.)

Консультанти:


з економічного розділу  (Канський М.Ю.)

з розділу охорони праці та техніки безпеки  (Чорновол Н.І.)

з нормоконтролю  (Петрашова В.І.)

старший консультант  (Кривченко Ю.В.)

До захисту допущений


Голова циклової комісії  (Кривченко Ю.В.)

Завідувач відділення  (Краснокутська К.Г.)

Захист «28» червня 2025 р.

Протокол ЕК № 7

Оцінка ЕК 3(задовільно) / 70%

Секретар ЕК 

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення комп'ютерних систем Комісія КТ та ПІ
Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-професійна програма «Комп'ютерна графіка і web-дизайн»»

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Заст. дир. з НВР Беркань І.В.
« 19 » 08 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проект

Здобувачеві освіти Бею Кирилу Дмитровичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Цифрова реконструкція обладнання для обробки зерна XIX століття.

затверджена наказом по коледжу від «14» листопада 2024р. № 246

2. Термін здачі закінченого проекту _____

3. Вихідні данні до проекту _____

1. Дослідити специфіку обладнання для обробки зерна XIX століття;

2. Застосувати технології Blender для 3D-моделювання;

3. Застосувати технології Blender для текстуровання та матеріалів;

4. Створити 3D-сцену та об'єкти з відповідністю до реального обладнання для обробки зерна XIX століття та текстурами з ефектом штучного зістарювання.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити)

1. Аналіз предметної області; 2. Технології та засоби розробки (проектування);








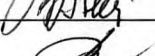


3. Збір референсів для 3D-моделі; 4. Розробка 3D-моделі;

5. Розробка текстур; 6. Створення демонстраційного рендеру;

7. Економічний розрахунок; 8. Аспекти охорони праці та техніки безпеки.


5. Перелік графічного (презентаційного) матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, кількості слайдів)
Титульна сторінка; Принцип роботи барабанного сепаратора; Використанні технології проектування; Етапи проектування; Джерело реконструкції; Блокінг моделі; Деталізація моделі; UV-розгортка; Текстуровання; Текстури; Матеріали та шейдинг; Скриптинг.

6. Консультанти по проекту, із зазначенням розділів проекту, що їх стосується

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Основний розділ	Ломвцев П.Б.		
Економічний розділ	Канський М.Ю.		
Розділ охорони праці	Чорновол Н.І.		
Нормоконтроль	Петрашова В.І.		
Старший консультант	Кривченко Ю.В.		

7. Дата видачі завдання 12.05.2025

Керівник Ломвцев П.Б.


(підпис)


Завдання прийняв до виконання Бей К.Д.


(підпис)

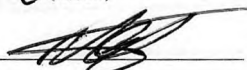
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/р	Назва етапів дипломного проекту	Термін виконання етапів дипломного проекту (роботи)	Відмітка про виконання
1	Формування вступу	15.05.25	Виконано
2	Аналіз предметної області	16.05.25	Виконано
3	Підбір технічної літератури	19.05.25	Виконано
4	Вибір технологій та засобів проєктування	24.05.25	Виконано
5	Проектування основи для 3D-моделі	23.05.25	Виконано
6	Деталізація 3D-моделі	26.05.25	Виконано
7	Текстурування 3D-моделі	28.05.25	Виконано
8	Створення демонстраційних рендерів	30.05.25	Виконано
9	Оформлення пояснювальної записки	08.06.25	Виконано
10	Оформлення графічної (презентаційної) частини	09.06.25	Виконано
11	Економічний розрахунок	12.06.25	Виконано
12	Опис охорони праці та техніки безпеки	13.06.25	Виконано
13	Аналіз результатів проєктування	16.06.25	Виконано

Дипломник


(підпис)

Керівник


(підпис)

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кіл.	Примітка
				<u>Документація</u>		
			КГ 08. 02 000. 00 ДП	Дипломний проект		
A4			КГ. 08. 02 000. 00 ДП ПЗ	Пояснювальна записка	1	

					КГ 08. 02 000. 00 ДП		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Цифрова реконструкція обладнання для обробки зерна XIX століття		
Розробив		Бей К.Д.		20.06			
Перевірів		Ломовцев П. Б.		20.06			
Н. контр.		Петрашова В.І.		20.06/05			
Затверд.		Кривченко Ю.В.		20.06	Літ.	Аркуш	
					Н Д П	4	72
					ВСП "ОТФК ОНТУ" зр.4КГ-08		

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Основний розділ.....	8
1.1 Аналіз предметної області	8
1.1.1 Огляд існуючих рішень	8
1.1.2 Технології та засоби розробки.....	16
1.3 Проектування 3D-системи	18
1.3.1 Технічне завдання на розробку.....	18
1.3.2 Проектування дизайну та функціоналу 3D-моделі.....	20
1.4 Реалізація 3D-моделі	25
1.4.1 Блокінг моделі.....	25
1.4.2 Деталізація моделі	31
1.4.3 Створення UV-розгорток.....	37
1.4.4 Текстурування моделі	40
1.4.5 Створення демонстраційного рендеру.....	44
1.4.6 Скриптинг моделі	49
2 Економічний розділ	50
2.1 Резюме	50
2.2 Визначення трудомісткості розробки ПЗ.....	50
2.3 Розрахунок ціни програмного продукту	53
3 Розділ охорони праці та техніки безпеки.....	55
3.1 Основні положення.....	55
3.2 Аналіз умов праці й забезпечення безпеки при виконанні основних видів робіт	55
3.3 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища	55
3.3.1 Вимоги до приміщення експлуатації ПК.....	56
3.3.2 Вимоги до приміщення експлуатації ПК.....	56
3.3.3 Виробниче освітлення	57
3.3.4 Електробезпека	57
3.3.5 Організація робочого місця з ПК	58

					<i>КГ 08. 02 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

3.4 Пожежна безпека	59
3.5 Підведення підсумків	59
Висновки.....	60
Перелік використаних інформаційних джерел	61
Додаток А. Текстури 3D-моделі	62
Додаток Б. Слайди мультимедійної презентації	65

					<i>КГ 08. 02 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

ВСТУП

Цифрова реконструкція історичних об'єктів є важливим напрямом збереження й популяризації культурної спадщини. Технічні пристрої сільського господарства XIX століття, зокрема обладнання для обробки зерна, мають історичну та наукову цінність. Вивчення їх конструкції і принципів дії сприяє глибшому розумінню технічного розвитку того часу. Створення тривимірних моделей дозволяє візуалізувати ці об'єкти у нових форматах – інтерактивних середовищах, віртуальних музеях і навчальних системах [1].

Метою дипломної роботи є створення достовірної цифрової 3D-реконструкції обладнання для обробки зерна XIX століття за допомогою сучасних інструментів комп'ютерної графіки. Передбачається досягти зовнішньої подібності до реальних зразків та сформувати цілісну візуальну сцену з урахуванням історичного контексту і ознак старіння матеріалів.

Завдання являє собою дослідити конструктивні особливості обладнання XIX століття; виконати 3D-моделювання на основі зібраних матеріалів; застосувати текстурювання для реалістичного вигляду; сформувати завершену тривимірну сцену з відповідною композицією та художнім оформленням.

Методологія включає аналіз історичних джерел, вивчення музейних зразків, підбір візуальних аналогів, а також поетапне моделювання й обробку об'єктів у графічному середовищі. Важливо забезпечити автентичність через стилістичні прийоми, що імітують природне старіння матеріалів.

Технологічною основою проєкту є Blender, який забезпечує повний цикл розробки – від створення тривимірних форм до рендерингу. Програмне забезпечення дає можливість точно будувати геометрію, налаштовувати матеріали, освітлення та постобробку.

Очікуваний результат – інтерактивна 3D-сцена зернообробного обладнання XIX століття у цифровому форматі. Вона має практичне значення для освітніх закладів, музеїв і дослідників технічної історії та може слугувати прикладом цифрового збереження інженерної спадщини.

					<i>КГ 08. 02 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

1 ОСНОВНИЙ РОЗДІЛ

1.1 Аналіз предметної області

1.1.1 Огляд існуючих рішень

Цифрова реконструкція історичного технічного обладнання активно розвивається у сфері музейної справи, індустрії культурної спадщини та технічної освіти. Серед наявних прикладів можна виділити проекти технічних музеїв Європи, наукові дослідження, цифрові музеї та освітні платформи з відкритим доступом до 3D-моделей [1].

Багато технічних музеїв, зокрема: Deutsches Museum (Мюнхен, Німеччина), Science Museum (Лондон, Велика Британія), Musée des Arts et Métiers (Париж, Франція) використовують 3D-моделі та інтерактивні віртуальні експозиції, в яких представлені реконструкції історичних машин, зокрема аграрної техніки. Наприклад, в онлайн-архівах Deutsches Museum можна знайти 3D-моделі ручних молотарок та віялок початку XIX ст., що дозволяють вивчити принципи їхньої роботи.

Серед цифрових музеїв та онлайн-архівів відзначаються Europeana та Smithsonian Institution (США). Europeana – європейська платформа цифрової культурної спадщини, де розміщуються скановані креслення, фотографії й іноді 3D-моделі техніки, включно із сільськогосподарським обладнанням. Smithsonian Institution (США) у рамках 3D-досліджень публікує цифрові реконструкції різних об'єктів, зокрема сільськогосподарських інструментів, хоча фокус частіше на американських зразках.

На освітніх платформах, таких як Sketchfab, Thingiverse – на цих платформах можна знайти окремі 3D-моделі історичних механізмів, зокрема простих зернообробних машин, які створені ентузіастами, реставраторами або педагогами. Хоча більшість моделей не супроводжується технічною документацією, вони можуть бути використані як базові візуальні аналоги.

В Україні цифрова реконструкція сільськогосподарської техніки ще перебуває на етапі становлення. Деякі регіональні краєзнавчі музеї та історико-

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

культурні заповідники мають ініціативи з оцифрування старовинних механізмів (наприклад, в експозиціях, присвячених хліборобству), однак повноцінні 3D-моделі поки що трапляються рідко. Це створює потребу та актуальність у подібних дипломних розробках.

Аналіз існуючих аналогів цифрової реконструкції зернообробного обладнання XIX століття

Цифрова реконструкція історичного технічного обладнання є важливою складовою сучасних підходів до збереження та популяризації інженерної спадщини. У цьому розділі розглядаються актуальні приклади таких реконструкцій, а також надається критичний аналіз їхніх переваг і обмежень.

Аналог 1 – С. Euroreana – історичні креслення зерноочисної техніки

Euroreana містить велику кількість оцифрованих креслень, схем і гравюр із технікою XIX століття, які можуть бути використані як основа для створення точних реконструкцій. Проте самі 3D-моделі в більшості випадків відсутні [2].

Хоча наявні моделі є цінним ресурсом, більшість з них мають низку обмежень, що знижує їхню практичну цінність для навчання або дослідження технічних особливостей.

Більшість моделей є статичними. Це ускладнює розуміння функціонування механізмів, послідовності технологічних процесів, а також не дозволяє провести віртуальне тестування чи симуляцію.

Часто моделі не містять внутрішніх вузлів або представлені у спрощеному вигляді – без шестерень, валів, шарнірів. Вони орієнтовані переважно на візуальне сприйняття, а не на інженерний аналіз.

Багато 3D-моделей не мають посилань на історичні документи, креслення або аналогові зразки. Це знижує їхню достовірність і цінність для дослідників.

Навіть у випадках, коли моделі опубліковані онлайн, вони рідко доступні для редагування чи інтеграції в інші проєкти (наприклад, у Blender або Unity).

В результаті існуючі цифрові реконструкції є важливим кроком у розвитку галузі, але потребують подальшого вдосконалення для більш повного відтворення історичної техніки.

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

126 RESULTS FOR grain cleaning machine ✕



< SHOW ADVANCED SEARCH ⓘ



Terrestrial desert, grain cleaning machine

Reinecke, Hans (Herstellung) (Fotograf)

Deutsche Fotothek



Grain cleaning machine "Windmühle" from 1874

Local History Museum of Wilfersdorf



Beenertsche Hofmühle. Mill building, 4th floor. Grip cleaning machine, cascade grip clean...

Unbekannter Fotograf (Herstellung) (Fotograf)

Deutsche Fotothek

Search filters

THEME ⓘ

Select a theme

TYPE OF MEDIA

Select types of media

CAN I USE THIS?

Select whether you can use this

+ SHOW ADDITIONAL FILTERS



Рисунок 1.1. Зерноочисні установки на Europeana

Аналог 2 – модель молотарки Германа Ранфта

Модель молотарки та парової машини, створена Германом Ранфтом у 1962–1963 роках, є майстерною масштабною реконструкцією сільськогосподарського обладнання кінця XIX століття. Вона була виготовлена у Східній Німеччині, в місті Анаберг-Бухгольц, і зараз зберігається в Німецькому історичному музеї у Берліні. Цей експонат відтворює типовий сільськогосподарський комплекс того часу – молотарку, з'єднану з паровою машиною (локомотивом), яка слугувала джерелом енергії для приводу молотильної установки [3].

Модель складається з двох основних функціональних частин – молотарки та парової машини, які передають атмосферу епохи швидкої механізації аграрного виробництва. В основі молотарки закладена технологія, що ілюструє процес подачі снопів, обмолоту зерна, відділення соломи та зернової фракції. Парова машина демонструє, як передавалась енергія до робочих органів молотарки через ремінну передачу. Обидві частини виконані з великою точністю: дерево, металеві вставки, латунні елементи та штучна шкіра передають автентичний вигляд реальної техніки тієї епохи.

Перевагою моделі є її історична достовірність і високий рівень деталізації. Вона базується на техніці приблизно 1885 року, яку можна побачити також на живописних полотнах, таких як картина Карла Вільгельма Крістіана Мальхіна. Завдяки цьому модель має як музейну, так і освітню цінність: вона дозволяє

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

досліджувати розвиток механізованого сільського господарства, демонструвати технологічні принципи роботи машин та слугує джерелом для подальших цифрових реконструкцій. Її можна використовувати у навчальних курсах, експозиціях або для порівняльного аналізу з сучасними технологіями обробки зерна.

Разом із тим, модель має і певні обмеження. По-перше, вона створена через кілька десятиліть після історичного періоду, який вона імітує, а отже, є інтерпретацією, а не точною копією конкретної машини. По-друге, хоча вона досить реалістична, це все ж ручна модель, що не відображає усіх механічних процесів у динаміці, на відміну від сучасних цифрових 3D-моделей, які можуть візуалізувати рух, навантаження та функціонування механізмів у реальному часі. Також відсутність технічної документації чи креслень обмежує її потенційне використання для повноцінного інженерного аналізу або відтворення за аналогом. Загалом, модель Германом Ранфтом – це цінний історико-технічний артефакт, який втілює спадщину аграрної революції в Європі. Вона демонструє, якими були перші кроки на шляху до механізації сільського господарства, і водночас показує, як фізична реконструкція може доповнювати цифрові підходи в сучасних дослідженнях історичних технологій.

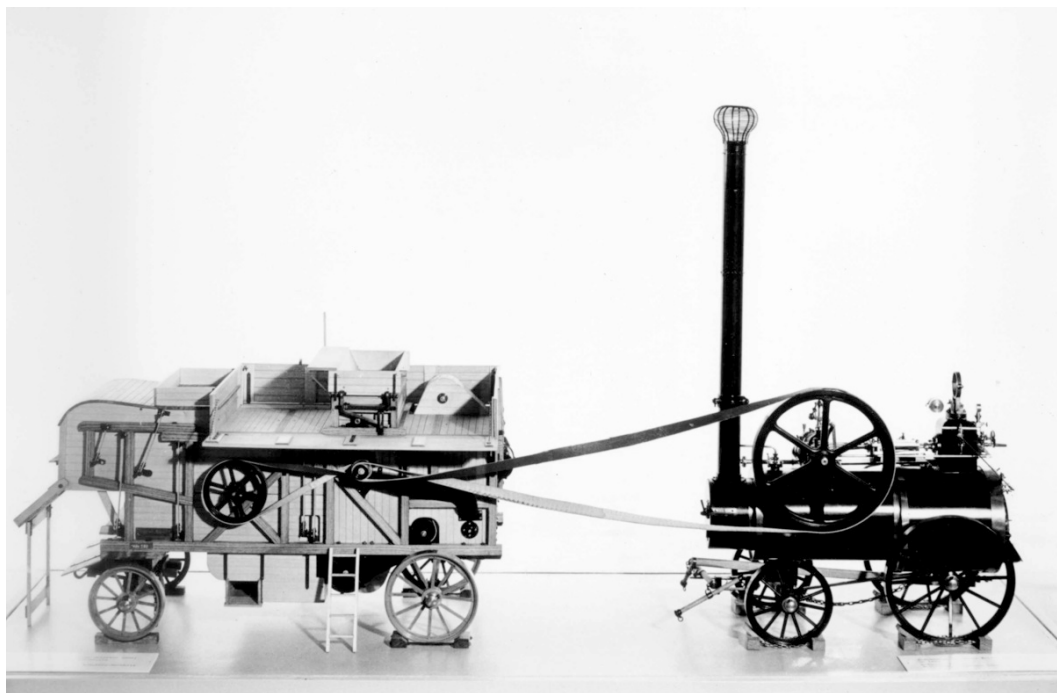


Рисунок 1.2. Аналогова модель молотарки Германа Ранфта

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

Аналог 3 – цифрова реконструкція жнивarki МакКорміка

Цифрова реконструкція жнивarki Сайруса МакКорміка – це інженерно-історичний проєкт, спрямований на відтворення однієї з найвизначніших аграрних машин ХІХ століття у форматі тривимірної моделі. Цей проєкт реалізовано в Іспанії в рамках дослідження з індустриальної археології, що поєднує історичний аналіз із сучасними САD-технологіями [4].

Жнивarka МакКорміка, запатентована у 1834 році, стала революційною для свого часу, оскільки дозволяла механізувати процес збирання зернових культур. Вона поєднувала функції зрізання стебел і формування снопів, що значно підвищувало продуктивність праці порівняно з ручними методами.

У ході реконструкції дослідники використовували методи зворотного інжинірингу:

1. Зібрали вимірювання з оригінального зразка машини, знайденого на фермі в провінції Кадіс (Іспанія).
2. Створили детальні ескізи та креслення, які лягли в основу тривимірного моделювання.
3. За допомогою програмного забезпечення SolidWorks побудували точну 3D-модель, враховуючи всі механічні вузли та їх взаємодію.

Модель включає понад 40 компонентів, серед яких:

1. Система зрізання з ножами та зубцями.
2. Механізм подачі та формування снопів.
3. Передавальні механізми з ланцюгами та шестернями.
4. Система регулювання висоти та кута нахилу робочих органів.

Цифрова реконструкція жнивarki МакКорміка, реалізована іспанськими дослідниками, є прикладом поєднання історичного підходу з сучасними інженерними технологіями. Вона має низку суттєвих переваг, які роблять її значущим інструментом як для науки, так і для освіти. Однією з головних переваг є точність і деталізація моделі: завдяки використанню програмного забезпечення SolidWorks вдалося створити тривимірну модель з автентичними пропорціями, формами та механічними зв'язками. Усі основні вузли машини – від системи зрізу

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

до передачі руху – були відтворені максимально наближено до оригіналу.

Крім того, така реконструкція має вагомий науковий і освітній цінність. Вона дає можливість дослідникам і студентам безпечно вивчати принципи роботи аграрної техніки XIX століття без потреби доступу до оригінального зразка або фізичної моделі. Завдяки цифровому формату можна також моделювати рух окремих деталей і аналізувати, як працює техніка в динаміці. Це дозволяє проводити глибокий технічний аналіз і краще розуміти функціональність історичних механізмів.

Ще однією важливою перевагою є те, що цифрова реконструкція сприяє збереженню технічної спадщини. У випадках, коли фізичні зразки втрачені або недоступні, створення цифрових моделей дає змогу зберегти вигляд і конструкцію машини для наступних поколінь. Також модель може бути інтегрована в освітні платформи, віртуальні музеї, інтерактивні виставки або VR-середовища, що розширює можливості її застосування.

Втім, цифрова реконструкція не позбавлена недоліків. Найбільшим обмеженням є нестача повної джерельної бази: модель створена на основі лише одного збереженого зразка без заводських креслень, що означає можливу інтерпретацію деяких деталей. Попри можливість візуалізувати рух, цифрова модель не дозволяє в повній мірі дослідити механічне навантаження на деталі, ступінь зносу чи поведінку матеріалів при експлуатації, що вимагає додаткового моделювання з використанням інженерного аналізу.

Окрім цього, практична застосовність такої моделі для сучасного аграрного машинобудування є обмеженою, адже вона виконує здебільшого історико-освітню функцію. Важливо також враховувати значну трудомісткість і вартість подібних проєктів, оскільки створення детальної цифрової моделі потребує часу, кваліфікованих фахівців і дорогого програмного забезпечення. У деяких випадках цифрові реконструкції залишаються статичними, якщо не інтегруються з ігровими або візуалізаційними рушіями для повноцінної інтерактивності.

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

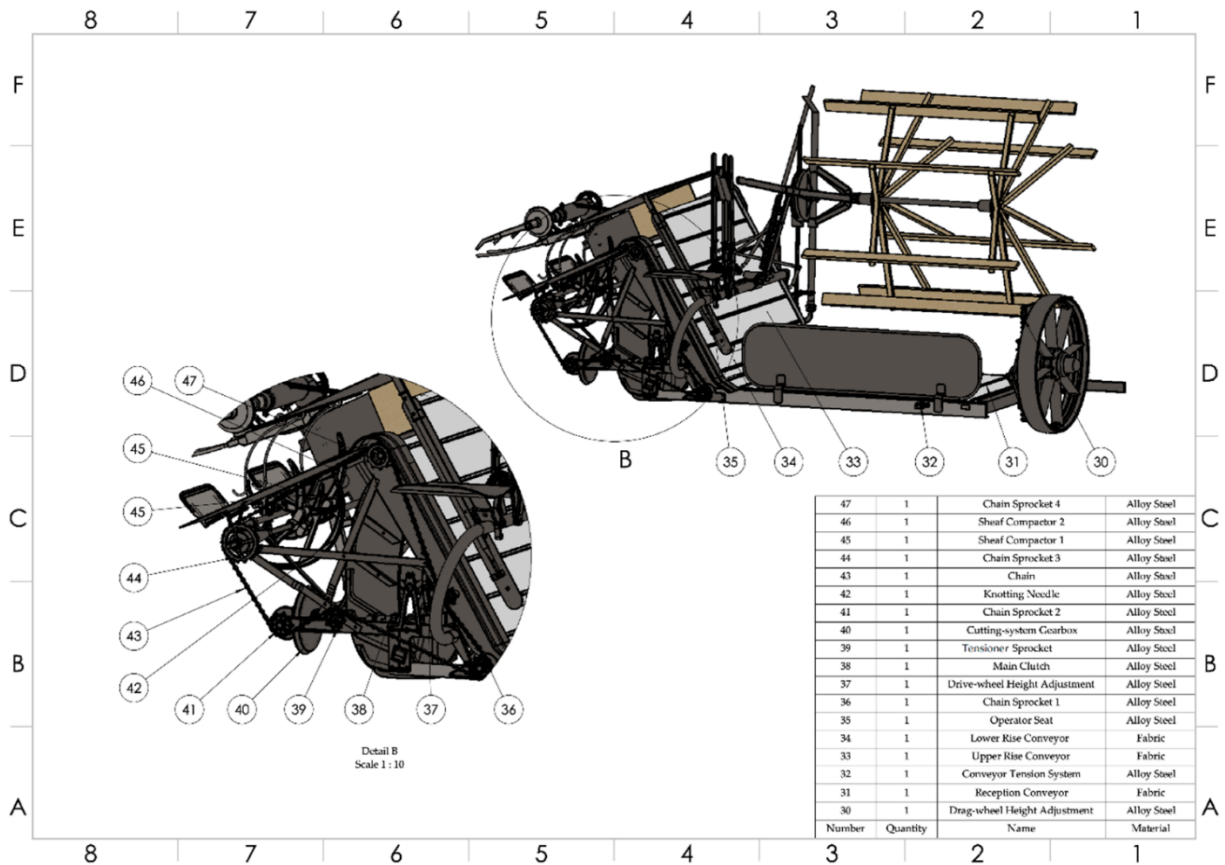


Рисунок 1.3. Цифрова реконструкція жнивarki МакКорміка

Для звітування всіх складових обраних моделей та виявлення в них недоліків, запишемо їх функціонал у таблицю 1.1 порівняння характеристик аналогів.

