

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка  
Факультет інформаційних технологій та математики  
Кафедра комп'ютерних наук

**«Допущено до захисту»**

Завідувач кафедри комп'ютерних  
наук,

доктор техн. наук. професор

Андрій БОНДАРЧУК  
«01» червня 2026 р.

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**на здобуття освітнього ступеня «бакалавр»**

**Спеціальність 122 Комп'ютерні науки**

**Освітня програма 122.00.01 Інформатика**

**Тема: ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ АНІМОВАНОГО ВІДЕОКОНТЕНТУ НА  
ОСНОВІ ТРИВИМІРНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ.**

Виконав  
студент групи ІНБ-1-22-4.0д  
Крамаренко Ігор Юрійович

---

(підпис)

Науковий керівник  
кандидат технічних наук, доцент  
Носенко Т.І  
(підпис)

Київ – 2026

Київський столичний університет імені Бориса Грінченка  
Факультет інформаційних технологій та математики  
Кафедра комп'ютерних наук

**«Затверджую»**

Завідувач кафедри  
комп'ютерних наук,  
Бондарчук Андрій Петрович

31.10.2025

**ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА  
«ТЕХНОЛОГІЯ РОЗРОБКИ АНІМОВАНОГО ВІДЕОКОНТЕНТУ НА  
ОСНОВІ ТРИВИМІРНОЇ КОМП'ЮТЕРНОЇ ГРАФІКИ»**

Виконавець – студент групи Інб-1-22-4.0д,  
спеціальності 122 Комп'ютерні науки,  
освітньої програми 122.00.01 Інформатика  
Крамаренко Ігор Юрійович

1. Вихідні дані: наукові роботи та публікації за напрямом дослідження
2. Основні завдання: Проаналізувати сучасні технології та програмні засоби створення 3D-анімації. Дослідити методи 3D-моделювання, текстурювання, освітлення, анімації та рендерингу. Обґрунтувати вибір програмного середовища для реалізації проєкту. Розробити тривимірні моделі та анімаційні сцени, виконати рендеринг і оцінити якість створеного відеоконтенту.
3. Пояснювальна записка: Обсяг – до 60 стор. формату А4 комп'ютерного набору з дотриманням вимог стандарту і методичних рекомендацій кафедри.
4. Графічні матеріали: Комп'ютерна презентація доповіді.
5. Додатки: не передбачено.
6. Строк подання роботи на кафедру: «1» червня 2026 р.

Науковий керівник  
к.т.н., доцент  
Носенко Т.І  
31.10.2025

Виконавець:  
  
Крамаренко Ігор Юрійович  
31.10.2025

### Календарний план

| № | Етап виконання роботи                                                   | Терміни виконання   | Примітка |
|---|-------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------|
| 1 | Затвердження теми кваліфікаційної роботи бакалавра                      | 31.10.25            | Виконано |
| 2 | Аналіз проблеми, вивчення аналогів, формування цілей і завдань          | 01.11.25 – 11.01.26 | Виконано |
| 3 | Аналіз технологій 3D-моделювання, текстурювання, анімації та рендерингу | 26.01.26 – 15.03.26 | Виконано |
| 4 | Дослідження програмних засобів створення 3D-контенту та вибір Blender   | 16.03.26 – 31.03.26 | Виконано |
| 5 | Розробка структури 3D-проекту, моделі банки, етикетки та матеріалів     | 01.04.26 – 15.04.26 | Виконано |
| 6 | Тестування сцени, анімації, симуляції води та параметрів рендерингу     | 16.04.26 – 30.04.26 | Виконано |
| 7 | Впровадження фінального рендерингу та підготовка відеофрагмента         | 01.05.26 – 15.05.26 | Виконано |
| 8 | Підготовка пояснювальної записки, графічних матеріалів, додатків        | 25.05.26 – 12.06.26 | Виконано |
| 9 | Захист кваліфікаційної роботи                                           | 17.06.26            |          |

**«Затверджую»**  
**Науковий керівник**  
 к.т.н., доцент, Носенко Т.І

**Індивідуальний план склав**  
 Крамаренко І.Ю

## РЕФЕРАТ

**Кваліфікаційна робота бакалавра:** 49 с., 18 рис., 27 джерела, 4 додатки

**Об'єкт дослідження:** процес створення анімованого відеоконтенту із використанням засобів тривимірної комп'ютерної графіки.

**Предмет дослідження:** методи, алгоритми та програмні засоби розробки анімованого відеоконтенту на основі 3D-моделювання, текстуровання, анімації та рендерингу.

**Метою роботи:** розробка технології створення анімованого відеоконтенту на основі тривимірної комп'ютерної графіки з використанням сучасних програмних засобів моделювання, анімації та візуалізації.

### **Завдання:**

1. Проаналізувати теоретичні основи тривимірної комп'ютерної графіки та сфери її застосування у створенні анімованого відеоконтенту.
2. Дослідити основні технології створення 3D-анімації, зокрема моделювання, текстуровання, освітлення, анімацію, фізичні симуляції та рендеринг.
3. Розглянути методи моделювання та анімації тривимірних об'єктів і визначити їх доцільність для практичної реалізації проєкту.
4. Виконати аналіз сучасних програмних засобів створення 3D-контенту та обґрунтувати вибір програмного середовища Blender.
5. Спроектувати структуру анімаційного проєкту, визначити вимоги до сцени, моделей, матеріалів, анімації та фінального рендерингу.
6. Реалізувати практичний 3D-проєкт із моделлю банки напою, налаштованими матеріалами, освітленням, анімацією та симуляцією водяного сплеску.
7. Оцінити якість створеного відеоконтенту, визначити ефективність використаного технологічного підходу та можливості подальшого застосування результатів.

**Основні результати роботи** полягають у систематизації технологічних етапів створення анімованого відеоконтенту на основі тривимірної комп'ютерної графіки, аналізі методів 3D-моделювання, текстурювання, анімації, фізичних симуляцій та рендерингу. У роботі обґрунтовано вибір Blender як основного середовища розробки, оскільки він забезпечує повний цикл створення 3D-контенту в одному програмному комплексі. У практичній частині створено 3D-сцену з моделлю банки напою, виконано UV-розгортку, налаштовано матеріали, освітлення, камеру, анімацію та симуляцію водяного сплеску.

**Практичне значення** дослідження полягає у можливості використання розробленої технології для створення коротких рекламних, презентаційних та навчальних 3D-відеофрагментів. Запропонований підхід може бути застосований для розробки продуктової анімації, демонстрації об'єктів, візуалізації матеріалів, створення ефектів рідини та підготовки мультимедійного контенту для цифрових платформ.

**Ключові слова:** тривимірна комп'ютерна графіка, 3D-моделювання, анімація, рендеринг, відеоконтент, Blender, текстурювання, візуальні ефекти, мультимедійні технології.

## ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

| Скорочення | Розшифрування                                                                                                           |
|------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| CAD/CAM    | Computer-Aided Design / Computer-Aided Manufacturing – системи автоматизованого проєктування та підготовки виробництва. |
| CPU        | Central Processing Unit – центральний процесор комп'ютера.                                                              |
| GPU        | Graphics Processing Unit – графічний процесор для обробки графіки.                                                      |
| PBR        | Physically Based Rendering