Таблиця 1.1. Порівняльна характеристика аналогів

Критерій	Модель молотарки Германа Ранфта	Цифрова реконструкція жнивarki МакКорміка	Еурогеана (ресурс з кресленнями та моделями)
Тип моделі	Фізична масштабна модель (макет)	Цифрова 3D-модель (CAD)	Цифрова бібліотека з кресленнями, фото, 3D-моделями
Рік створення	1962–1963	21 століття (останні роки)	Постійно оновлюється
Матеріали/Формат	Дерево, метал, латунь, штучна шкіра	Віртуальна модель (формат CAD, наприклад SolidWorks)	Різноманітні цифрові формати (2D креслення, 3D-моделі, фото)

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
-----	------	----------	--------	------

КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ

Арк.

14

Деталізація	Висока фізична деталізація	Висока цифрова деталізація з механічними вузлами	Варіюється від простих креслень до високодеталізованих моделей
Динамічне моделювання	Відсутнє	Присутнє (механізми рухаються у віртуальному просторі)	Залежить від конкретного матеріалу
Освітнє призначення	Демонстрація історичної техніки в музеї	Навчання, дослідження, візуалізація механізмів	Широке використання для наукових, освітніх цілей
Інтерактивність	Низька (фізична, без рухомих елементів)	Висока (можливість віртуальної взаємодії)	Залежить від контенту (деякі моделі інтерактивні)
Обмеження	Статична модель, неможливо оцінити навантаження	Відсутність фізичних випробувань, залежність від джерел	Варіабельність якості, залежність від контенту
Критерій	Модель молотарки Германа Ранфта	Цифрова реконструкція жнивarki МакКорміка	Еурореана (ресурс з кресленнями та моделями)
Джерельна база	Часткова, орієнтація на історичні зображення	Оригінальний зразок, часткові креслення	Збір різних джерел, архівів, музеїв
Можливості застосування	Музеї, виставки, освітні програми	Віртуальні музеї, VR/AR, технічний аналіз	Дослідження, освіта, популяризація культурної спадщини
Доступність	Обмежена музеєм	Відкрита для науковців, залежить від публікації	Загальнодоступний онлайн ресурс

1.1.2 Технології та засоби розробки

Цифрова реконструкція історичного обладнання – це складний міждисциплінарний процес, що поєднує інженерію, історію техніки, комп'ютерне моделювання, графіку та архівознавство. Для створення достовірної 3D-моделі старовинної техніки використовують низку технологій і методів, кожен з яких відповідає за окремий етап – від збору вихідних даних до візуалізації результату.

Етап 1. Збирання джерельної бази:

Цей етап передбачає пошук і аналіз всіх можливих історичних джерел: креслень, ескізів, технічної документації, фотографій, каталогів, патентів та описів. Часто інформація надходить із музейних фондів, архівів, приватних колекцій або онлайн-ресурсів (наприклад, Europeana, Smithsonian, Deutsche Digitale Bibliothek).

Якщо креслення відсутні, дослідники можуть досліджувати збережений фізичний зразок обладнання. Для цього проводиться фотофіксація, вимірювання, а також сканування складових частин.

Етап 2. Фізичне або 3D-сканування:

Для більшої точності використовуються технології зворотного інжинірингу. Зокрема:

1. Фотограмметрія – створення 3D-моделі об'єкта за допомогою великої кількості фотографій з різних ракурсів. Цей метод дозволяє отримати візуально достовірну геометрію об'єкта.
2. 3D-сканування (лазерне або структурне світло) – забезпечує високу точність (до десятих часток міліметра). Отримується хмара точок або сітка (mesh), яка використовується як основа для моделювання.

Ці дані часто конвертуються у формат STL або OBJ для подальшої обробки.

Етап 3. CAD-моделювання:

Наступний етап – створення параметричної або поверхневої моделі в програмному забезпеченні, такому як:

1. SolidWorks
2. Autodesk Inventor

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

3. 3Ds Max

4. Blender

Інженери на основі креслень, фотографій або сканів створюють 3D-моделі всіх деталей і збирають їх в одну конструкцію з урахуванням взаємозв'язків і кінематичних пар.

Етап 4. Симуляція руху та аналіз:

У разі, якщо обладнання має рухомі частини, проводиться віртуальна симуляція. Застосовуються:

1. Kinematic simulation – моделює рух частин (наприклад, обертання шестерень або коливання ножів).
2. Finite Element Analysis (FEA) – аналіз напружень, деформацій і навантаження.
3. Dynamic simulation – оцінка інерції, моментів, прискорень у русі.

Ці модулі є в CAD-програмах або спеціалізованих інженерних пакетах, як от ANSYS або COMSOL.

Етап 5. Візуалізація та анімація:

Після створення геометрії проводиться рендеринг моделі. Для цього використовуються графічні рушії:

1. KeyShot, Blender, 3ds Max, Cinema 4D – для фотореалістичних зображень.
2. Unity або Unreal Engine – для створення інтерактивних симуляцій, VR/AR додатків або віртуальних музеїв.

На цьому етапі також додаються текстури (візуальне відтворення дерева, металу, зносу), освітлення, тіні, фон та динаміка.

Етап 6. VR/AR-інтеграція:

Для інтерактивного досвіду модель може бути адаптована під віртуальну або доповнену реальність. Це дозволяє користувачу "переміщатися" навколо техніки або досліджувати її в розрізі. Такі проекти застосовуються в музейній справі, дистанційній освіті та історичному туризмі.

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

1.3 Проєктування 3D-системи

1.3.1 Технічне завдання на розробку

Загальні положення:

Мета проєкту – створення історично достовірної, оптимізованої 3D-моделі барабанного сепаратора зерна другої половини XIX століття на основі графічного рисунку. Модель призначена для використання в інтерактивному віртуальному середовищі (ігрові рушії), а також для презентаційного рендерингу й подальшого текстурування з використанням сучасних графічних інструментів.

Вихідні дані:

1. Візуальна основа: історичний рисунок барабанного сепаратора (гравюра, креслення або ілюстрація з технічного каталогу XIX ст.).
2. Джерела аналогів: музейні зразки (у т. ч. Europeana), наукова література з історії сільськогосподарського машинобудування, збережені ескізи.
3. Орієнтовні габарити машини: 1,5–2 м довжини, 1 м висоти (пропорції уточнюються за джерелами).

Вимоги до моделі:

Моделювання:

1. Виконати повноцінну 3D-модель сепаратора у Blender.
2. Врахувати основні конструктивні елементи: барабан, сито, вали, передавальні механізми, бункер, шківни, раму, колеса/опори.
3. Модель має бути максимально достовірною, однак з врахуванням умов спрощення – без внутрішніх деталей, які не видно зовні та не впливають на інтерактивну взаємодію.
4. Усі об'єкти моделі повинні мати логічні назви, об'єднані за групами (naming convention: separator_frame, main_drum, sifter_box, gear_small, тощо).

Полігональність та оптимізація:

1. Цільове середовище: ігрові рушії (Unreal Engine, Unity).
2. Модель має бути low-poly з можливістю подальшого baking високополігональної деталізації у текстуру.
3. Загальна кількість трикутників: не більше 25 000 tris.

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

4. Наявність LOD0/LOD1 бажана, або попередня підготовка геометрії для генерації рівнів деталізації.

Технічна структура моделі:

UV-розгортка:

1. Кожен елемент має бути розгорнутий в один або кілька UV-сетів (залежно від деталізації), без оверлапу, підготовлених під текстурування в Substance Painter.

2. Орієнтовна роздільна здатність текстур: 2048×2048 px (можливо до 4096×4096 для демонстраційних цілей).

3. Оптимізоване заповнення UV-площини (мінімум 80% простору).

Текстурування:

1. Виконати текстурування в Substance Painter, відповідно до матеріалів періоду (дерево, кована сталь, латунні деталі, шкіряні приводи).

2. Всі матеріали повинні мати реалістичні властивості: Normal map, Roughness, AO, Base Color, Metalness.

3. Створити Baked maps з high-poly моделі: Normal, Curvature, AO, ID Map, Thickness.

4. Умовне старіння, потертості, окислення – дозволене та рекомендоване (помірне, реалістичне).

Візуалізація та презентація:

1. Демонстраційний рендер виконується в Marmoset Toolbag 4.

2. Рендер має включати:

3. Статичні рендери моделі з різних ракурсів (ізоляція, деталі, загальний вигляд).

4. Окремо: вид моделі з активованими текстурами та матеріалами.

5. За можливості – анімація обертання моделі або циклу роботи (по колу, для вітрини).

Вимоги до експорту:

1. Підготувати модель у форматах: .fbx (ігровий рушій), .blend (редагування), .obj/.mtl (для архівування).

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

2. Текстури – окремими файлами у форматі .png або .tga (PBR-метод), з чіткою назвою: separator_basecolor.png, separator_normal.png, тощо.
3. Імпорт в Unreal Engine / Unity має здійснюватися без втрати масштабів та UV.

Очікуваний результат:

Готова 3D-модель має бути історично достовірною, оптимізованою для реального використання в ігрових або віртуальних сценах, візуально фотореалістичною та придатною для розширення (анімації, інтерфейсу користувача тощо). Уся документація та вихідні файли мають бути структуровані та придатні для архівації та подальшого використання в науково-освітньому або музейному контексті.

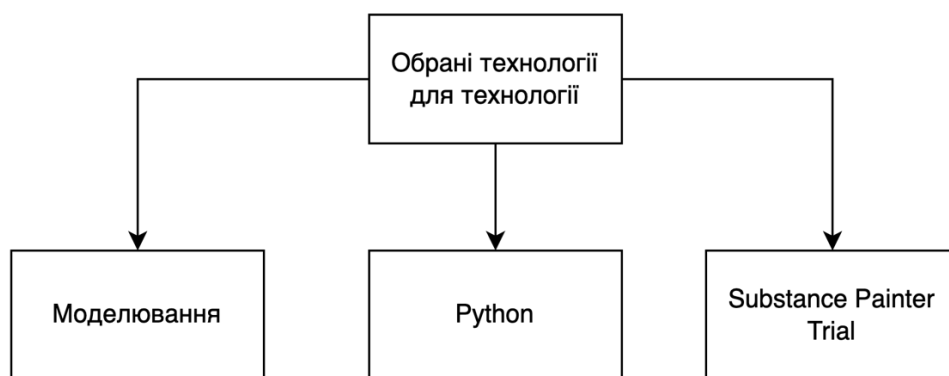


Рисунок 1.4. Схема обраних технологій для проєктування

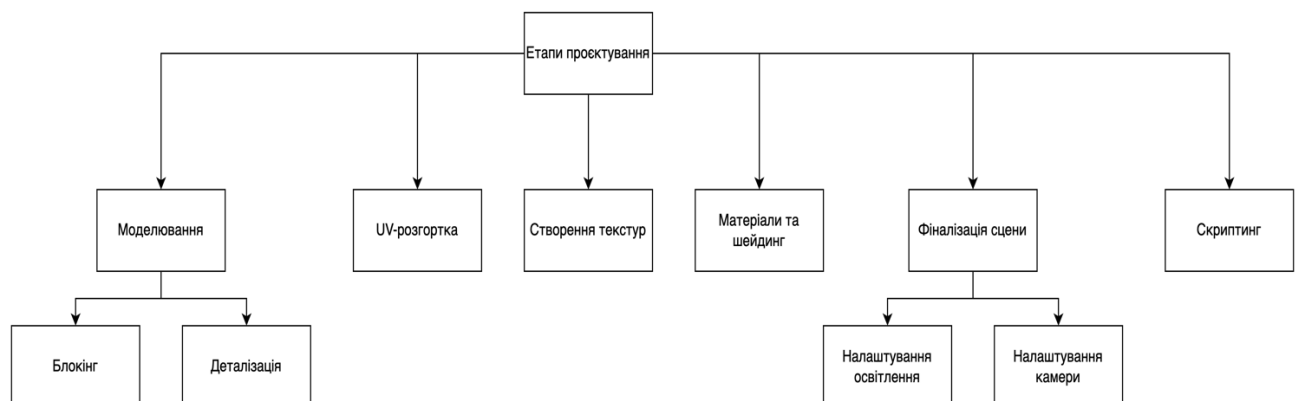


Рисунок 1.5. Схема описаних етапів проєктування

1.3.2 Проєктування дизайну та функціоналу 3D-моделі

Історико-конструктивне проєктування:

					КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

Першим етапом є вивчення первинного візуального джерела – рисунка чи гравюри сепаратора з XIX століття. На його основі визначається основна геометрія: кількість секцій, загальні габарити, форма рами, розташування барабану та інших функціональних елементів. Важливим завданням є реконструкція не лише зовнішнього вигляду, але й логіки роботи пристрою. З огляду на це виконується орієнтовне креслення, яке узагальнює і доповнює історичне зображення.

На цьому етапі визначаються ключові вузли:

1. Основна рама (каркас з опорами);
2. Барабан (обертний елемент із отворами або ситами);
3. Механізм приводу (ручний або ремінний);
4. Система завантаження та вивантаження зерна;
5. Вібраційні або ситові секції.

Функціональна модель (віртуальна логіка):

Попри те, що модель буде використовуватися в ігрових середовищах, важливо передбачити базову функціональність – тобто, як віртуально демонструвати, що сепаратор працює. У цифровому дизайні ці процеси представлені через:

1. Анімацію обертання барабана (навіть умовну, але логічну);
2. Можливість інтерактивного запуску/зупинки механізму;
3. Наявність елементів, що візуально реагують на взаємодію (наприклад, рух ручки, обертання вала).
4. Це дозволяє зробити модель не просто об'єктом демонстрації, а й елементом освітньої або музейної взаємодії – з ефектом занурення у процес.

Візуальний дизайн:

Тут важливим є збереження матеріального середовища епохи. Враховуючи умови експлуатації та типові матеріали, дизайн базується на таких стилістичних особливостях:

1. Каркас – дерев'яні дошки, закріплені кованими болтами;
2. Барабан – листове залізо з отворами або дрібною сіткою;

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

3. Ручки/вузли передачі руху – шкіряні паси, литі елементи;
4. Деталі зносу – потертості, іржа, сліди користування.

Під час текстурування ці риси візуально підкреслюються – завдяки нормалям, маскам зношування, рефлексіям на металі. Це робить модель автентичною та «живою» у віртуальному просторі.

Технічний функціонал у віртуальному середовищі:

Хоча модель не повинна повністю симулювати реальні фізичні процеси, проектування передбачає віртуальну правдоподібність. Наприклад:

1. Геометрія барабану має співвідноситися з можливим шляхом проходження зерна;
2. Вивантажувальні жолоби або отвори моделюються логічно – вони не є декоративними, а умовно функціональними;
3. Пропорції вивіряються відповідно до анатомії людини, щоб взаємодія (у VR/AR) не виглядала абсурдною (наприклад, висота ручки – на рівні пояса).

У результаті створюється баланс між історичним дизайном, геймдев-вимогами та функціональною логікою.

Модульність і потенціал розвитку

Проектування моделі також передбачає можливість подальшого використання в інших проєктах. Тому:

1. Усі вузли моделюються окремо та можуть бути відключені/замінені;
2. Можливе створення LOD-версій та спрощених конфігурацій для мобільних додатків;
3. Передбачена можливість розгортання UV для окремих частин (наприклад, барабан має власний сет, рама – окремий).

Принцип роботи барабанного сепаратора:

Барабанний сепаратор – це механічний пристрій для очищення і первинного сортування зерна, принцип роботи якого базується на поєднанні обертального руху барабана, сита та потоків повітря або гравітаційного розділення. У традиційних конструкціях XIX століття його дія була механічно простою, але водночас досить ефективною для свого часу.

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

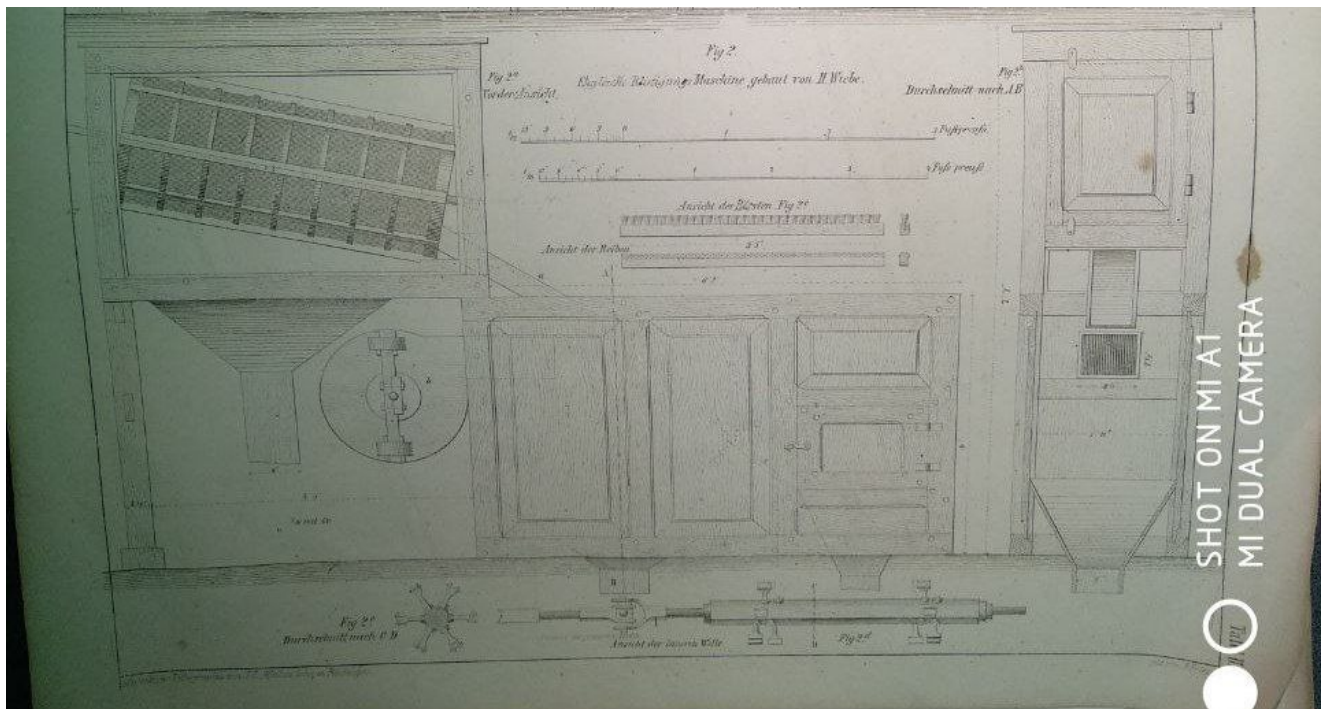


Рисунок 1.6. Рисунок барабанного сепаратора XIX ст.

Основним робочим елементом є циліндричний барабан, який має перфоровану або сітчасту поверхню. Зернова маса надходить у завантажувальну воронку, розташовану з одного боку барабана. Після цього вона потрапляє всередину обертового циліндра. Привід барабана здійснювався вручну або за допомогою тваринної тяги через шківи й ремінну передачу. Обертання барабана спричиняє поступальне переміщення зерна вздовж його осі, під час якого частинки матеріалу, менші за розмір отворів у ситі, просіваються назовні через перфоровані стінки. Таким чином, зерно сортується за розміром – дрібні домішки та пісок проходять крізь сито, а більші залишаються всередині й транспортуються до виходу.

Додатковий ефект очищення забезпечується за рахунок відцентрової сили, яка діє на зернову масу під час обертання барабана. Частинки із меншою масою і більшою площиною поверхні (лушпиння, пил, соломинки) мають тенденцію відкидатися до зовнішньої поверхні та осідати раніше, або виводитися через окремі отвори. Якщо в конструкції передбачений повітряний потік, він спрямовується перпендикулярно або вздовж барабана й підсилює очищення, підхоплюючи легкі домішки.

Зазвичай барабанний сепаратор мав кілька зон або змінних сит – з різним діаметром отворів, що дозволяло послідовно очищати зерно від дрібних і великих домішок. У кінцевій частині очищена зернова маса збиралася у приймальний бункер або просто висипалася на підлогу, звідки її вручну збирали в мішки. Вся система працювала без електроприводу, лише за рахунок механічної енергії, тому була енергонезалежною і придатною для польових умов [5][6][7].

Схема роботи барабанного сепаратора виглядає наступним чином (польською мовою):

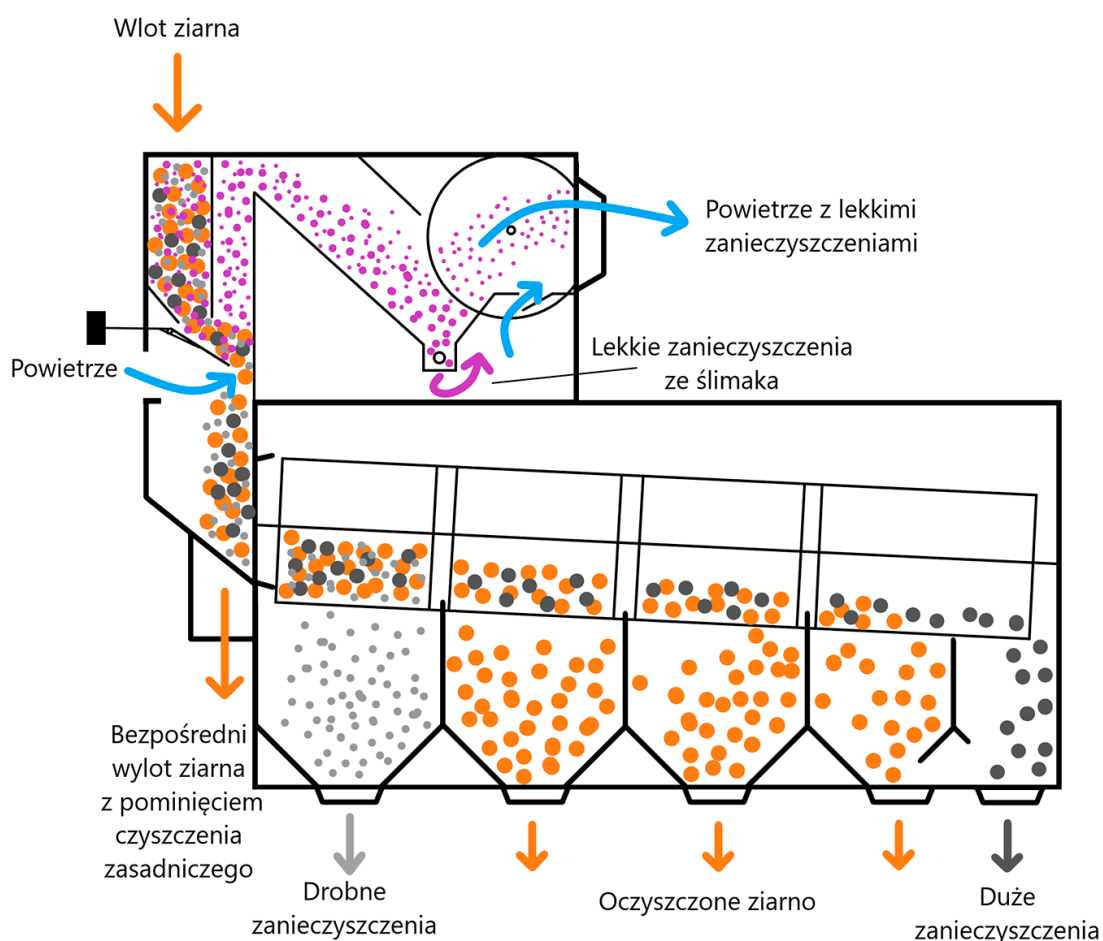


Рисунок 1.7. Принцип роботи барабанного сепаратора

Таким чином, принцип роботи барабанного сепаратора полягає у поступовому переміщенні зерна через обертовий циліндр з сітчастими стінками, під час чого воно проходить механічне сортування за розміром та питомою масою. Ефективність пристрою залежала від точності виготовлення барабана, швидкості його обертання, кута нахилу та якості попередньої обробки зернової маси.

1.4 Реалізація 3D-моделі

1.4.1 Блокінг моделі

Блокінг у 3D-моделюванні – це початковий етап побудови моделі, під час якого створюється базова форма об'єкта за допомогою простих геометричних примітивів, таких як куби, циліндри, сфери та площини. Мета блокінгу полягає в тому, щоб визначити основні пропорції, загальний силует і композицію моделі без заглиблення в деталі. Цей процес дозволяє швидко оцінити, як виглядатиме об'єкт у сцені, перевірити масштабування окремих частин і взаємне розташування елементів конструкції.

У процесі блокінгу важливо дотримуватися правильних пропорцій та логічного розташування складових частин моделі, адже на цій основі надалі буде будуватися деталізація. Блокінг допомагає виявити помилки на ранньому етапі роботи та заощадити час на виправлення в подальшому, оскільки зміни в простих формах значно легші й швидші, ніж у складній деталізованій геометрії. Цей етап також полегшує обговорення й узгодження моделі із замовником або командою ще до того, як розпочнеться фінальна обробка та текстурування. У цифрових реконструкціях, зокрема історичної техніки, блокінг дозволяє перевірити відповідність конструкції історичним джерелам і кресленням на ранній стадії розробки.

Блокінг для 3D-моделі барабанного сепаратора XIX століття має виконуватись з урахуванням основної мети – створити точну за пропорціями і логікою конструкції базову структуру моделі, яка відповідає історичним джерелам (гравюрам, кресленням чи фотографіям того періоду). Цей етап не передбачає детального опрацювання поверхонь чи декоративних елементів, але він критично важливий для подальшого моделювання.

Початково слід розмістити основні маси: основу корпусу сепаратора, раму або станину, на якій усе тримається, і загальний габарит пристрою. Рама зазвичай має прямокутну форму, і її блокінг виконується за допомогою простих кубів, які потім масштабуються згідно з орієнтовними пропорціями. Далі додається великий циліндр, що позначає барабан – головний робочий елемент. Його розташування

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

повинне відповідати історичній схемі: барабан встановлений горизонтально або з невеликим нахилом, розміщений у центрі або ближче до задньої частини корпусу.

Після цього необхідно додати блоки, які умовно позначають інші ключові частини: лоток для завантаження зерна, механізм подачі, привідні елементи (наприклад, шківи, ремені або ручки), вихідні отвори для очищеного зерна та відходів. На цьому етапі всі деталі виконуються з примітивів (циліндри, куби, плейни), без фасок, кривизни або вирізів, лише щоб правильно оцінити просторове розміщення та взаємозв'язки між ними.

Особливу увагу слід приділити симетрії й відносному масштабу: наприклад, отвори для зерна не повинні бути більшими за сам барабан, а робоча платформа не може бути нижчою за розвантажувальний жолоб. У разі наявності креслення або ескізу слід імпортувати його як зображення-референс і використовувати як фон або орієнтир через Grease Pencil або Background Image. Це дозволяє проводити блокінг із точним дотриманням пропорцій.

Коли всі ключові елементи умовно розміщені, проводиться загальна оцінка композиції: чи відповідає модель історичному вигляду, чи зручно виглядає з точки зору користувача (у VR чи грі), і чи логічна конструкція з точки зору механіки. На цьому ж етапі можна зробити базовий розподіл частин за назвами у сцені, що полегшить подальше моделювання – наприклад, «MainFrame_Block», «Drum_Base», «InputTray_Placeholder» тощо.

Завершення блокіngu означає, що модель готова до переходу до високополігонального моделювання: заміни примітивів на точні форми, додавання округлень, фасок, отворів, кріплень та інших історично коректних деталей. Якісно виконаний блокінг гарантує, що подальша робота відбуватиметься без потреби глобально змінювати структуру або масштаб об'єкта [8][9].

Виходячи з сучасних барабанних сепараторів, візьмемо за еталон наступні розміри моделі: висота 2 м, ширина 2,5 м, довжина 4 м. Створимо габаритний контейнер відповідних розмірів.

Створюємо куб розбіром в 4 м, після чого міняємо значення потрібних осей:

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

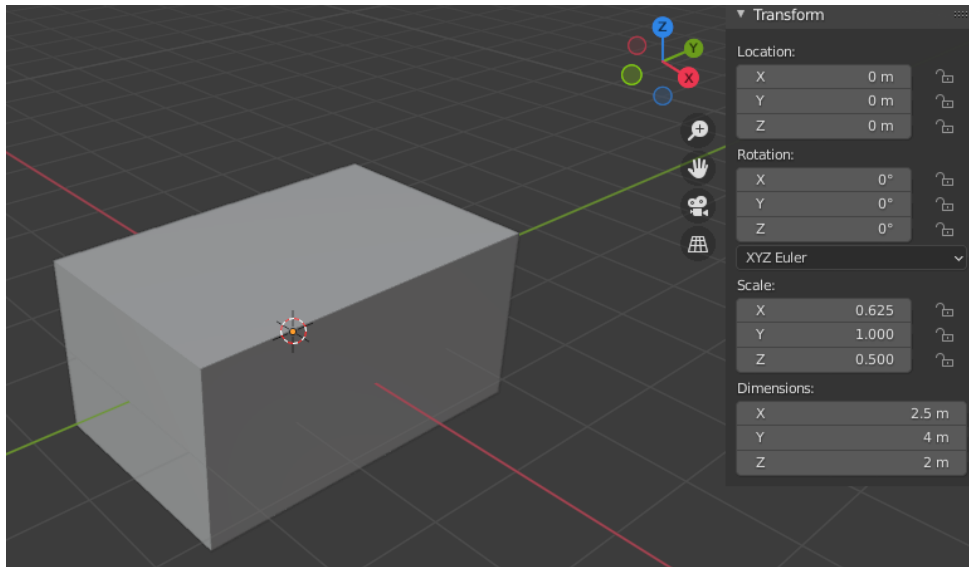


Рисунок 1.8. Габаритний контейнер моделі

Наступним етапом розділимо модель на дві умовні частини: барабан та сектор сортування зерна. Сектор сортування в свою чергу лише відділяє важке сміття для зерна і має дві секції, одна з яких призначена для виходу очищеного зерна, а друга для збору важкого сміття на кшталт каміння або частин рослин.

Переходимо в режим редагування та на вигляді збоку через `ctrl+r` створюємо петлі, щоб розділити модель на три частини. Спочатку відділяємо частину з барабаном, вона трохи менша за секцію сортування, потім ділимо секцію навпіл для утворення двох ящиків для зерна та важкого сміття.

Після цієї операції модель матиме наступний вигляд:

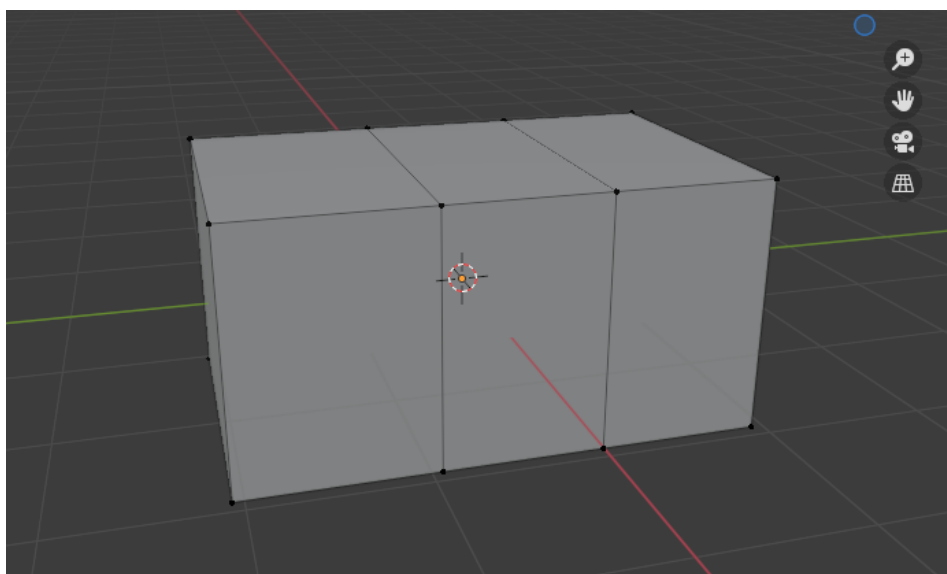


Рисунок 1.9. Розділення моделі на функціональні частини

Ділимо модель навпіл горизонтально, щоб відділити ділянку, в якій знаходиться барабан, від ділянки з воронкою для легкого сміття, утворюємо балки, додаючи петлі як в попередній дії, видаляємо непотрібні полігони. Утворені отвори в геометрії заповнюємо операцією Fill.

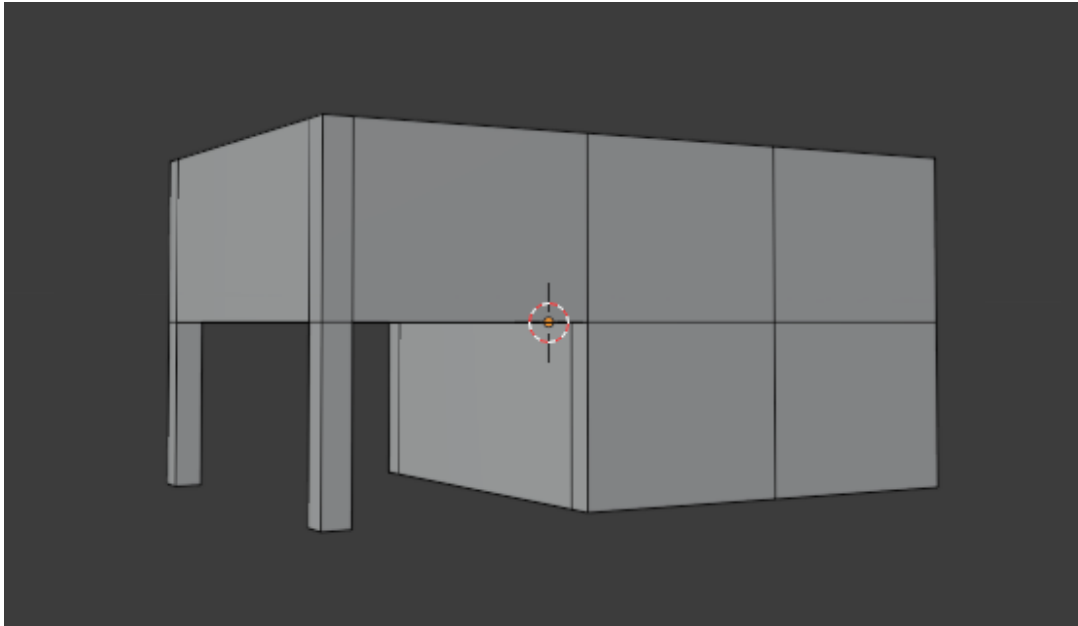


Рисунок 1.10. Утворення підтримуючих балок

Зайві полігони у секції сортування видаляємо, за допомогою операцій inset та extrude створюємо заглиблення, за рахунок чого у каркасу сепаратора з'явиться товщина.

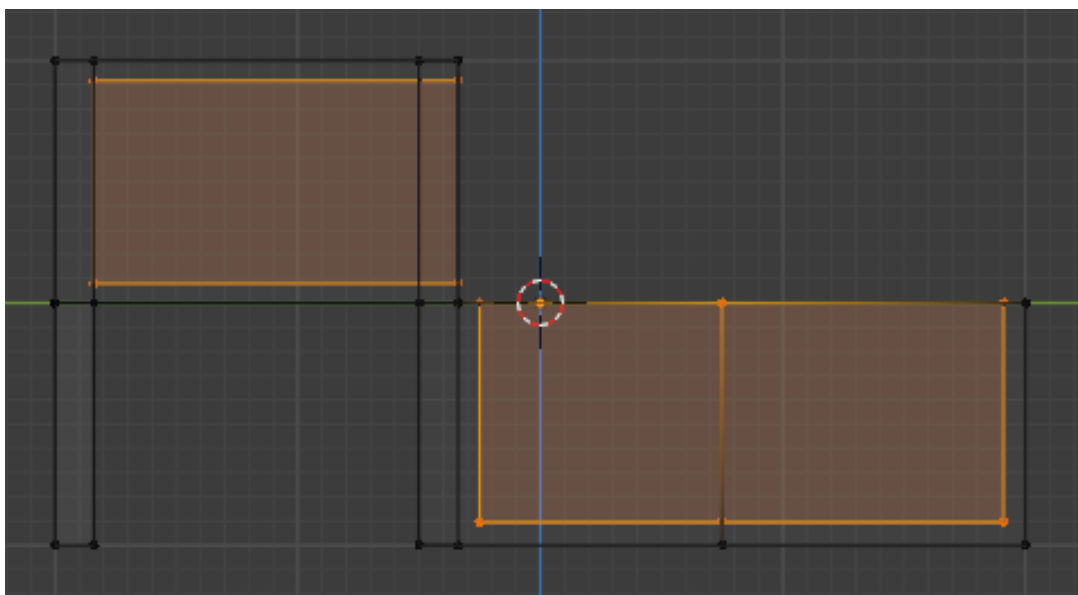


Рисунок 1.11. Заглиблення для барабану та секції сортування

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Створюємо циліндр, за допомогою операції inset створюємо додаткові полігони всередині основ циліндру, видаляємо їх і з'єднуємо утворені ребра операцією bridge edge loops, після чого додаємо дві петлі, утворюючи звуження для труби воронки. Саму воронку розташовуємо в потрібному місці.

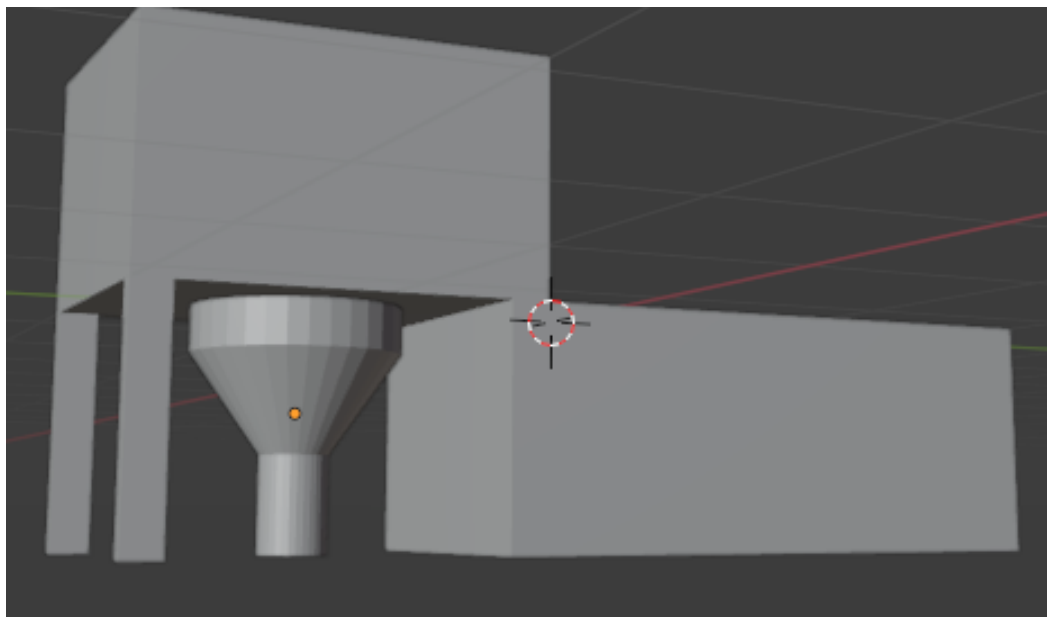


Рисунок 1.12. Воронка та її місцезнаходження

Додамо такі самі воронки в секцію сортування, попередньо зменшивши їх. За кресленням краї воронок мають визирати з каркасу. Також виконаємо перегородку між двома секціями, утворивши з однієї петлі дві. Новоутворений полігон між ними екструдуюмо наверх з прив'язкою до вершин.

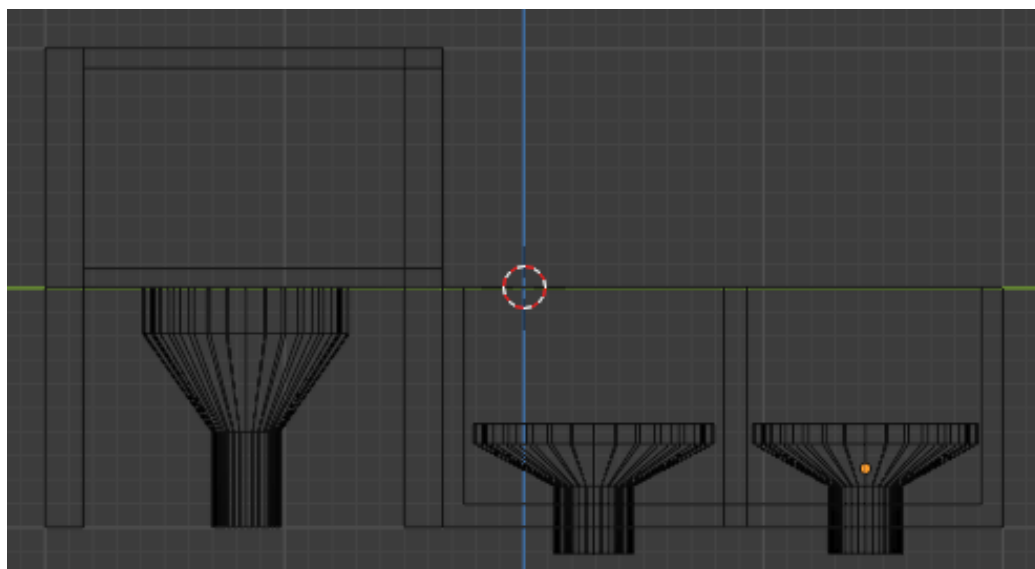


Рисунок 1.13. Розташування копій воронок та перегородки

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Далі додаються отвори для вікон та дверей, які необхідні для спостереження за процесом очищення, а також завантаження/вивантаження зерна. Скористаємося інструментом knife та оберемо параметр прорізання наскрізь, виріжемо отвори під вікна. Оскільки модель каркасу має певну товщину, потрібно з'єднати вікна та двері ззовні та зсередини bridge edge loops.

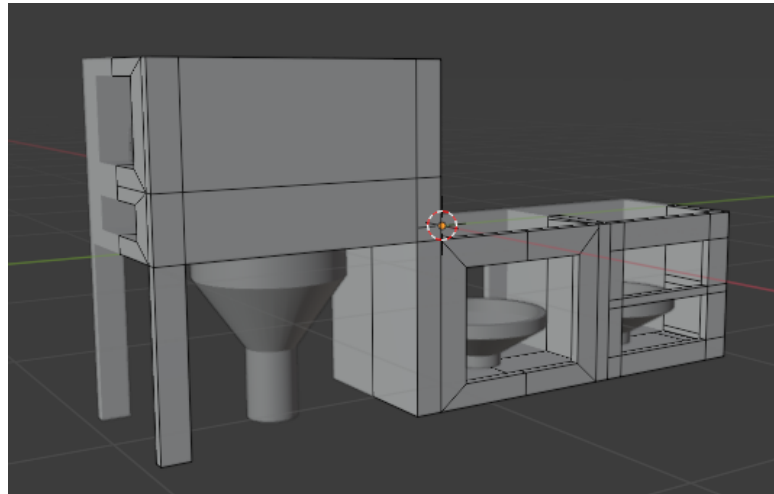


Рисунок 1.14. Прорізання отворів під двері та вікна спостереження

На завершення блокінгу додаємо циліндр барабанного сепаратора, желоб проходу зерна та механізм відділення зерна від сміття. Барабан розташовуємо трохи під кутом так, щоб до нього виходило вікно вентиляції та двері завантаження зерна. Желоб та механізм нахиляємо під меншим кутом, інакше в реальних умовах зерно прозодитиме по ньому надто швидко.

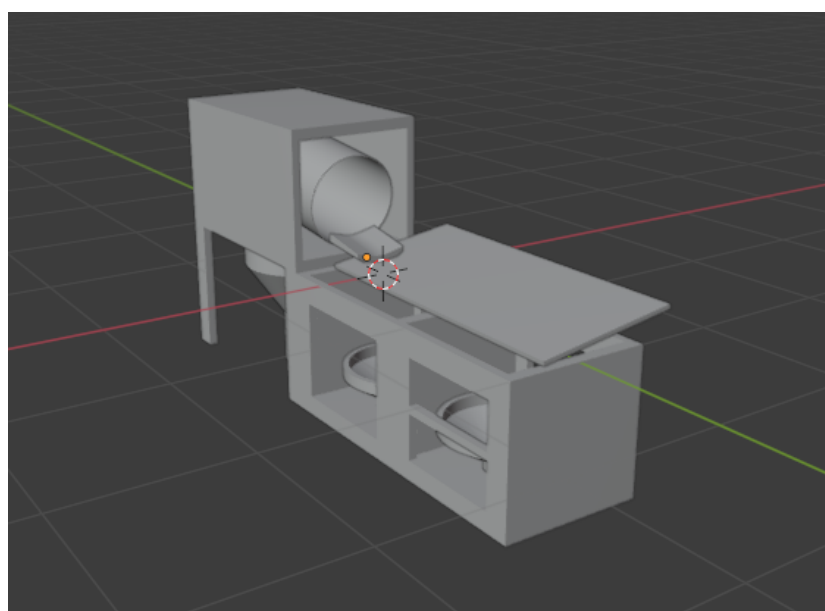


Рисунок 1.15. Завершений блокінг моделі

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

1.4.2 Деталізація моделі

Деталізація моделі у 3D-моделюванні – це етап роботи, під час якого базова форма об'єкта, створена на стадії блокінгу, поступово наповнюється дрібними елементами, характерними контурами, технологічними отворами та іншими конструктивними й декоративними особливостями, що роблять модель максимально наближеною до реального або історичного прототипу. Мета деталізації полягає в тому, щоб надати об'єкту правдоподібного вигляду та забезпечити його візуальну й функціональну цілісність відповідно до поставленого завдання – чи то наукова реконструкція, чи інтерактивна демонстрація в ігровому рушії, чи фотореалістичний рендер.

У процесі деталізації кожен основний блок моделі розділяється на складові частини. Наприклад, для барабанного сепаратора це може бути створення реалістичних ребер жорсткості на рамі, обробка форми отворів у корпусі барабана, моделювання шківа, ручки приводу, кріпильних болтів і гайок. Додаються технологічні деталі: заклепки, люки для очищення, вентиляційні решітки, ребра, що підсилюють конструкцію. Усе це моделюється з використанням більш складної геометрії – застосовуються інструменти *bevel* для фасок і округлень, *boolean* для вирізів і отворів, *subdivision surface* для плавних форм.

Деталізація також передбачає вирішення завдань щодо топології сітки. Полігональна структура моделі повинна бути чистою, без артефактів і нести лише необхідну геометрію для збереження форми при оптимальному числі полігонів. Це особливо важливо для моделей, що будуть використовуватися в реальному часі, де зайві полігони впливають на продуктивність. На цьому ж етапі вирішується питання про розділення моделі на об'єкти для подальшого текстурювання, анімації або запікання карт нормалей.

Крім того, деталізація часто передбачає підготовку високополігональної версії моделі, яка потім використовується для запікання деталей на *low-poly* варіант через карти нормалей або *displacement*. Завдяки цьому модель у грі або додатку виглядає дуже деталізовано, хоча насправді має просту геометрію.

У випадку цифрової реконструкції історичного обладнання деталізація є

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

ключовим етапом, що дозволяє відтворити автентичність об'єкта: його характерні ознаки конструкції, матеріалів і способів виробництва тієї епохи. Ретельна деталізація дозволяє глядачеві чи користувачу не просто побачити загальний вигляд техніки, а й оцінити технологічний рівень, особливості конструювання та функціональні елементи історичного зразка.

Деталізація 3D-моделі барабанного сепаратора повинна виконуватися поетапно, з чітким урахуванням конструкції реального прототипу та завдань цифрової реконструкції. Після завершення блокінгу, коли всі основні частини моделі розташовані правильно й відповідають пропорціям історичних креслень або гравюр, розпочинається наповнення моделі дрібними елементами та технічними особливостями, що відображають справжню будову машини.

На першому етапі деталізації необхідно уточнити форми основних об'ємів. Наприклад, корпус барабана замість простого циліндра отримує ребра жорсткості, монтажні фланці, отвори для викиду очищеного зерна або сміття. Для цього застосовуються інструменти створення фасок (bevel), boolean-операції для вирізання технологічних отворів та додавання монтажних елементів, а також ручне моделювання криволінійних частин барабана. Усі деталі повинні точно відповідати реальному пристрою – це може бути перевірено шляхом накладення креслення як фону або використання референсів.

Далі виконується моделювання допоміжних механізмів. Рама моделі доповнюється заклепками, підсилюючими вставками та технологічними отворами для кріплення барабана та привідних частин. Окремо створюються моделі шківів і ремінних передач, важелів, ручок або маховиків, які відповідали конструкції приводу в історичних машинах. Особлива увага приділяється їх формі й місцю розташування, щоб зберегти функціональну логіку сепаратора.

На цьому етапі деталізації також створюються дрібні конструктивні елементи, такі як кріпильні болти, гайки, шайби, люки для обслуговування й очищення обладнання, декоративні елементи чи гравіювання (якщо такі були на історичному зразку). Для моделювання цих елементів використовуються як стандартні примітиви (циліндри, куби), так і більш складна ручна побудова

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

геометрії, щоб досягти автентичності.

Особливу роль у деталізації відіграє підготовка моделі для запікання карт нормалей і створення високополігональної версії. Усі дрібні елементи, які не впливають на силует, але важливі для зовнішнього вигляду, моделюються у high-poly варіанті й потім запікаються на low-poly для забезпечення оптимальної роботи в ігрових рушіях. Це дає змогу зберегти візуальну складність моделі без надлишкової кількості полігонів.

Завершальний етап деталізації включає ретельну перевірку топології. Сітка моделі повинна бути чистою, без непотрібних полігонів, трикутників у видимих місцях або n-гонів, що можуть створити проблеми під час текстурування чи рендеру. Усі елементи об'єкта при потребі групуються або розбиваються на логічні частини для подальшого зручного текстурування й експорту в рушії.

Таким чином деталізація моделі барабанного сепаратора забезпечує створення історично достовірного й технічно правильного об'єкта, який можна ефективно використовувати у віртуальних музеях, освітніх додатках або ігрових симуляціях. Вона поєднує точність форм, функціональну логіку конструкції та технологічну оптимізацію під сучасні інструменти цифрового моделювання й візуалізації.

Деталізацію почнемо з безпосередньо барабану, розбивши його на секції за допомогою `ctrl+r`, виділяємо необхідні ребра та екструдуюмо їх наверх. Таким чином утворюємо каркас, який обіймає сито барабану. Для перетинок, які з'єднують кільця, створюємо мости за допомогою операції `bridge edge loops`, попередньо видаливши зайві полігони.

Таким чином, барабан набуває наступного вигляду:

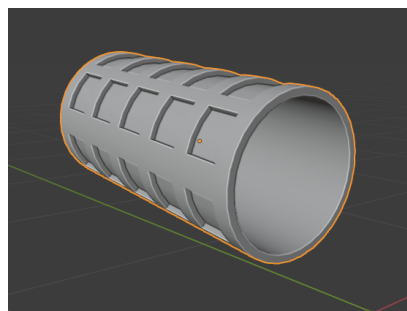


Рисунок 1.16. Деталізований барабан із ситом

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Ось барабану виконуємо окремо від блокінгу з циліндра. Щоб звузити кінці, що будуть слугувати кріпленнями, виконуємо по черзі екструдування та масштабування основ циліндру. На одному з кінців моделі додаємо петлю, виділяємо декілька полігонів та екструдуємо вздовж нормалей, щоб отримати виделку. Жорсткі ребра згладжуємо за допомогою фаски.

Цю виделку копіюємо, після чого запускаємо операцію *separate by selection*, так копія стане окремим об'єктом. Зменшуємо копію та з'єднуємо її з віссю простим циліндром. Кермо з ручками також утворюємо з циліндрів.

На самій осі виконуємо екструдування кріплень до барабану, кожен під кутом 120 градусів.

По завершенні цього етапу вісь із керування виглядає так:

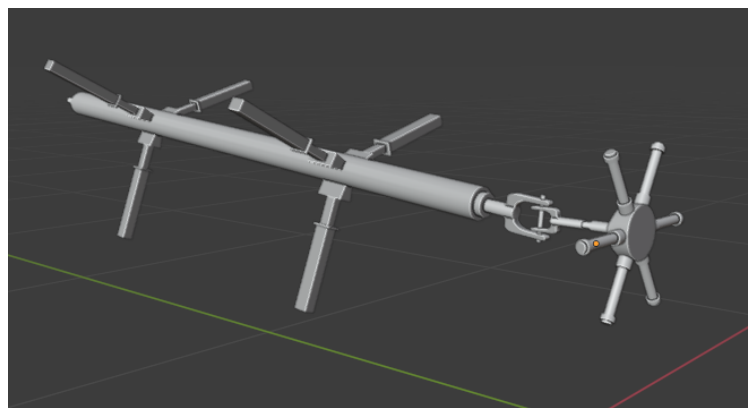


Рисунок 1.17. Модель осі барабану з елементом керування

Виделки із згладжуванням набувають більш плавної форми:

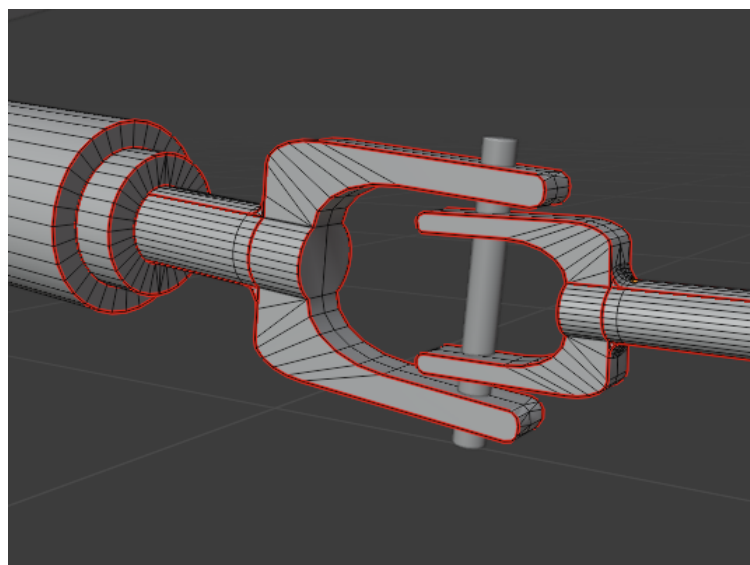


Рисунок 1.18. Схема кріплення керма до осі

Для створення сит відділення зерна створимо окремий сегмент язичка з боксу, після чого скористаємося модифікатором Array. Відстань між об'єктами виставляємо в нуль.

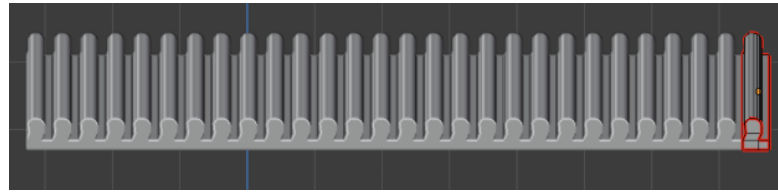


Рисунок 1.19. Утворення сита

Для желобу необхідно задати глибину, щоб відбувалося проходження зерна. Додаємо дві пеллі по краях, щоб утворити рамку, полігонр посередині опускаємо вниз, налагоджуємо кут опускання.

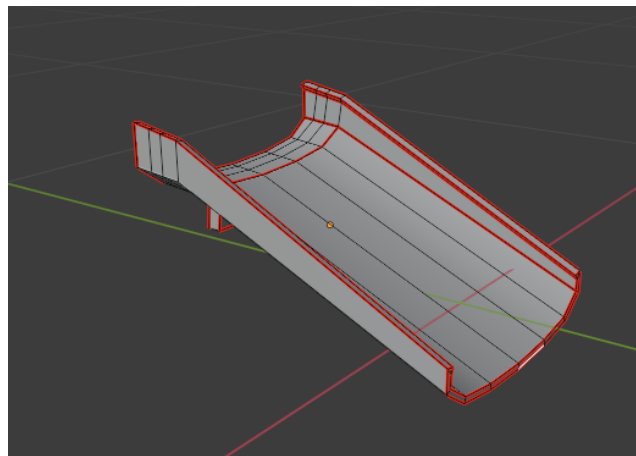


Рисунок 1.20. Деталізація желобу

Двері виконуються з боксів, через операції створення підполігону та екструдювання задаємо декоративні виїмки. В одній з дверей необхідно створити віконце для спостереження за процесом, в ньому кути згладжуємо фаскою.

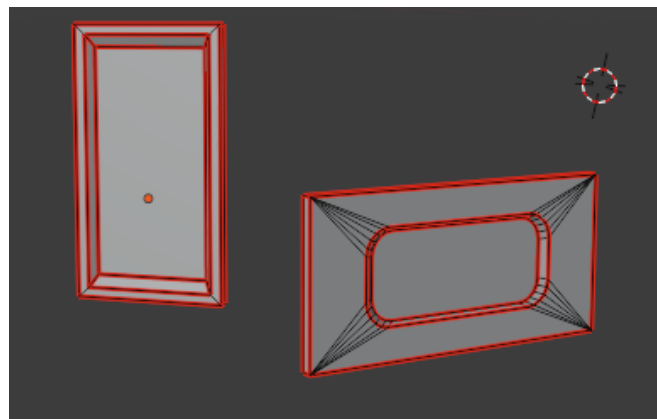


Рисунок 1.21. Конструкція дверей каркасу

На передній частині сепаратора створимо вентиляційну решітку. Розташуємо її на отворі, який був зазначений на блокінгу. Створюємо додаткові петлі та видаляємо зайві полігони, щоб утворити отвори.

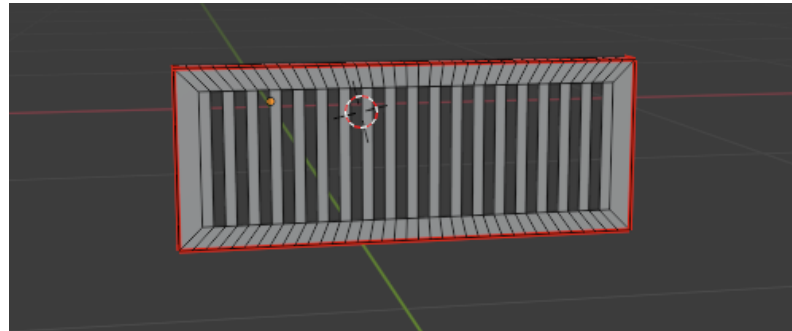


Рисунок 1.22. Вентиляційна решітка для подачі повітря

Підсумковий результат деталізації має наступний вигляд:

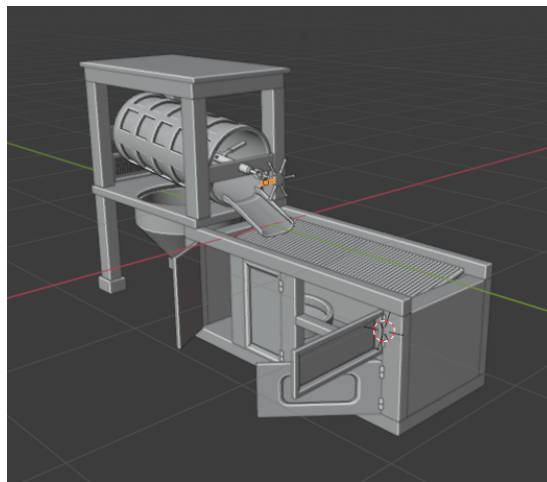


Рисунок 1.23. Завершена деталізація моделі

Деталізація моделі з іншого ракурсу:

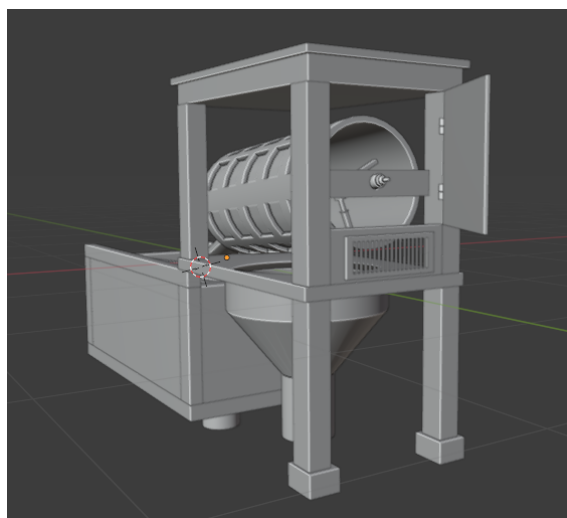


Рисунок 1.24. Додатковий ракурс моделі

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

1.4.3 Створення UV-розгорток

Розгортка моделі в 3D-моделюванні – це процес перетворення тривимірної поверхні об’єкта на двовимірну площину для подальшого нанесення текстур. Іншими словами, розгортка (або UV-розгортка) – це спосіб, за допомогою якого кожна точка на поверхні 3D-моделі отримує свої координати в UV-просторі (де U і V – це горизонтальна й вертикальна осі двовимірного текстурного зображення). Цей етап є критично важливим для того, щоб текстура лягала на модель правильно, без спотворень, швів або розривів, і виглядала реалістично під час візуалізації чи інтерактивного використання в ігрових рушіях.

Процес розгортки починається з визначення так званих швів (seams) на моделі. Це уявні лінії, за якими 3D-об’єкт ніби «розрізається», щоб його поверхню можна було розкласти на площині подібно до того, як тканина розкладається для крою. Правильне розташування швів дозволяє мінімізувати спотворення текстур і зробити шви невидимими у фінальному результаті. Зазвичай шви розташовують у тих місцях, які або важко помітити (наприклад, на тильній стороні деталей), або там, де вони співпадають із природними лініями конструкції (стики деталей, краю панелей тощо).

Після розмітки швів модель «розгортається», і на площині створюється UV-карта – схема, де кожна частина поверхні об’єкта відповідає певній ділянці текстури. Важливо, щоб усі елементи UV-карти мали однакову щільність (density) і не були надто розтягнутими чи стиснутими, адже це вплине на вигляд текстур (наприклад, матеріал дерева чи металу може виглядати неприродно). Частини UV-розгортки розташовуються в межах спеціального квадрата (0-1 UV-простір), щоб максимально ефективно використати площу текстури.

Розгортка моделі передбачає також оптимізацію й пакування UV-островів (окремих частин розгортки) так, щоб зменшити кількість порожнього місця та підвищити роздільну здатність текстури на об’єкті. Це особливо важливо для моделей, що будуть використовуватися в ігрових рушіях, де кожен піксель текстури має значення для продуктивності й візуальної якості.

Після завершення розгортки UV-карта експортується в графічний редактор

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

або програму для текстуровання, таку як Substance Painter, де на основі цієї карти створюються й запікаються карти нормалей, оклюзії, roughness, metallic та інші, а також наноситься колірна текстура. Грамотно зроблена розгортка гарантує, що текстури будуть чіткими, без артефактів і точно відповідатимуть деталям моделі.

При створенні розгорток кожна частина моделі розрізається на окремі частини, які слугують пласкою проекцією для 3Д-моделі. Скористаємося основним правилом: розрізи мають проходити по жорстких ребрах. Щоб пришвидшити процес, натискаємо на жорстке ребро, обираємо опцію *select similar face angles*, довиділяємо пропущені ребра, відмічаємо їх як жорстке ребро, потім як розріз. Додаткові розрізи необхідно зробити на бічних поверхнях циліндрів, щоб вони розгорнулися у прямокутну проекцію.

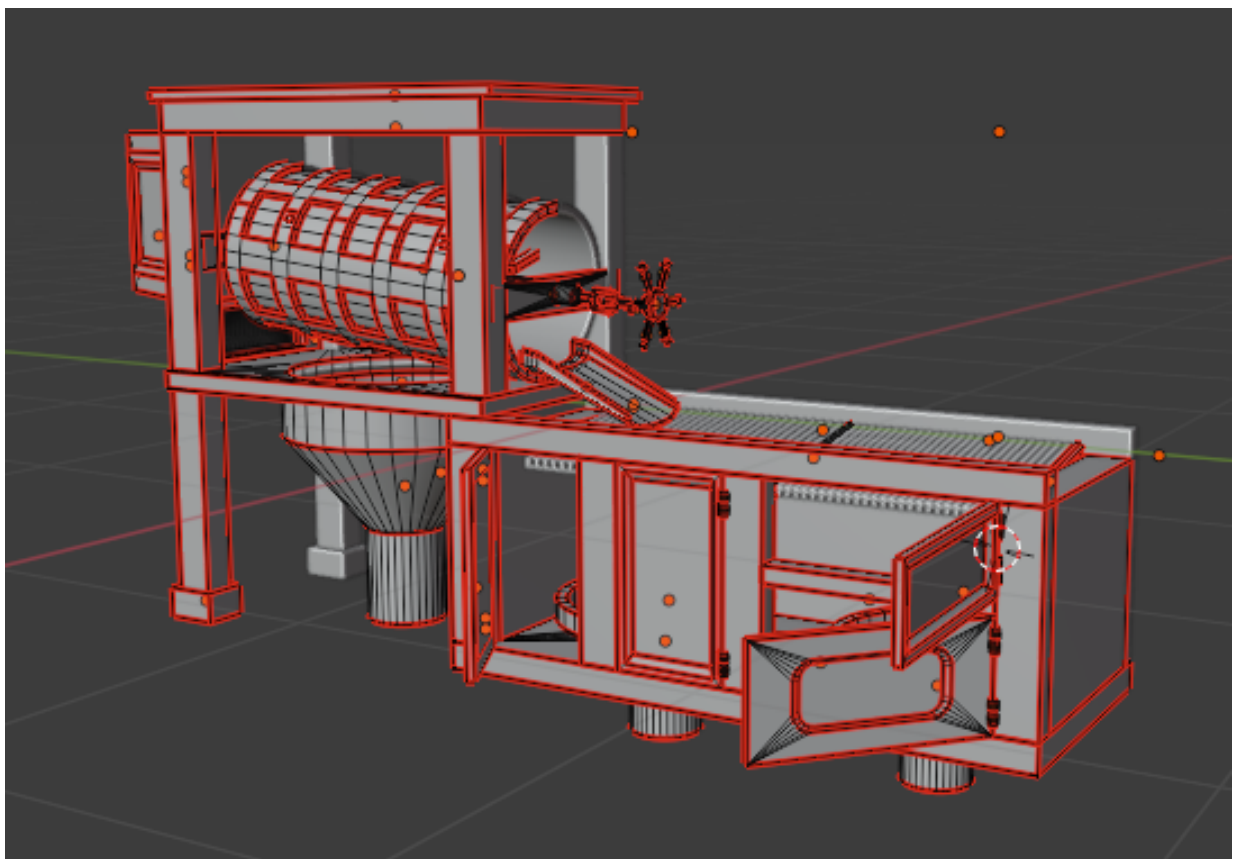


Рисунок 1.25. Схема розрізів моделі

Далі необхідно впевнитись у відсутності помилок в розгортці. Обираємо просту опцію *unwrap*, натискаємо галочку на *display stretch*. Обтяження показуються різним кольором залежно від їх сили. Темно-синім кольором показано відсутність обтяжень.

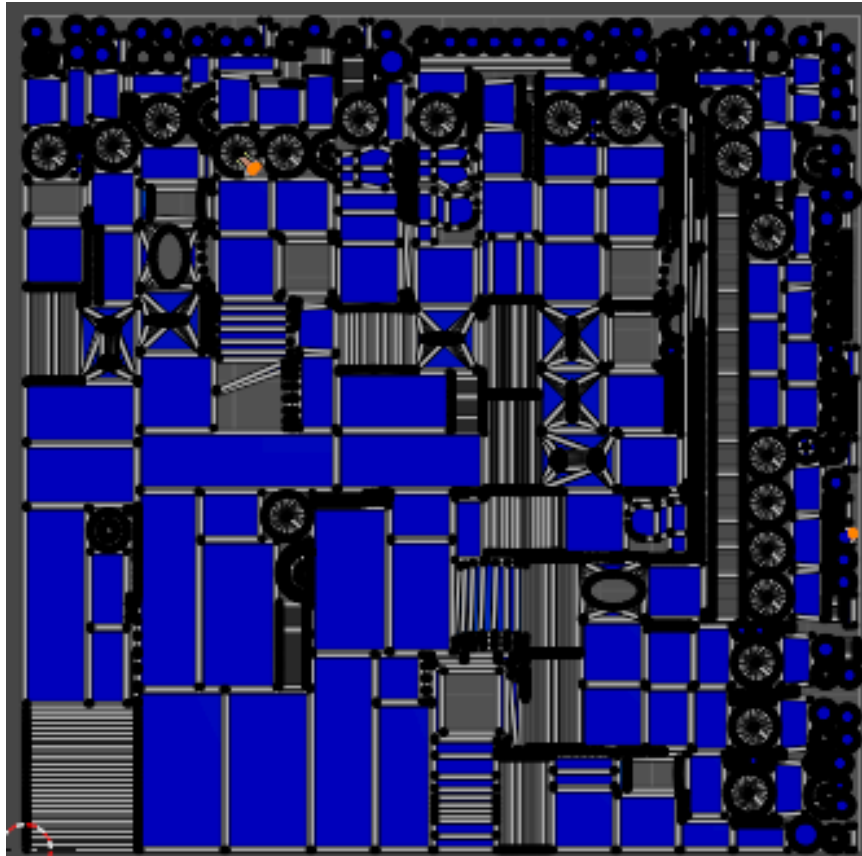


Рисунок 1.26. Розгортка з демонстрацією обтяжень

Перед експортом моделі необхідно перевірити її на наявність вивернутих полігонів. Для цього увімкнемо відображення напрямку нормалей. Синій колір відповідає за зовнішню сторону, червоний за внутрішню. Усі дефекти виділяємо та перераховуємо нормалі інструментом flip normals.

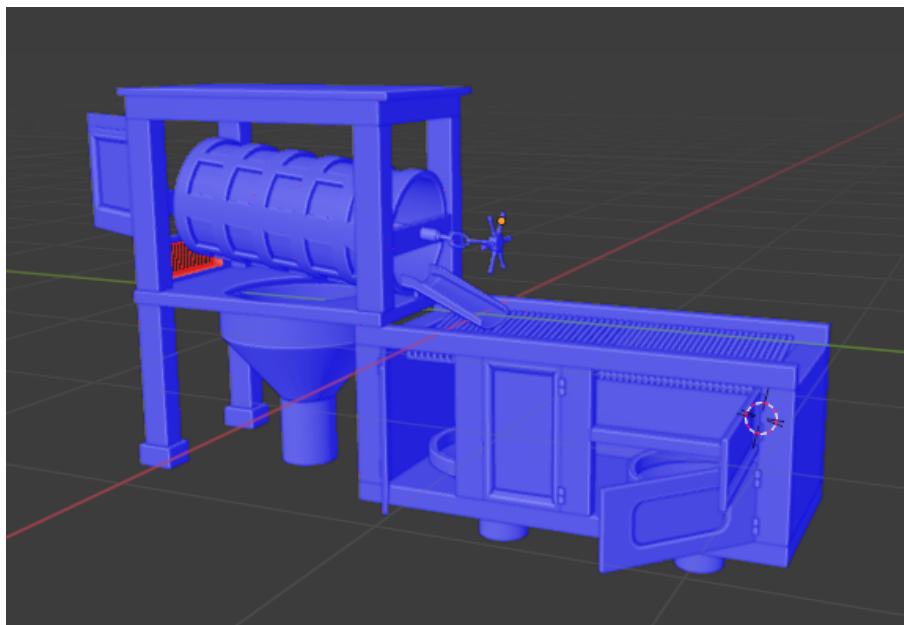


Рисунок 1.27. Перевірка моделі перед експортом

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

1.4.4 Текстурування моделі

Текстурування – це процес нанесення на поверхню 3D-моделі двовимірних зображень (текстур), які надають об’єкту кольору, візуальних властивостей матеріалів і дрібних деталей без потреби моделювати їх геометрично. Текстурування робить модель візуально привабливою та реалістичною, забезпечує її відповідність стилю проєкту, а також дозволяє суттєво економити обчислювальні ресурси, оскільки багато інформації про зовнішній вигляд об’єкта зберігається у вигляді текстур, а не полігональної геометрії.

Основою для текстурування є UV-розгортка – карта, яка задає відповідність між точками на 3D-моделі та координатами на площині текстури. Після створення UV-розгортки художник або спеціалізоване програмне забезпечення, наприклад Substance Painter, Photoshop, Quixel Mixer, починає наносити текстури. Ці текстури можуть бути створені вручну, згенеровані процедурно або запечені з високополігональної моделі.

Текстурування не обмежується лише створенням кольорової карти (albedo або diffuse). У сучасних технологіях воно включає цілий набір текстурних карт, кожна з яких відповідає за окремий аспект матеріалу. Наприклад, карта нормалей імітує дрібний рельєф поверхні (подряпини, шви, фактуру металу чи дерева), не додаючи при цьому геометрії. Карти металевості (metallic) та шорсткості (roughness) відповідають за те, як поверхня взаємодіє зі світлом: чи виглядає вона блискучою, чи матовою, металевою чи діелектричною. Карта оклюзії (ambient occlusion) додає тіней у важкодоступних місцях моделі для більшої глибини й об’єму [8][9].

У процесі текстурування дуже важливо дотримуватися реалістичності пропорцій текстурних деталей, правильного масштабу й логіки нанесення матеріалів. Наприклад, дерев’яна частина барабанного сепаратора повинна мати видиму структуру волокон дерева, стики панелей, потертості від експлуатації. Металеві деталі – гвинти, заклепки, шківи – мають виглядати відповідно до характеру обробки: із блиском чи з іржею, подряпанними чи полірованими.

Для моделей, які будуть використовуватись у віртуальних середовищах чи

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

ігрових рушіях, текстурування також виконує задачу оптимізації. Усі карти текстур запікаються та експортуються у форматах, придатних для рушіїв (наприклад, Unreal Engine або Unity), із заданим розділенням текстур (512, 1024, 2048 чи 4096 пікселів) залежно від вимог проєкту. Це дозволяє досягти балансу між високою візуальною якістю та продуктивністю в реальному часі.

Процес текстурування 3D-моделі – це послідовність етапів, спрямованих на створення та застосування текстур до об’єкта для імітації матеріалів, фактур, старіння та інших візуальних характеристик. У випадку з моделлю барабанного сепаратора XIX століття, текстурування має на меті не лише візуалізацію зовнішнього вигляду, а й передачу історичної автентичності, технологічного зношення та фактури матеріалів. Нижче описано, як саме відбувається цей процес у сучасному робочому середовищі.

Після завершення моделювання та UV-розгортки модель експортується у форматі, зручному для текстурування (найчастіше це .FBX або .OBJ). Цей файл імпортується в програму для текстурування – наприклад, Substance Painter.

Одночасно з цим може також імпортуватися high-poly версія моделі, якщо планується запікання (baking) додаткових карт – таких як normal map, ambient occlusion, curvature, thickness, які використовуються для подальшого деталізованого малювання матеріалів.

Перший крок у програмі – створення або імпорт матеріалів. У Substance Painter доступна бібліотека смарт-матеріалів – заздалегідь налаштованих комплексів текстур із фізичними параметрами поверхні. Наприклад, деревина з лаком, старий залізний лист, поіржавілий метал, зношена фарба. Для моделі сепаратора зазвичай обирають або створюють кілька матеріалів: дерево для основного корпусу, метал для шківів, валів і заклепок, фарбовану поверхню з подряпинами для декоративних елементів.

Після призначення базових матеріалів виконується маскування – розділення поверхонь, до яких застосовуються різні ефекти. Наприклад, текстура деревини буде застосована лише до відповідних ділянок моделі, тоді як іржа – тільки до металевих поверхонь. Маски можна створювати вручну (через малювання), за

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

допомогою ID-карт або автоматично, за допомогою генераторів, які реагують на геометрію моделі (наприклад, краю або западини).

Далі виконується деталізація – художник або алгоритм додає ефекти зношеності, бруду, пилу, стирання фарби, тріщин. Ці ефекти або малюються вручну пензлями, або автоматизуються генераторами (smart masks). Наприклад, на краях металевих частин можна додати оголений метал під шаром фарби, а в западинах корпусу – бруд і сажу. Уся ця інформація додається до відповідних шарів текстури: roughness (шорсткість), metallic (металевість), normal (рельєф), height (висота), які керують тим, як поверхня взаємодіє зі світлом.

Окремо опрацьовується кольорова карта (base color або albedo) – основне зображення, яке задає загальний вигляд матеріалу. Вона включає в себе відтінки деревини, окисованого металу, патини, лаку, сліди пальців або потертостей.

На завершальному етапі виконується експорт текстур – набір зображень у потрібних форматах (наприклад, PNG або TGA), які згодом будуть застосовані до моделі в ігровому рушії або програмі для рендеру. Зазвичай експортуються такі карти (див. додаток А):

1. Base Color
2. Normal Map
3. Roughness
4. Metallic
5. Ambient Occlusion
6. Height (за потреби)

Готові текстури потім застосовуються до low-poly моделі в рушіях, таких як Unreal Engine, Unity або у візуалізаторах типу Marmoset Toolbag для створення рендерів.

Текстурування виконаємо в Substance Painter. Імпортуємо модель у форматі fbx, встановимо розмір текстур в 2048. Створимо шар для сита барабану. В параметри каналів вставляємо зображення трикутної решітки. Підключаємо канал opacity для відображення прозорості на ситі та віконці у дверях. На цей шар накладаємо чорну маску та інструментом UV project обираємо необхідні для цього

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

матеріалу частини.

Таким самим чином розфарбуємо дерев'яні частини, скориставшись текстурою дерева. Редагуємо масштаб текстури, щоб вона розподілялась більш рівномірно, маскою виділяємо лише необхідні частини.

Для барабану та сит сортування обираємо смарт-матеріал бронзи, редагуємо в ньому параметри кольору, блиску та масштабуємо візерунок до досягнення бажаного виду. На воронки накладаємо інший смарт-матеріал – алюміній, редагуємо його так само як попередній.

В останню чергу за допомогою смарт-масок додаємо пил від обробки зерна жовтуватого кольору та бруд темно-коричневого. Змінюємо рівень та вплив гранжу в параметрах.

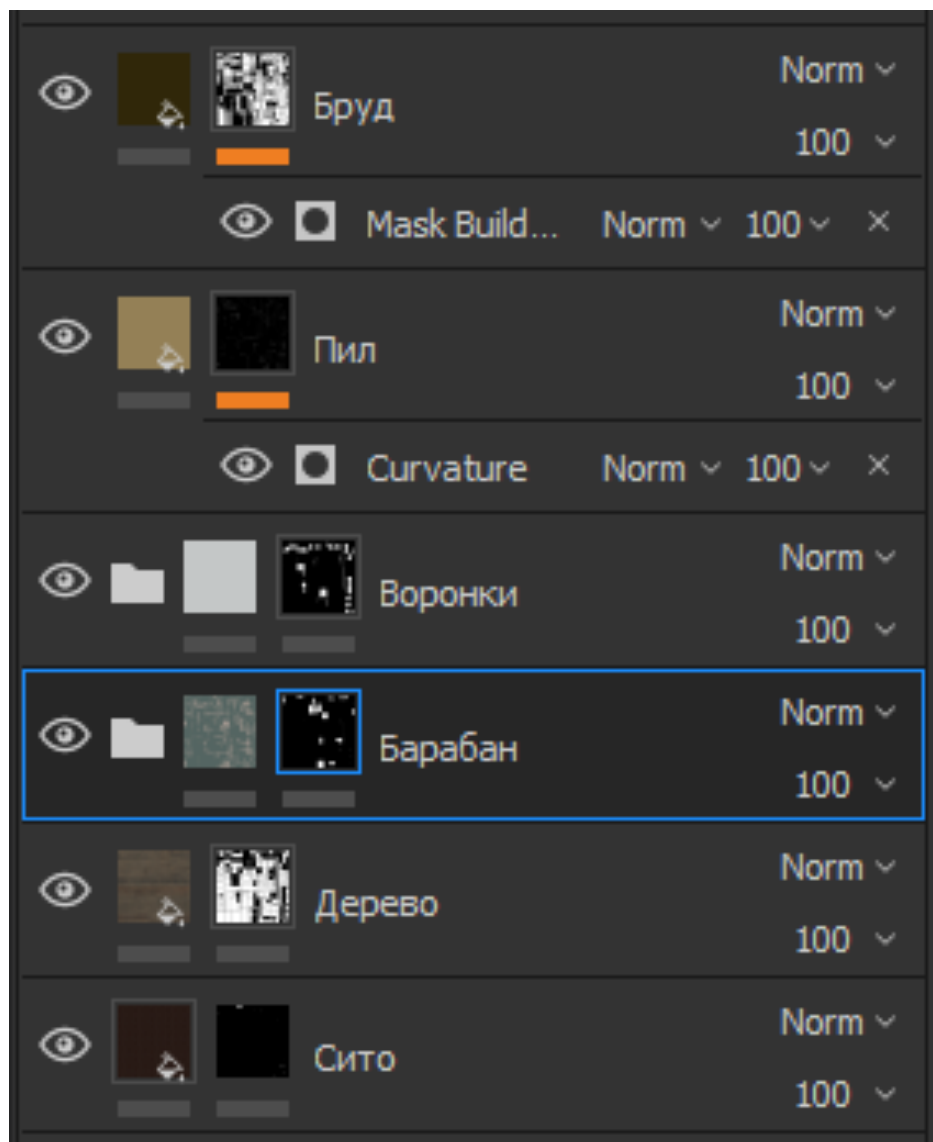


Рисунок 1.28. Налаштування шарів

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Підсумковий результат текстурування має наступний вигляд:



Рисунок 1.29. Відтекстурована модель

1.4.5 Створення демонстраційного рендеру

Рендер (від англійського rendering) – це процес створення фінального зображення або анімації на основі тривимірної сцени, моделі й усіх налаштованих її властивостей, таких як освітлення, матеріали, текстури, камера, тіні та ефекти. Іншими словами, рендеринг – це «переклад» 3D-даних у плоске 2D-зображення, яке можна побачити на екрані або зберегти як файл. Цей процес є заключним і надзвичайно важливим етапом роботи в комп'ютерній графіці, візуалізації, створенні ігор, фільмів, рекламних роликів та віртуальних музеїв.

У ході рендеру спеціальне програмне забезпечення (рендер-рушії) обчислює, як кожен піксель фінального зображення повинен виглядати на основі положення джерел світла, властивостей матеріалів (наприклад, як вони відбивають чи поглинають світло), прозорості, заломлення, кольору й багатьох інших параметрів. Програма також враховує ефекти постобробки: глибину різкості, об'ємне освітлення, відблиски, тіні, туман, віддзеркалення та інші явища, щоб зображення виглядало реалістичним або відповідало стилю проекту.

Рендер буває кількох типів залежно від завдань і використовуваних

					КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

технологій. Найпоширеніші – це фотореалістичний рендер, що максимально точно імітує фізику світла й матеріалів (використовується для архітектурної візуалізації, продуктового дизайну, кіно); реального часу (real-time render), який застосовується в іграх та інтерактивних застосунках і працює так швидко, що користувач бачить результат миттєво; а також карикатурний або стилізований рендер, що надає сцені художнього або мультяшного вигляду.

Для виконання рендеру використовуються як вбудовані рушії 3D-пакетів (наприклад, Cycles у Blender, Arnold у Maya, V-Ray), так і окремі програми чи рушії, як-от Marmoset Toolbag, який популярний для демонстрації моделей у портфоліо завдяки своїй простоті й високій якості рендеру в режимі близькому до реального часу. У процесі рендеру враховується не лише вигляд самої моделі, а й оточення: фон, підлога, середовище для освітлення (HDRI-карти), що додає реалістичності зображенню завдяки правильному формуванню тіней і віддзеркалень.

Якість рендеру безпосередньо залежить від налаштувань: роздільної здатності, кількості променів, що використовуються для симуляції світла (samples), антивідблиску, глибини відображення й інших параметрів. Чим вищі ці показники, тим якісніше й реалістичніше буде фінальне зображення, але й тим більше часу займе рендеринг – іноді від кількох хвилин до годин чи навіть днів для великих проєктів.

Рендер у Blender – це завершальний і важливий етап роботи над 3D-моделлю або сценою, під час якого створюється фінальне зображення або анімація на основі всіх налаштованих елементів: геометрії, матеріалів, освітлення, камери й ефектів. Цей процес у Blender виконується через спеціальні рендер-рушії (движки), такі як Cycles (фотореалістичний трасувальник променів) і Eevee (рендерер реального часу). Нижче описано детально, як проходить рендеринг у Blender.

Спершу підготовлюється сцена: розташовуються 3D-моделі, задається камера, яка визначає точку зору для фінального зображення. Камера в Blender має налаштування фокусної відстані, глибини різкості, кута огляду тощо. Її

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

положення та орієнтація дуже впливають на композицію рендеру. Після цього налаштовується освітлення сцени. Це можуть бути точкові джерела світла, прожектори, сонячне світло або освітлення через середовище (HDRI-карти), які імітують освітлення реального світу й дозволяють досягти більшої реалістичності. У Cycles світло поводиться максимально близько до фізичних законів, тому потрібно ретельно підбирати його інтенсивність і колір.

Далі задаються матеріали й текстури, які визначають вигляд поверхонь моделей під час взаємодії зі світлом. У Blender матеріали будуються за допомогою вузлів (node system). Зокрема, для рендеру барабанного сепаратора це можуть бути вузли для налаштування властивостей дерева (колір, roughness, bump-імітація текстури дерева) або металу (блиск, металевість, карта нормалей для рельєфу).

Перед самим рендерингом у Render Properties користувач обирає рендерушій. Якщо потрібен фотореалізм, зазвичай вибирають Cycles, якщо важлива швидкість і рендер виконується для попереднього перегляду або інтерактивного проєкту – Eevee.

У Cycles важливими параметрами є:

Samples – кількість променів на піксель для обчислення освітлення. Чим більше, тим якісніше зображення, але довше триває рендер.

Denoising – зменшення шуму на зображенні за допомогою вбудованих алгоритмів Blender або сторонніх систем (наприклад, OptiX для NVIDIA).

Light Paths – глибина променів (кількість відбиттів світла), що впливає на реалістичність ефектів прозорості, віддзеркалення і переломлення.

Resolution – роздільна здатність фінального зображення в пікселях.

Output format – формат збереження результату (PNG, JPEG, EXR тощо).

У Eevee налаштування дещо відрізняються й орієнтовані на реальний час:

Увімкнення ефектів постобробки: bloom (світіння), ambient occlusion (затінення), screen space reflections (віддзеркалення), depth of field (глибина різкості).

Налаштування точності затінення й відображень.

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

Використання light probes для коректної обробки глобального освітлення в реальному часі.

Коли всі налаштування готові, користувач запускає рендер. Це робиться через меню Render > Render Image (F12) для зображення або Render > Render Animation для анімації. Blender починає обчислювати зображення за пікселями або блоками (tiles), поступово будуючи фінальний кадр. Cycles рендерить повільніше, але видає результат із фізично правильною поведінкою світла, тіней і матеріалів. Eevee генерує картинку практично миттєво завдяки використанню сучасних графічних технологій, таких як кешовані затінення й віддзеркалення.

Після завершення рендеру результат можна переглянути в Image Editor, внести корекції (наприклад, через вкладку Compositing) або одразу зберегти файл. Для фінальної презентації, як у випадку з моделлю барабанного сепаратора, часто робиться рендер у високій роздільній здатності (наприклад, 1920×1080 або 4К), з правильними налаштуваннями світла, тіней і матеріалів для отримання максимально якісного й реалістичного зображення об'єкта.

Для створення рендеру повертаємося в блендер, створюємо єдиний матеріал, який застосовуємо на всі частини моделі. Переходимо у меню шейдингу, до нодів principal BSDF підключаємо отримані під час роботи текстури. Для карти нормалей ставимо проміжний нод bump, в нього підключаємо карту як висоту та налаштовуємо інтенсивність. Прозорість підключаємо в канал альфа.

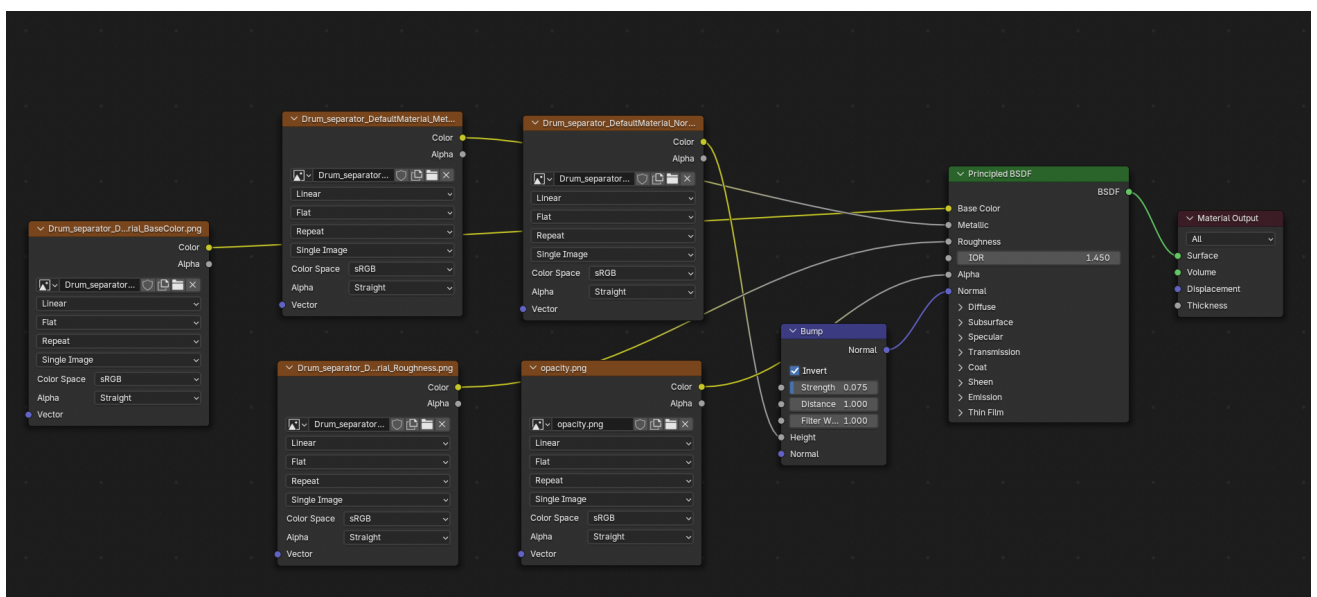


Рисунок 1.30. Створення шейдеру

Для того, щоб прозорість відпрацьовувала коректно, в налаштуваннях матеріалу міняємо blend mode з opaque на alpha hashed, щоб матеріал читав інформацію з потрібної карти.

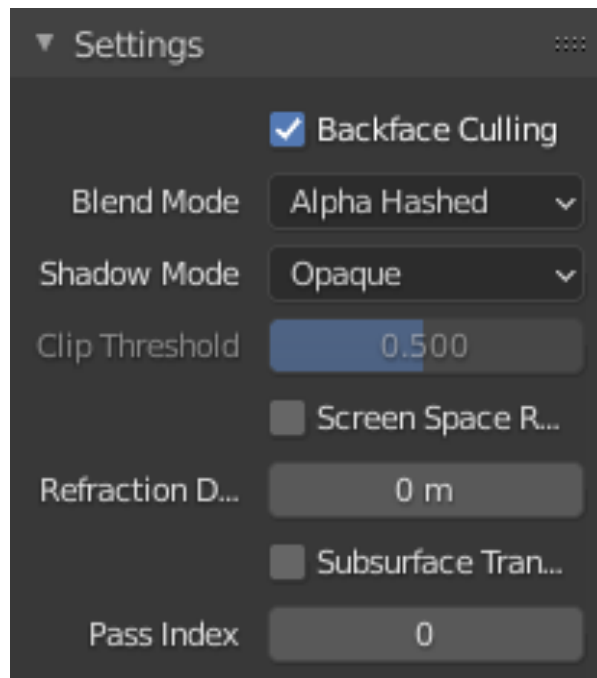


Рисунок 1.31. Налаштування прозорості

Для того, щоб модель можна було представити в музей, необхідно підкреслити її освітленням, яке не приховує частин моделі. Додаємо два джерела світла sun, одне робимо теплим, інше холодним, налаштовуємо силу освітлення. Виставляємо камеру та запускаємо рендер.

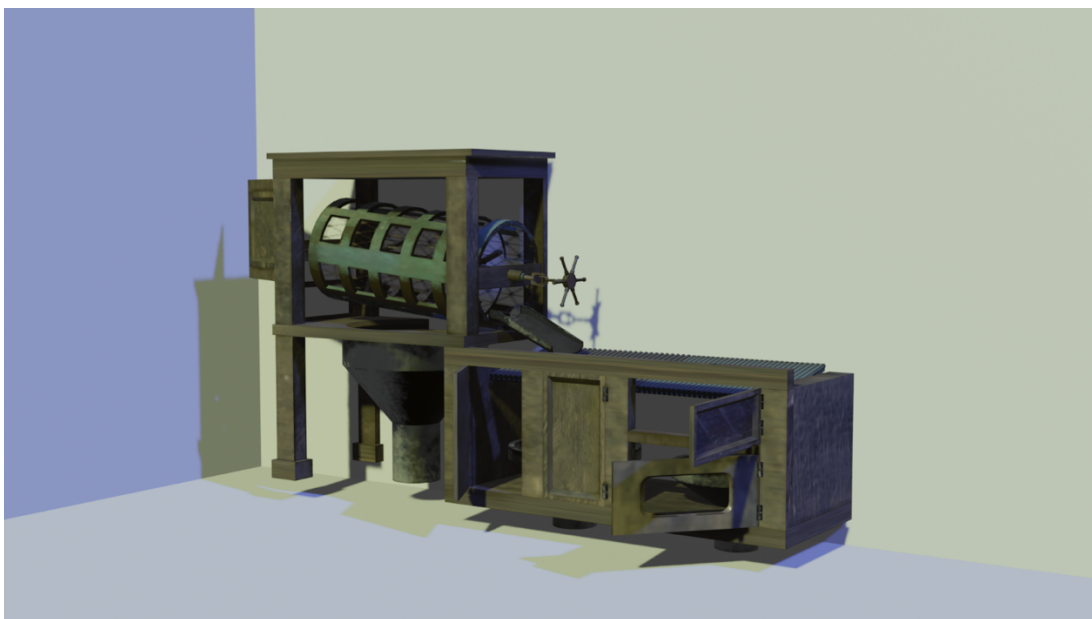


Рисунок 1.32. Рендер моделі

					<i>КГ 08. 02 001. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

1.4.6 Скриптинг моделі

Для покращення досвіду при взаємодії з моделлю під час демонстрації було вирішено написати скрипт обертання моделі в просторі.

Блок схема алгоритму виглядає наступним чином:

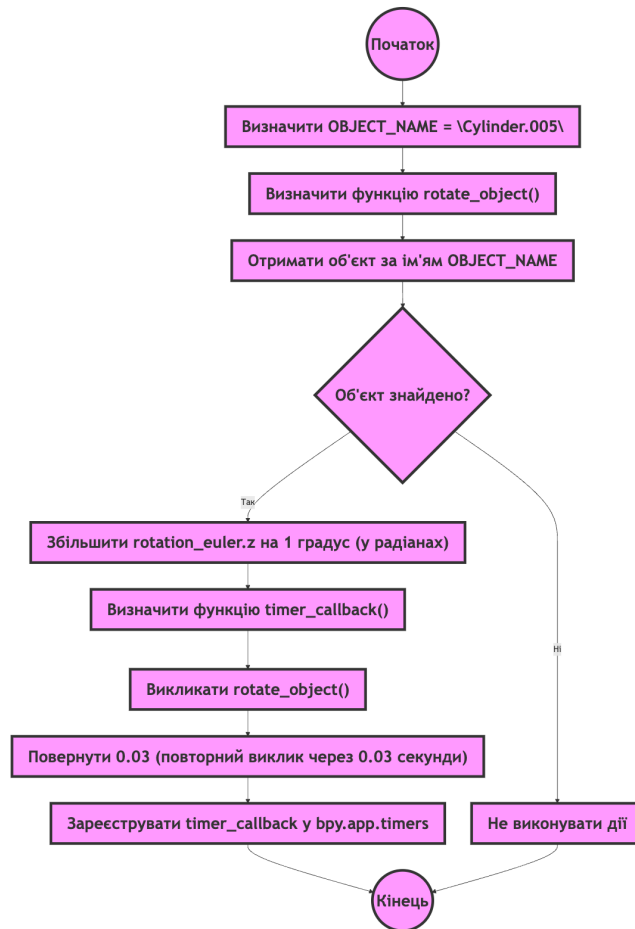


Рисунок 1.33. Блок схема алгоритму обертання об'єкту у просторі

Нижче наведено програмний код Python:

```
import bpy
import math

ОБЈЕСТ_NAME = "Cylinder.005"

def rotate_object():
    obj = bpy.data.objects.get(ОБЈЕСТ_NAME)
    if obj:
        obj.rotation_euler.z += math.radians(1)

def timer_callback():
    rotate_object()
    return 0.03 # Вызвать снова через 0.03 секунды

# Регистрируем таймер
bpy.app.timers.register(timer_callback)
```

Наведений код працює згідно з вищезазначеним алгоритмом.

2 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Резюме

У дипломному проєкті розроблено систему цифрової реконструкції обладнання для обробки зерна XIX століття, що дозволяє відтворити технологічні процеси у 3D та візуалізувати конструкцію механізмів, сприяючи збереженню технічної спадщини. Якість системи оцінюється за достовірністю, деталізацією та зручністю взаємодії.

2.2 Визначення трудомісткості розробки ПЗ

Тривалість розробки програмного продукту залежить від його обсягу, складності, кваліфікації розробників і встановлених ринком термінів. Метод структурної аналогії дозволяє оцінити обсяг у тисячах умовних машинних команд на основі подібного програмного забезпечення.

Табл. 2.1 містить аналоги ПЗ з подібними функціями; обраний варіант виділено сірим.

Таблиця 2.1. Каталог аналогів

Найменування ПП	Обсяг функції ПП – V_0 , умовних. машинних командах
6. ПП автоматизованих розрахунків	1300 – 8600
7. ПП імітаційного моделювання	7800 – 8800
8. ПП обчислювального процесу	13000 – 10200

Після вибору аналога з обсягом V_0 (умовні машинні команди), трудомісткість визначається за табл. 2.2.

Таблиця 2.2. Обсяг ПП

Обсяг ПП, тис.умов.машинних команд	Норма часу, люд/год
1.00	229
2.00	244
3.00	262
4.00	283
5.00	306
6.00	330
7.00	357

Обсяг ПП, тис.умов.машинних команд	Норма часу, люд/год
8.00	385
9.00	414
10.00	445

На основі отриманого значення за довідником визначають укрупнену норму часу, скориговану коефіцієнтом $K_k = 0,8$ для умов розробки на комп'ютері:

$$T_{ap} = 229 \times 0,8 = 183,2 \text{ (люд/годин)} \quad (2.1)$$

Трудомісткість визначається для кожного етапу окремо, з урахуванням складності, новизни та використання стандартних модулів, за відповідними формулами:

$$T_{T3} = T^a p \times L_1 \times K_H \quad (2.2)$$

$$T_{TP} = T^a p \times L_2 \times K_H \quad (2.3)$$

$$T_{PP} = T^a p \times L_3 \times K_H \times K_T \quad (2.4)$$

Для розрахунку використовуються такі коефіцієнти:

- L_i – частка i -го етапу (табл. 2.3);
- K_H – коефіцієнт новизни (табл. 2.4);
- K_T – коефіцієнт використання типових програм (табл. 2.5).

Наш варіант виділено сірим.

Таблиця 2.3. Питомі коефіцієнти трудомісткості стадії у загальній трудомісткості розробки ПП

Код стадії	Ступінь новизни		
	А	Б	В
ТЗ (L_1)	0,15	0,12	0,12
ТП (L_2)	0,16	0,15	0,11
РП (L_3)	0,55	0,58	0,61

Таблиця 2.4. Значення коефіцієнта новизни

Код ступеня новизни	Ступінь новизни	Значення K_H
А	Принципово новий ПП	1,75 – 1,2
Б	ПП – розвиток визначеного параметричного ряду	1,0 – 0,8

Код ступеня новизни	Ступінь новизни	Значення K_n
В	ПП, що має аналог	0,7

Таблиця 2.5. Значення коефіцієнта використання типових програм

Ступінь охоплення реалізованих функцій розробленого ПП типовими програмами, %	Значення K_T
60 і вище	0,6
40-60	0,7
20-40	0,8
До 20	0,9

Тепер розраховуємо трудомісткість для всіх етапів і зводимо у табл. 2.6:

Трудомісткість технічного завдання:

$$T_{mz} = Ta * L_1 * K_n = 183,2 * 0,12 * 0,8 = 17,58 \text{ (люд/годин)} \quad (2.2)$$

Трудомісткість розробки технічного проєкту:

$$T_{mт} = Ta * L_2 * K_n = 183,2 * 0,15 * 0,8 = 21,98 \text{ (люд/годин)} \quad (2.3)$$

Трудомісткість розробки робочого проєкту:

$$T_{pп} = Ta * L_3 * K_n * K_m = 183,2 * 0,58 * 0,8 * 0,7 = 59,50 \text{ (люд/годин)} \quad (2.4)$$

Для розрахунків визначили обсяг документації по етапах:

- технічне завдання $N_{тз}=2$ (стор);
- розробка ТП $N_{тп}=53$ (стор);
- розробка робочого проєкту $N_{рп}=9$ (стор);
- пояснювальна записка відповідно $N_{пз}=15$ (стор).

Таблиця 2.6. Розрахунок трудомісткості ПП

Найменування етапів	Розрахунок, годин		
1.ТЗ	$T_{Pтз}=17,58$	$T_{кк}=0,7*N_{тз}=0,7*2=1,4$	$T_{нк}=0,15*N_{тз}=0,15*2=0,30$
2.Розробка ТП	$T_{Pтп}=21,98$	$T_{кк}=0,7*N_{тп}=0,7*53=37,1$	$T_{нк}=0,15*N_{тп}=0,15*53=7,95$
3.Розробка РП	$T_{Pрп}=59,50$	$T_{кк}=0,7*N_{рп}=0,7*9=6,3$	$T_{нк}=0,15*N_{рп}=0,15*9=1,35$
4.Розробка ПЗ	$T_{Pпз}=1,5*N_{пз}=1,5*15=22,5$	$T_{кк}=0,7*N_{пз}=0,7*15=10,5$	$T_{нк}=0,15*N_{пз}=0,15*15=2,25$

Усього, в т.ч.:	180,21		
- на розробку	Тр=121,56		
- контроль керівника		Ткк=48,3	
- нормоконтроль			Тнк=10,35

2.3 Розрахунок ціни програмного продукту

Розраховуємо основну зарплату виконавців, матеріальні та загальні витрати на розробку ПП. Зарплата наведена в табл. 2.7. З 1 січня 2025 мінімальна місячна зарплата – 8000 грн, погодинна ставка – 48 грн (згідно зі ст. 8 Закону про Держбюджет України).

Таблиця 2.7. Розрахунок основної заробітної плати виконавців

Найменування робіт	Трудомісткість робіт, години	Погодинна тарифна ставка, грн.	Розрахунок, грн.
1.Розробка ПП	121,56	48,00	5834,88
2.Контроль керівника	48,3	100,00	4830,00
3.Нормоконтроль	10,35	100,00	1035,00
Усього	-	-	$\Sigma_{30}= 11699,88$

Розраховуємо матеріальні витрати на розробку ПП та наведемо їх у табл. 2.8.

Таблиця 2.8. Розрахунок матеріальних витрат на розробку

Найменування матеріальних витрат	Тип, модель	Кількість	Ціна одиниці, грн.	Вартість, грн.
Папір	Лист А4	79	4.0	316,0
Разом	-	-	-	$V_{M1}=316,0$
Транспортно – заготівельні Витрати (10%)				$V_{Tr_3} = 0.1 * V_{M1} = 0,1*316 = 31,6$
Усього				$V_M = V_{M1} + V_{Tr_3} = 347,6$

За отриманими даними складена калькуляція планової собівартості ПП, наведена в табл. 2.9.

					КГ 08. 02 002. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Таблиця 2.9. Розрахунок статей витрат планової собівартості

Стаття витрат	Значення, грн.	Формула розрахунку
1. Матеріали	347,6	V_M (див. табл. 2.8)
2. Основна заробітна плата	11699,88	Z_o (див. табл. 2.7)
3. Додаткова заробітна плата	1169,98	$Z_d = 0.1 * Z_o = 11699,88 * 0,1$
4. Відрахування до єдиного фонду соціального внеску	2831,37	$V_{e.c.v.} = 0.22 * (Z_o + Z_d) = 0,22 * (11699,88 + 1169,98)$
5. Накладні витрати	4679,95	$V_{нак.} = 0.4 * Z_o = 0.4 * 11699,88$
6. Повна собівартість	20 728,78	$C_{пов} = V_M + Z_o + Z_d + V_{e.c.v.} + V_{нак.} = 347,6 + 11699,88 + 1169,98 + 2831,37 + 4679,95$

Розмір прибутку розраховується за формулою:

$$P = (C_n * P) / 100 = (20\ 728,78 * 15) / 100 = 3\ 109,31 \text{ грн.} \quad (2.5)$$

Де p – плановий рівень рентабельності (10-15%).

Оптова ціна розраховується за формулою:

$$C_o = C_n + P = 20\ 728,78 + 3\ 109,31 = 23\ 838,09 \text{ грн.} \quad (2.6)$$

Податок на додану вартість визначається по наступній формулі:

$$ПДВ = 0.2 * C_o = 0.2 * 23\ 838,09 = 4\ 767,61 \text{ грн.} \quad (2.7)$$

За отриманими даними, ціна реалізації ПП за формулою становить:

$$C_p = C_o + ПДВ = 23\ 838,09 + 4\ 767,61 = 28\ 605,70 \text{ грн.} \quad (2.8)$$

3 РОЗДІЛ ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ТЕХНІКИ БЕЗПЕКИ

3.1 Основні положення

В умовах стрімкого розвитку технологій та виробничих процесів автоматизація й оптимізація стали невід'ємною частиною діяльності сучасних підприємств. Сьогодні важко уявити організацію, яка б здійснювала свою роботу без використання комп'ютерної техніки. У зв'язку з широким впровадженням комп'ютерів у професійну діяльність, законодавство України встановлює чіткі норми та вимоги до їх використання, особливо в контексті забезпечення охорони праці.

У розділі, присвяченому охороні праці дипломного проекту, розглядаються питання, пов'язані з розробкою системи цифрової реконструкції обладнання для обробки зерна XIX століття.

3.2 Аналіз умов праці й забезпечення безпеки при виконанні основних видів робіт

Аналіз робочих умов вказує на присутність низки факторів, які можуть негативно впливати на працівників як у фізичному, так і в психофізіологічному плані.

До цих факторів належать:

1. занадто висока або надто низька температура та вологість повітря в зоні роботи;
2. недостатній рівень освітлення робочого простору;
3. підвищений рівень шуму;
4. надмірна іонізація повітря та електромагнітне випромінювання;
5. значні фізичні та психоемоційні навантаження.

3.3 Гігієнічні вимоги до виробничого середовища

На робочому місці дизайнера мають бути створені умови для безпечної та високопродуктивної праці.

					<i>КГ 08. 16 003. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

3.3.1 Вимоги до приміщення експлуатації ПК

Приміщення, в яких розміщується та експлуатується комп'ютерна техніка, повинні відповідати вимогам проектної документації будівлі. Роботодавець несе відповідальність за забезпечення дотримання санітарно-гігієнічних норм, що регламентують рівень освітлення, параметри мікроклімату (температуру, вологість повітря), допустимі рівні шуму і вібрації, а також вимоги пожежної безпеки. Крім того, необхідно враховувати можливі впливи електромагнітного, інфрачервоного та ультрафіолетового випромінювання.

3.3.2 Вимоги до приміщення експлуатації ПК

Робота за енерговитратами відноситься до категорії легких робіт 1а, 1б, тому повинні дотримуватися наступні вимоги згідно ДСанПіН 3.3.2.-007-98.

У таблиці 3.1 наведено норми мікроклімату для приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕМ.

Таблиця 3.1. Норми мікроклімату для приміщень з ВДТ ЕОМ та ПЕМ

Пора року	Категорія робіт	Температура повітря, °С, не більше	Відносна вологість повітря %	Швидкість руху повітря, м/с
Холодна	Легка-1а	22-24	40-60	0,1
	Легка-1б	21-23	40-60	0,1
Тепла	Легка-1а	23-25	40-60	0,1
	Легка-1б	22-24	40-60	0,1

Рівні позитивних і негативних іонів у повітрі приміщень з ВДТ мають відповідати санітарно-гігієнічним нормам № 2152-80.

У таблиці 3.2 наведено санітарно-гігієнічні нормам № 2152-80.

Таблиця 3.2. Санітарно-гігієнічні нормам № 2152-80

Рівні	Число іонів в 1 см ³ повітря	Число іонів в 1 см ³ повітря
	n+	n-
Мінімально необхідні	400	600
Оптимальні	1500-3000	3000-5000
Максимально допустимі	50000	50000

Для забезпечення в приміщенні оптимального складу повітря відповідно до гігієнічних вимог, а також для видалення шкідливих домішок, застосовується вентиляційна система. Природна вентиляція, що здійснюється через відкриті вікна за рахунок температурної різниці, забезпечує лише частковий повітрообмін і має ряд недоліків, зокрема нестабільність та залежність від погодних умов. Тому в рамках дипломного проєкту планується впровадження припливно-витяжної вентиляції, а також розглядається можливість використання кондиціонерів для покращення контролю мікроклімату.

3.3.3 Виробниче освітлення

Освітлення приміщення забезпечується як природними, так і штучними джерелами світла. Природне світло потрапляє через віконні отвори і має бокове спрямування. Для організації штучного освітлення застосовуються люмінесцентні лампи, які мають ряд переваг над лампами розжарювання: їхній спектр світла близький до природного, вони характеризуються вищою світловою ефективністю та довшим строком служби. Згідно з нормативами, рівень освітленості на робочих місцях має бути в межах 300-500 люксів.

3.3.4 Електробезпека

Сила електричного струму, що протікає через тіло людини, визначається величиною прикладеної напруги та опором тієї ділянки тіла, на яку вона впливає. Джерелом живлення є мережа змінного струму з номінальною напругою 220 В, яка регламентується стандартом ГОСТ 25861-83. Для запобігання ураженню електрострумом необхідно чітко дотримуватися правил безпечної експлуатації та проведення робіт. Особливо важливо обмежити доступ персоналу до частин обладнання, які знаходяться під небезпечною напругою, а також до неізольованих компонентів, призначених для роботи при низькій напрузі, але які не підключені до системи захисного заземлення. Живлення персонального комп'ютера має здійснюватися через розетку з використанням вилки, обладнаної заземлюючим контактом.

					<i>КГ 08. 16 003. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

3.3.5 Організація робочого місця з ПК

Робоче місце має відповідати ергономічним і санітарно-гігієнічним вимогам, встановленим у ДСанПіН 3.3.2.-007-98. Зокрема, потрібно забезпечити можливість індивідуального налаштування меблів, зокрема регулювання висоти столу та крісла. Монітор слід розташовувати так, щоб верхня межа екрану була на рівні очей користувача, а відстань до дисплея мала становити від 60 до 90 см (рекомендовано близько 70 см). Частота оновлення зображення на моніторі повинна бути не меншою за 70 Гц, оптимальне значення – 100 Гц. Поверхня робочого столу має бути матовою, а робоча зона – захищена від відблисків, що можуть потрапляти на екран.

На рисунку 3.1 зображено конструкцію робочого місця користувача ПК.

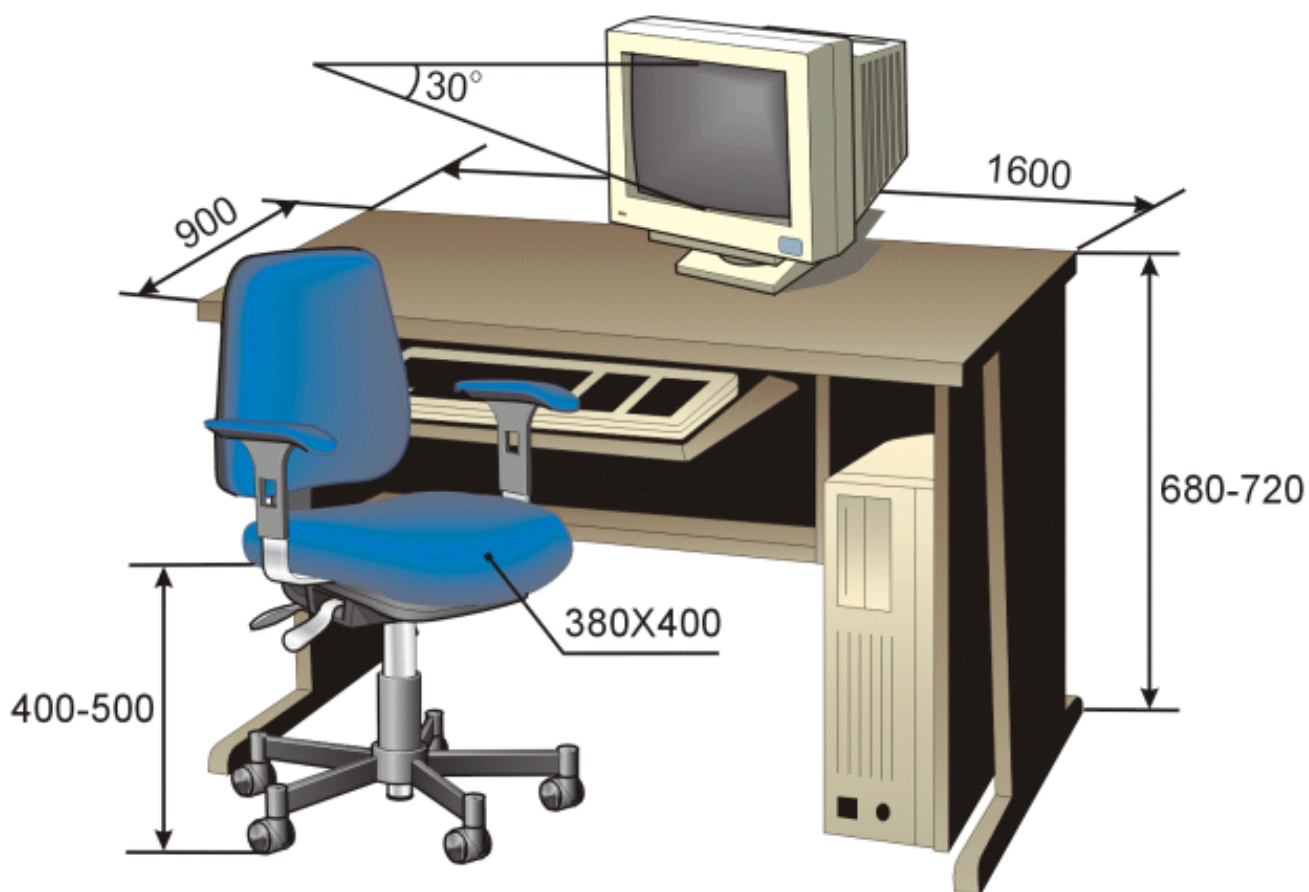


Рисунок 3.1. Конструкція робочого місця користувача ПК

Для зниження втоми та гіподинамії рекомендовано виконання вправ відповідно до ДСанПіН 3.3.2.-007-98.

					<i>КГ 08. 16 003. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

3.4 Пожежна безпека

Приміщення, де проводяться роботи з персональними комп'ютерами, повинні відповідати вимогам пожежної безпеки, встановленим у чинних нормативних актах, зокрема НАПБ А.01.001-2014 «Правила пожежної безпеки в Україні». Основними причинами пожеж у таких умовах є короткі замикання в електричних мережах, перевантаження електросистем, несправність технічного обладнання або необережне поводження з електроприладами. Для забезпечення безпеки необхідно використовувати тільки сертифіковану та справну техніку, не перевантажувати електричні мережі, регулярно контролювати стан електропроводки та дотримуватися правил експлуатації обладнання. Робочі приміщення мають бути обладнані засобами пожежогасіння відповідно до нормативних вимог, а персонал – ознайомлений з інструкціями щодо дій у разі пожежі. У разі виникнення пожежі потрібно оперативно сповістити відповідні служби, дотримуватися плану евакуації та, за можливості, вживати заходів для ліквідації вогню.

3.5 Підведення підсумків

Створення безпечного і комфортного робочого простору для дизайнера є одним із важливих чинників, що сприяють високій продуктивності та якості творчої роботи. Забезпечення оптимальних умов мікроклімату, ергономічне облаштування робочого місця, дотримання правил електробезпеки та ефективне планування робочого часу допомагають зменшити ризики професійних захворювань, підтримувати працездатність і підвищувати якість результатів.

					КГ 08. 16 003. 00 ДП ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

ВИСНОВКИ

У процесі виконання дипломної роботи було досягнуто поставлену мету – створено цифрову 3D-реконструкцію обладнання для обробки зерна XIX століття із застосуванням сучасних технологій комп'ютерної графіки. Результат дозволяє візуально представити історичне технічне обладнання у деталізованому й реалістичному вигляді, що сприяє збереженню та популяризації технічної спадщини минулого.

На основі вивчення архівних джерел, іконографічних матеріалів та музейних експонатів було досліджено конструктивні особливості й функціональне призначення сільськогосподарських пристроїв для обробки зерна, характерних для XIX століття. Це дало змогу створити максимально достовірну 3D-модель, яка відображає не лише форму, але й технологічну логіку історичного об'єкта.

У середовищі Blender було виконано повний цикл розробки: побудова геометрії, налаштування матеріалів, текстуровання та фінальне створення сцени. Особливу увагу приділено імітації ефекту старіння поверхонь – через застосування відповідних карт нормалей, нерівностей та кольорової корекції досягнуто реалістичного візуального ефекту зістарювання.

Результатом роботи стала 3D-сцена, яка може бути інтегрована у віртуальні музеї, використана у навчальному процесі, візуалізаційних проєктах або як частина цифрових архівів. Вона має пізнавальну, культурну та освітню цінність, а також може слугувати прикладом ефективного поєднання історико-технічного аналізу з сучасними інструментами цифрового моделювання.

Таким чином, робота підтвердила актуальність використання технологій 3D-моделювання у сфері цифрової реконструкції та продемонструвала можливість точного й візуально привабливого представлення історичних об'єктів у віртуальному середовищі.

					<i>КГ 08. 02 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

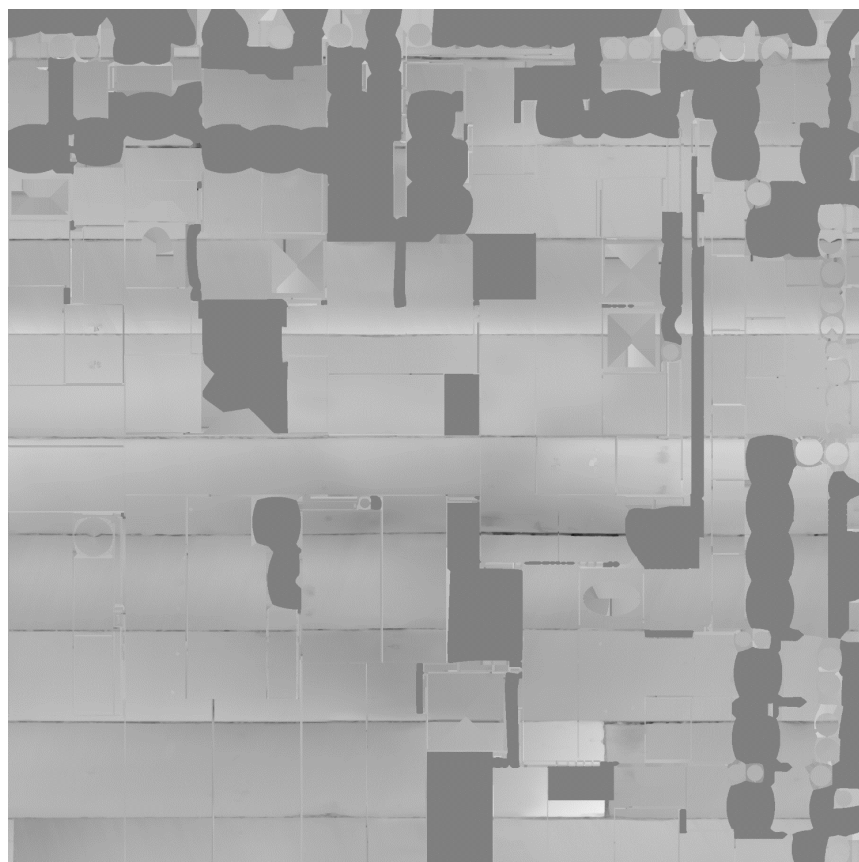
1. Рутинський М. Й., Стецюк О. В. Музеєзнавство : навчальний посібник / М. Й. Рутинський, О. В. Стецюк. – Київ : Знання, 2008. – 428 с. – ISBN 978-966-346-383-7.
2. Buffalo Architecture and History. Grain Elevators [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://buffaloah.com/h/elev/hist/1/> (дата звернення: 22.05.2025) buffaloah.com
3. German Historical Institute. Threshing Machine and Locomotive (c. 1885) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://germanhistorydocs.org/en/forging-an-empire-bismarckian-germany-1866-1890/threshing-machine-and-locomotive-c-1885> (дата звернення: 22.05.2025) germanhistorydocs.org
4. Science Museum Group. Model of McCormick’s Reaper, 1831 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://collection.sciencemuseumgroup.org.uk/objects/co39332/model-of-mccormicks-reaper-1831> (дата звернення: 22.05.2025)
5. Осадчий, О. М. Основи сільського господарства : навч. посібник / О. М. Осадчий. – ISBN 978-617-673-048-4
6. Кириченко, Р., Бакум, М. Сільськогосподарські машини : навч. посібник. Ч. 1. Кн. 2. Культиватори / Р. Кириченко, М. Бакум. – ISBN 1501186
7. Троханяк, А., Яременко, В. Теорія механізмів і машин : навч. посібник / А. Троханяк, В. Яременко. – ISBN 1484995
8. Віллар, Олівер. Learning Blender : практичне керівництво / Олівер Віллар. – Нью-Йорк : Addison-Wesley Professional (Pearson Education), 2021. – 448 с. – ISBN 9780136411758 ebay.com/vitalsource.com
9. Джейсон ван Гамстер, Джейсон. Blender For Dummies : навч. посібник / Джейсон ван Гамстер. – Гобокен, Нью-Джерсі : For Dummies (John Wiley & Sons Ltd), 2020. – 640 с. – ISBN 9781119616962

					<i>КГ 08. 02 000. 00 ДП ПЗ</i>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		61

ДОДАТОК А. Текстури 3D-моделі



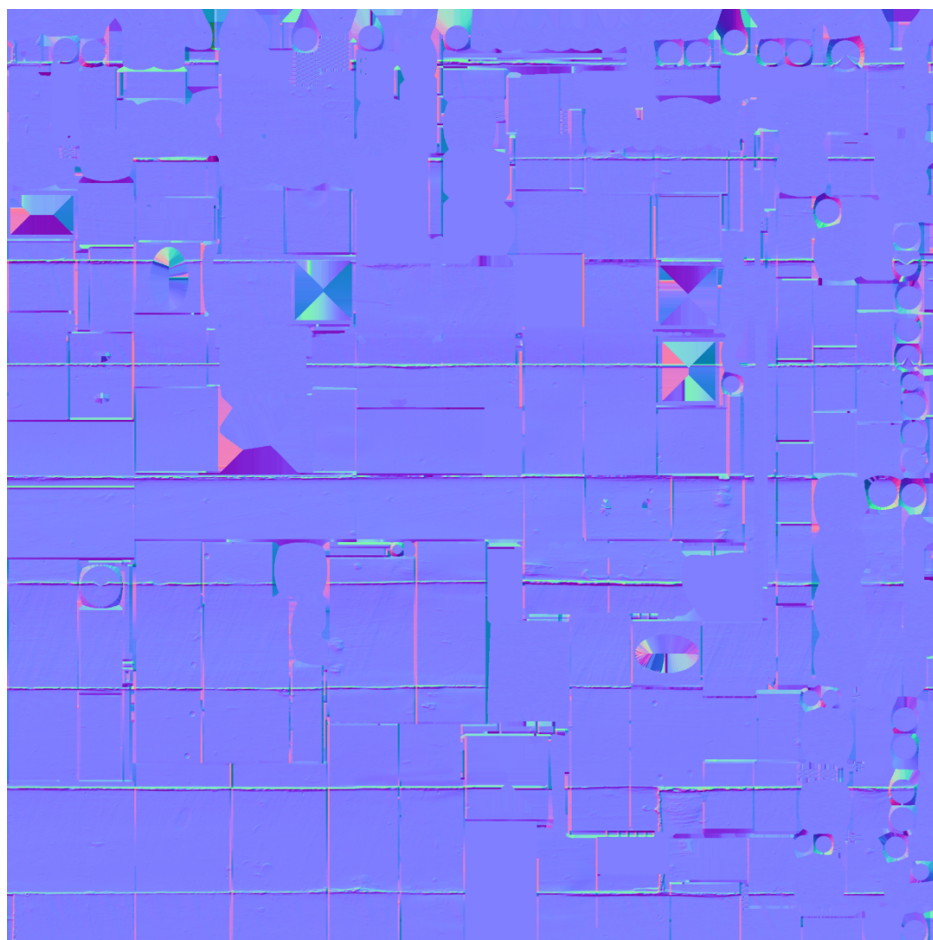
Базова текстура створеної 3D-моделі



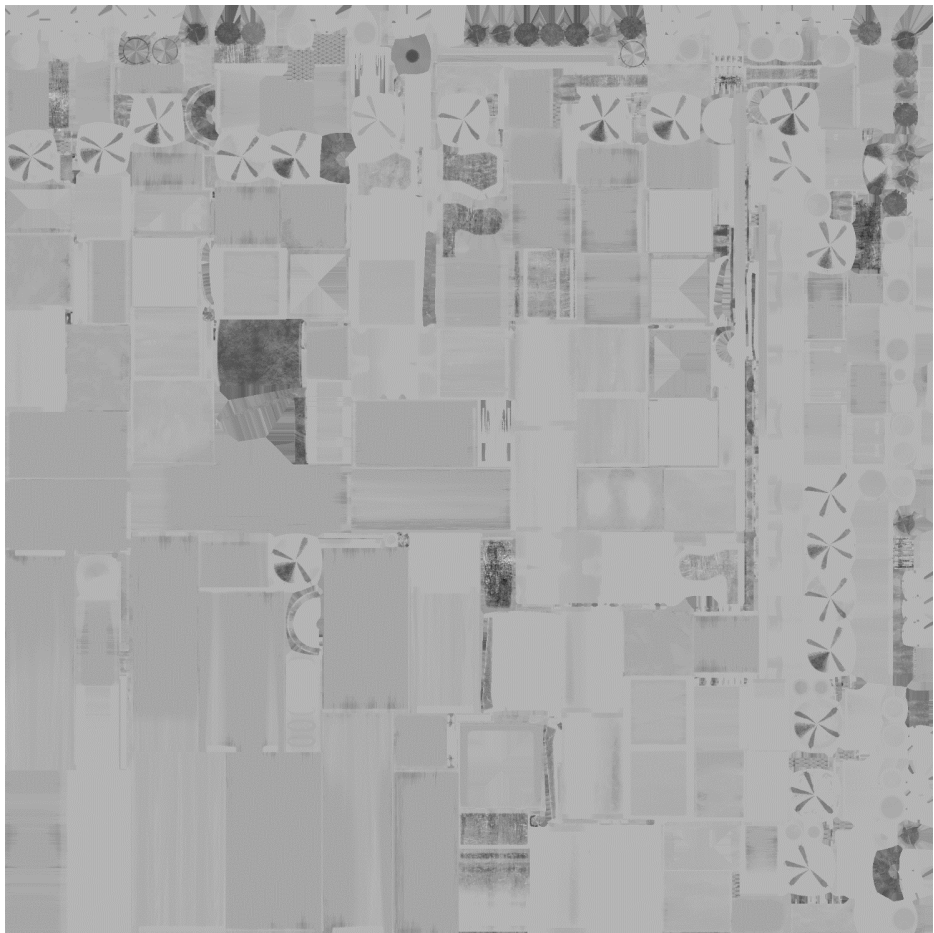
Мапа висоти створеної 3D-моделі



Мапа металу створеної 3D-моделі



Мапа нормалей створеної 3D-моделі



Мапа шорсткості створеної 3D-моделі

Цифрова реконструкція обладнання для обробки зерна ХІХ століття

Дипломник: Бей К.Д.

Керівник: Ломовцев П.Б.

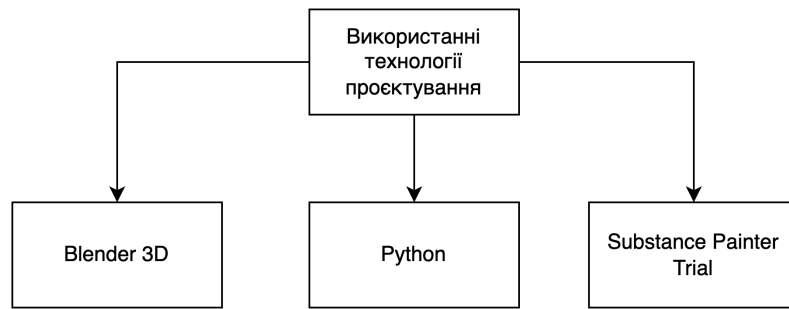
Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерна графіка і web-дизайн»

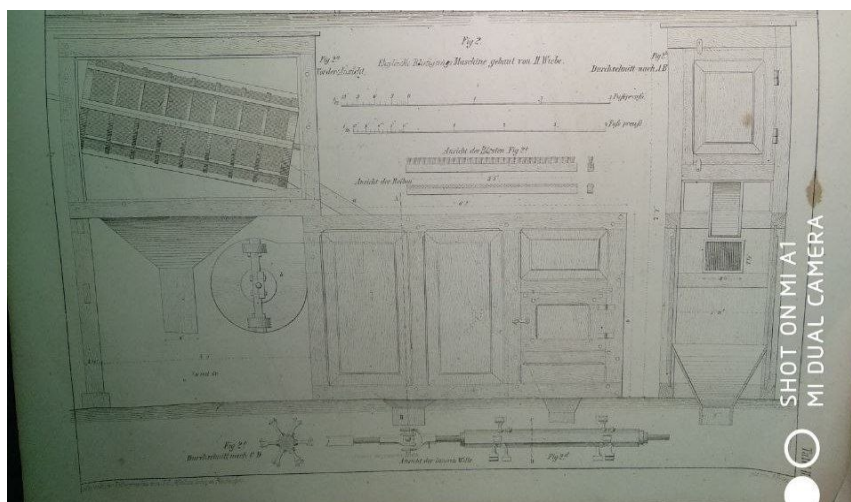
Принцип роботи барабанного сепаратора

- Барабанний сепаратор являє собою пристрій, що крутиться і розділяє матеріал.
- Дрібні частинки просипаються через отвори, а великі рухаються далі й виходять окремо.
- Прикладом матеріалу може бути сировина зерно.

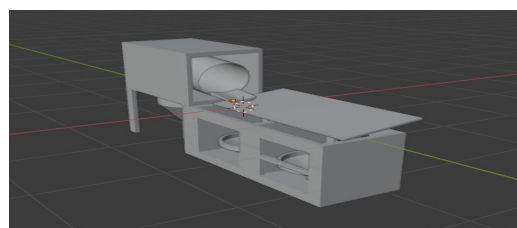
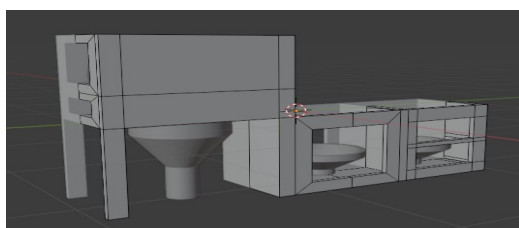
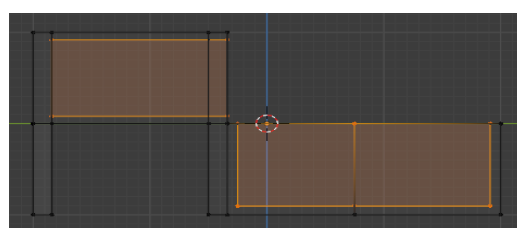
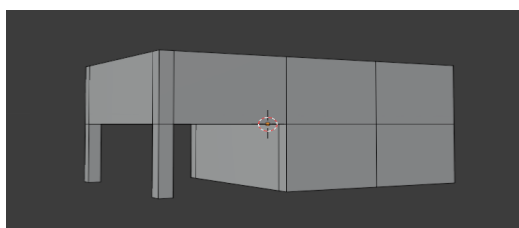




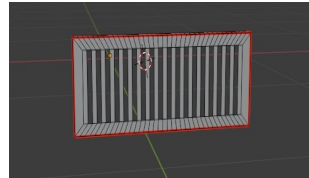
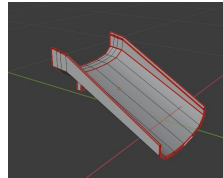
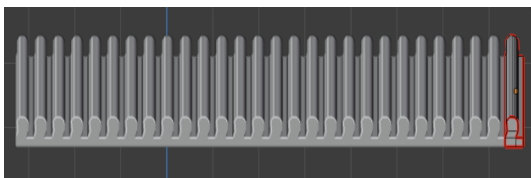
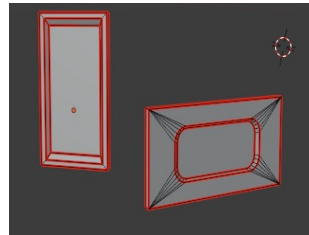
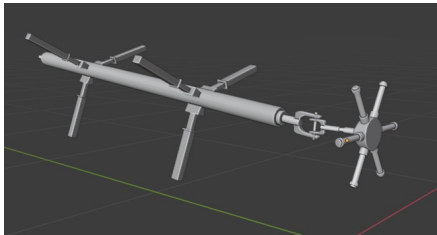
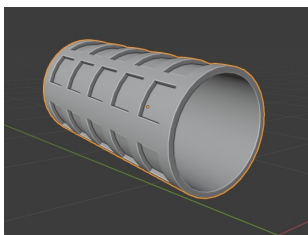
Джерело реконструкції



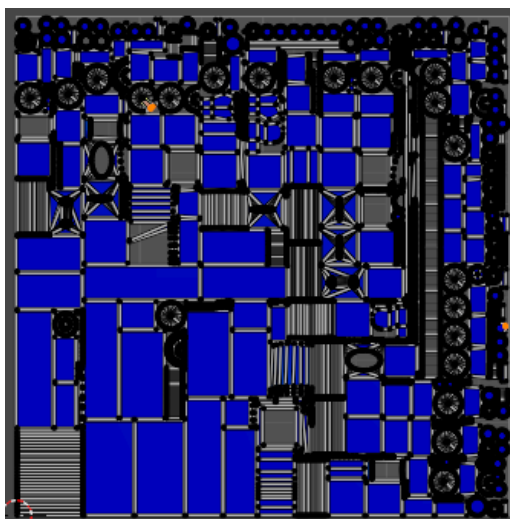
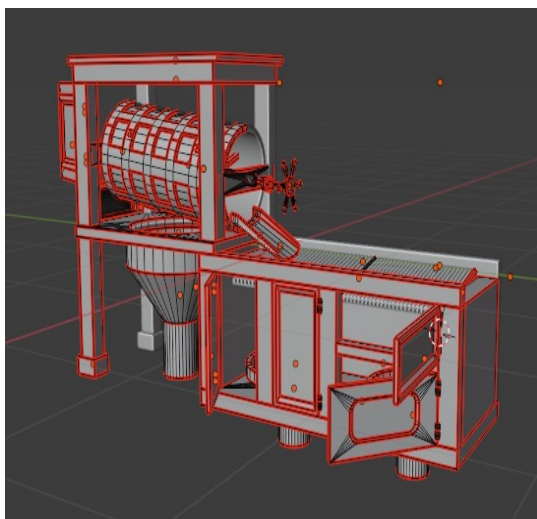
Блокінг моделі



Деталізація моделі



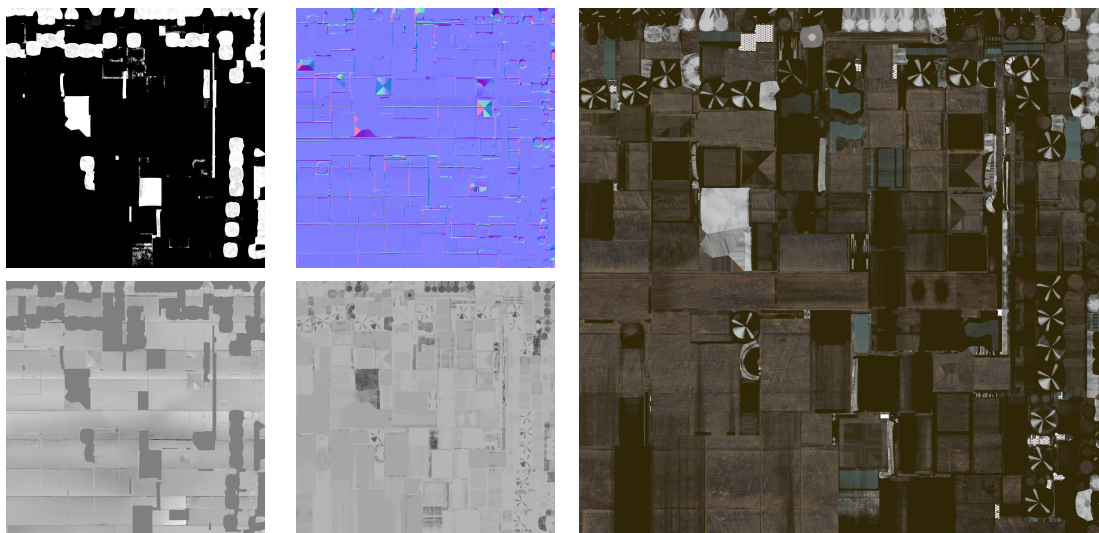
UV-розгортка



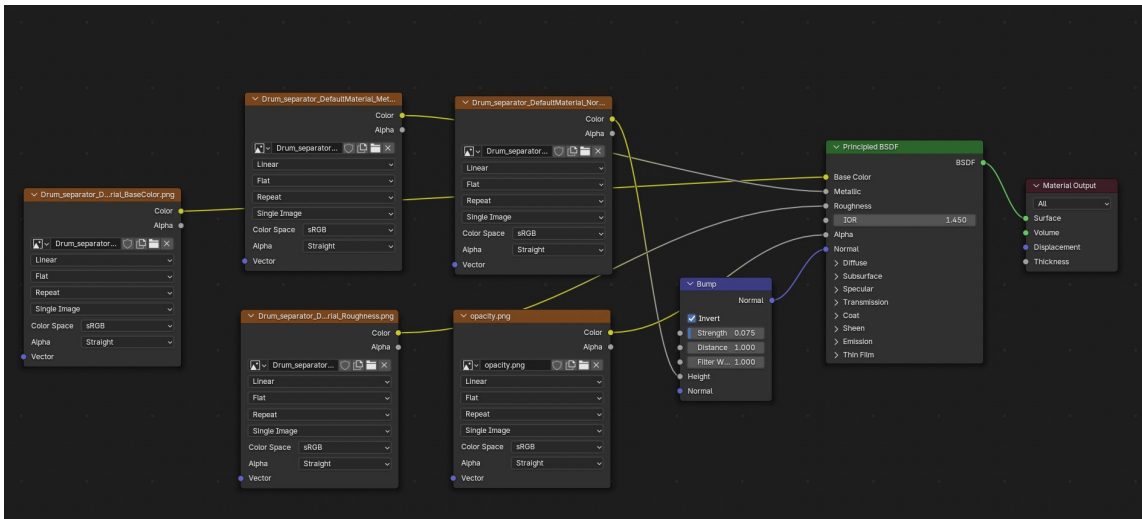
Текстурування



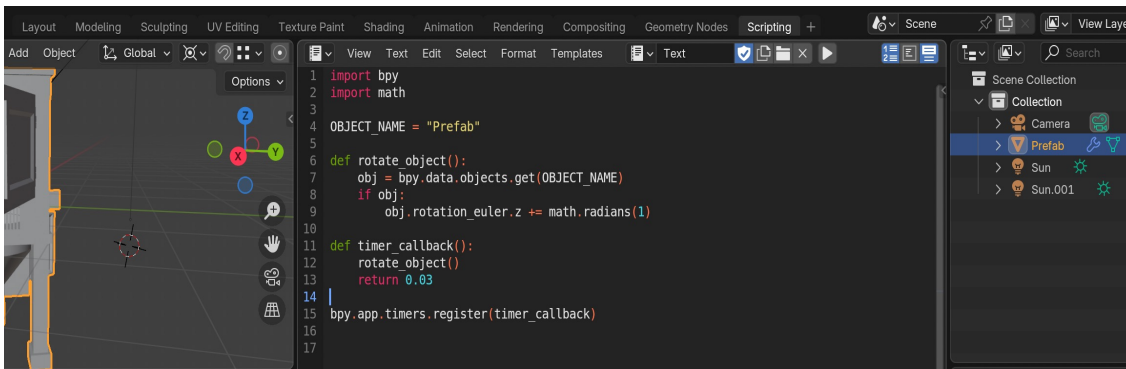
Текстури



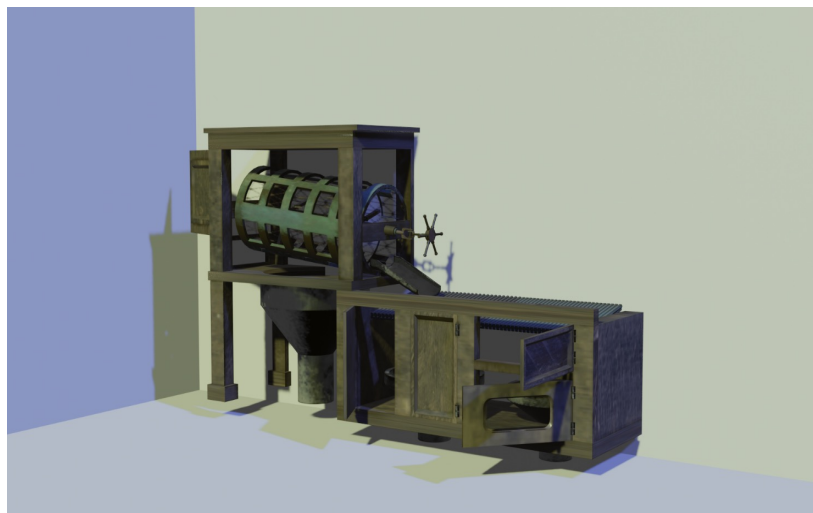
Матеріали та шейдинг



Скриптинг



Рендеринг



РЕЦЕНЗІЯ

на дипломний проєкт здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Бея Кирила Дмитровича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Керівник дипломного проєкту (роботи) Ломовцев Павло Борисович

(прізвище, ім'я та по батькові)

Тема дипломного проєкту (роботи) Цифрова реконструкція обладнання для обробки зерна XIX століття

Обсяг розрахунково-пояснювальної записки 72 сторінок

Обсяг графічної (презентаційної) частини 13 аркушів (слайдів)

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ (РОБОТИ)

а) заключення про ступінь відповідності виконаного дипломного проєкту завданню

Представлений на рецензію дипломний проєкт відповідає затвердженій темі та виконаний відповідно технічному завданню. Дипломний проєкт присвячений проблемі реінжинірингу щодо цифрової реконструкції обладнання для обробки зерна XIX століття та складається з пояснювальної записки, додатку з зображеннями текстур та рендерів, мультимедійної презентації.

б) характеристика виконання кожного розділу дипломного проєкту

Пояснювальна записка складається з основного розділу (аналіз предметної області, проектування 3D-системи, реалізація 3D-моделі), економічного розділу, розділу охорони праці та додатків. Економічний розділ проєкту містить розрахунок витрат на НДР та реалізацію проєкту. Розділ охорони праці містить загальну інформацію та вимоги до техніки безпеки оператора КТ. Перелічені розділи поетапно охоплюють розробку, виконані докладно та обґрунтовано.

в) оцінка якості виконання пояснювальної записки та графічної частини дипломного проєкту

Дипломний проєкт виконано у повному обсязі. Пояснювальна записка оформлена акуратно та у відповідності до норм. Графічна частина складається з 13 слайдів мультимедійної презентації, виконаної у програмному продукті MS PowerPoint, яка містить ілюстративний матеріал зі схемами, скріншотами процесів роботи та результатів проєкту, передбачений технічним завданням.

г) перелік позитивних якостей дипломного проекту Модель створена з урахуванням оптимізації для інтерактивного використання, що забезпечує її сумісність з сучасними ігровими рушіями та освітніми платформами.

Використані сучасні технології 3D-моделювання й текстурування (Blender, Substance Painter), що дозволило досягти високої візуальної достовірності та автентичності вигляду обладнання.

Проект сприяє збереженню та популяризації технічної спадщини завдяки можливості інтеграції моделі у віртуальні музеї, навчальні ресурси й історичні симуляції.

д) основні недоліки дипломного проекту Відсутня інтеграція фізичної симуляції процесу сортування зерна, через що неможливо наочно показати повний принцип роботи в динаміці. Модель оптимізована під ігрові рушії, тому частково втрачено мікродеталі, які могли б підвищити її цінність для наукової реконструкції або інженерного моделювання.

Оцінка розрахункової частини Відмінно

Оцінка графічної частини Добре

Загальна оцінка Відмінно

Прізвище, ім'я, по батькові рецензента к.т.н. Рудніченко Микола Дмитрович

Місце роботи і посада рецензента Національний університет «Одеська політехніка»,
доцент кафедри інформаційних технологій

Підпис: _____

« 27 »

2025 р.



ВІДГУК

керівника на дипломний проект здобувача (здобувачки) освіти
відділення комп'ютерних систем

Бей Кирила Дмитровича

(прізвище, ім'я та по батькові)

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»

Освітня програма: «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»

Тема дипломного проекту: Цифрова реконструкція обладнання для обробки зерна XIX століття

ХАРАКТЕРИСТИКА ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

а) обсяг і якість виконання проекту (графічного матеріалу і розрахунково-пояснювальної записки) Дипломний проект виконано відповідно технічному завданню. Пояснювальна записка дипломного проекту містить 72 сторінки. У пояснювальній записці описано етапи цифрової реконструкції обладнання для обробки зерна XIX століття з геометричним моделюванням конструкції та її візуалізацією у середовищі Blender. Графічна частина складається зі слайдів, представлених у презентації. Якість виконання пояснювальної записки та презентації задовольняє вимогам до дипломних проектів.

б) самостійність роботи над проектом: Протягом виконання дипломного проекту здобувач освіти Бей Кирило поступово виконував всі етапи дипломного проектування, вивчив джерела предметної області та успішно виконав поставлені задачі. Всі роботи здобувач освіти виконував, дотримуючись рекомендацій керівника.

в) теоретична підготовка випускника (випускниці): Здобувач освіти Бей Кирило під час роботи над дипломним проектом застосував знання та навички, отримані протягом навчання та самостійно вивчив додаткові джерела щодо тематики дипломного проекту. Вважаю, що теоретична підготовка здобувача освіти є достатньою для захисту дипломного проекту.

г) вміння розв'язувати виробничі та конструкторські питання Під час виконання дипломного проєкту здобувач освіти Бей Кирило проявив вміння працювати над поставленим завданням, застосовувати знання у галузі комп'ютерної графіки, використовувати та налаштовувати спеціалізоване програмне забезпечення, представляти отримані результати у презентації, користуючись сучасними комп'ютерними програмними засобами, такими як Blender, Substance Painter, Marmoset Toolbag, Microsoft PowerPoint, Microsoft Visio та ін., програмний код, створений на мові Python.

Оцінка розрахункової частини Добре
Оцінка графічної частини Відмінно
Загальна оцінка Добре

Прізвище, ім'я, по батькові керівника дипломного проєкту Ломовцев Павло Борисович

Місце роботи і посада керівника дипломного проєкту Одеський національний технологічний університет, завідувач кафедри інформаційних технологій та кібербезпеки

Підпис 

« 18 » 06 2025 р.

**ДОЗВІЛ
НА РОЗМІЩЕННЯ
ВИПУСКНОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
(ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ)
В ЕЛЕКТРОННОМУ РЕПОЗИТАРІЇ ВСП «ОТФК ОНТУ»**

Ми, що нижче підписалися,

Бей Кирило Дмитрович,
здобувач освіти гр. 4КГ-08, та
Ломовцев Павло Борисович,
керівник дипломного проєкту,

не заперечуємо щодо розміщення електронного варіанту пояснювальної записки до дипломного проєкту фахового молодшого бакалавра на тему:

***«Цифрова реконструкція обладнання для обробки зерна XIX століття»
(автор роботи – Бей К.Д., керівник роботи – Ломовцев П.Б.)***

виконаного у ВСП «Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету» в 2025 році, у повному обсязі в електронному репозитарії ВСП «ОТФК ОНТУ» для вільного доступу через мережу Інтернет.

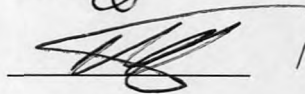
Несемо відповідальність за ідентичність електронного та друкованого варіантів випускної кваліфікаційної роботи і даємо згоду на обробку персональних даних.

Виконавець



/ Бей К.Д. /

Керівник



/ Ломовцев П.Б. /

«18» червня 2025 р.

ДОВІДКА

циклової комісії КТ та ПІІ
про допуск до захисту дипломного проєкту
здобувача (здобувачки) освіти ІV курсу
відділення комп'ютерних систем групи 4КГ-08

Бея Кирила Дмитровича

на тему Цифрова реконструкція обладнання
для обробки зерна ХІХ століття

Висновок відповідальної особи за проведення нормоконтролю:
пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана з некритичними
порушеннями ДСТУ та оформлена відповідно до вимог Положення про
дипломне проєктування


(підпис)

23.06.2025
(дата)

Петрашова В.І.
(П.І.Б.)

Висновок відповідальної особи за перевірку роботи на наявність академічного
плагіату згідно звіту про перевірку від 22.06.2025 р. значення коефіцієнту
подібності в роботі становить 15,38%, коефіцієнт цитування – 0,60%.


(підпис)

23.06.2025
(дата)

Краснокутська К.Г.
(П.І.Б.)

Попередня експертиза (малий захист) дипломного проєкту

здобувача (здобувачки) освіти

Бея К.Д.
(П.І.Б.)

проведена « 23 » червня 2025 р.

Висновки: Пояснювальна записка до дипломного проєкту виконана у повному
обсязі. Випускна кваліфікаційна робота (дипломний проєкт) відповідає
вимогам Положення про дипломне проєктування та рекомендована до
захисту.

Голова ЦК КТ та ПІІ


(підпис)

Кривченко Ю.В.
(П.І.Б.)

Звіт подібності

метадані

Назва організації

Odesa Technical Professional College of Odesa National University of Technology

Заголовок

Цифрова реконструкція обладнання для обробки зерна XIX століття

Автор

Науковий керівник / Експерт

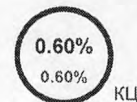
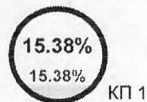
Бей Кирило Дмитрович Ломовцев Павло Борисович

підрозділ

Відокремлений структурний підрозділ "Одеський технічний фаховий коледж Одеського національного технологічного університету"

Обсяг знайдених подібностей

Коефіцієнт подібності визначає, який відсоток тексту по відношенню до загального обсягу тексту було знайдено в різних джерелах. Зверніть увагу, що високі значення коефіцієнта не автоматично означають плагіат. Звіт має аналізувати компетентна / уповноважена особа.



25

Довжина фрази для коефіцієнта подібності 2

11739

Кількість слів

94654

Кількість символів

Тривога

У цьому розділі ви знайдете інформацію щодо текстових спотворень. Ці спотворення в тексті можуть говорити про МОЖЛИВІ маніпуляції в тексті. Спотворення в тексті можуть мати навмисний характер, але частіше характер технічних помилок при конвертації документа та його збереженні, тому ми рекомендуємо вам підходити до аналізу цього модуля відповідально. У разі виникнення запитань, просимо звертатися до нашої служби підтримки.

Заміна букв	Ⓡ	17
Інтервали	A→	0
Мікропробіли	␣	0
Білі знаки	Ⓡ	0
Парафрази (SmartMarks)	a	74

Подібності за списком джерел

Нижче наведений список джерел. В цьому списку є джерела із різних баз даних. Колір тексту означає в якому джерелі він був знайдений. Ці джерела і значення Коефіцієнту Подібності не відображають прямого плагіату. Необхідно відкрити кожне джерело і проаналізувати зміст і правильність оформлення джерела.

10 найдовших фраз

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	НАЗВА ТА АДРЕСА ДЖЕРЕЛА URL (НАЗВА БАЗИ)	Копія тексту
1	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/53ed22ad-8700-4162-b97a-062a1ad472d6/download	60 0.68 %
2	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/158e44b0-583e-4b2d-b758-6b86979e33bb/download	60 0.54 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/9908b7a9-6b3e-46f5-a46e-84d83787cf04/download	53 0.45 %
4	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/9908b7a9-6b3e-46f5-a46e-84d83787cf04/download	46 0.38 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/29489599-0581-4ce6-8690-c3b13d9f2e0e/download	37 0.32 %

6	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download	33 0.28 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/29489599-0581-4ce6-8890-c3b13d9f2e0e/download	32 0.27 %
8	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/549ee9fe-7574-4ae5-b500-9fe2711f33e6/download	30 0.26 %
9	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download	30 0.26 %
10	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/53ed22ad-8700-4162-b97a-082a1ad472d6/download	30 0.26 %

з домашньої бази даних (0.00 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-----------	--

з програми обміну базами даних (0.00 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗАГОЛОВОК	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-----------	--

з Інтернету (15.38 %)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ДЖЕРЕЛО URL	КІЛЬКІСТЬ ІДЕНТИЧНИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
1	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/44c16132-5f53-48e2-b6c0-61e9a2f0fd75/content	541 (45) 4.61 %
2	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/1dff552d-7200-49b8-ae1d-ba76a1335685/download	319 (21) 2.72 %
3	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/53ed22ad-8700-4162-b97a-082a1ad472d6/download	184 (10) 1.57 %
4	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/29489599-0581-4ce6-8890-c3b13d9f2e0e/download	127 (8) 1.08 %
5	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/9908b7a9-6b3e-46f5-a46e-84d83787cfd4/download	99 (2) 0.84 %
6	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/549ee9fe-7574-4ae5-b500-9fe2711f33e6/download	77 (6) 0.66 %
7	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/bbed74c8-2ea7-44c5-8d00-0fe3fd9790ee/download	70 (7) 0.60 %
8	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/a141b658-5fa7-4f90-b0bd-7f0ccaed21e5/content	63 (5) 0.54 %
9	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/158e44b0-583e-4b2d-b758-6b86979e33bb/download	63 (1) 0.54 %
10	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/55e2b8f2-7d3c-4235-99fc-2be51199b96d/download	50 (5) 0.43 %
11	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/995bdcec-4e4d-4321-8070-4d6badcb8e49/content	26 (4) 0.22 %
12	https://card-file.ontu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/3302e08a-9549-43ba-8861-728bff7dc7ff/content	26 (3) 0.22 %
13	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/bbaf3f38-16a8-4070-bead-5562769b7c71/download	23 (1) 0.20 %
14	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/0e72a3b9-bdd7-4711-a3c6-dedc1d4287cc/download	22 (1) 0.19 %
15	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/21173711-5b67-4b87-b17f-6302c25e7a31/download	22 (2) 0.19 %
16	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/035f6436-20b4-4ee6-8e99-bede670e308b/download	20 (2) 0.17 %
17	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/34a6756b-592f-4b77-a805-183aa03a6a26/download	18 (2) 0.15 %
18	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/11562741-24e6-4201-bc41-a00c8013fca1/download	16 (1) 0.14 %
19	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/341a820e-d025-42f3-b7dc-27e831d6c66f/download	14 (2) 0.12 %
20	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/c58b0ff5-46e0-49f8-8cbe-65c32256665d/download	12 (1) 0.10 %
21	https://card-file.ontu.edu.ua/bitstreams/e4afae26-0a7e-4a4d-afc2-94341838de2a/download	9 (1) 0.08 %

Список прийнятих фрагментів (немає прийнятих фрагментів)

ПОРЯДКОВИЙ НОМЕР	ЗМІСТ	КІЛЬКІСТЬ ОДНАКОВИХ СЛІВ (ФРАГМЕНТІВ)
------------------	-------	---------------------------------------

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн» Група: 4КГ-08

Дипломний проект здобувача освіти денної форми навчання КГ 08.02.000 ДП

БЕЯ
КИРИЛА ДМИТРОВИЧА

м. Одеса
2025 р. МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Спеціальність: 123 «Комп'ютерна інженерія»
Освітньо-професійна програма: «Комп'ютерна графіка і Web-дизайн»
Група: 4 КГ-08

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломного проекту на тему:

Проектний матеріал складається з пояснювальної записки на _____ сторінках та
графічного (презентаційного) матеріалу на _____ аркушах (слайдах)

Дипломник _____ (Бей К.Д.)
Керівник _____ (Ломовцев П.Б.)

Консультанти:
з економічного розділу _____ (Канський М.Ю.)
з розділу охорони праці та техніки безпеки _____ (Чорновол Н.І.) з нормоконтролю
_____ (Петрашова В.І.) старший консультант _____ (Кривченко Ю.В.)

До захисту допущений Голова циклової комісії _____ (Кривченко Ю.В.)
Завідувач відділення _____ (Краснокутська К.Г.)

Захист « _____ » 2025 р. Протокол ЕК № _____ Оцінка ЕК _____ Секретар ЕК _____

Цифрова реконструкція обладнання
для обробки зерна XIX століття
13
72

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ВСП «ОДЕСЬКИЙ ТЕХНІЧНИЙ ФАХОВИЙ КОЛЕДЖ ОНТУ»

Відділення _____ Комісія _____
Спеціальність _____
Освітньо-професійна програма _____ ЗАТВЕРДЖУЮ: Заст.
дир. з НВР _____

_____ 2025 р. ЗАВДАННЯ на дипломний проект _____
Здобувачеві освіти _____ (прізвище, ім'я, по
батьковій) 1. Тема проекту _____

затверджена наказом по коледжу від " _____ " _____ 2024р. № _____
2. Термін здачі закінченого проекту _____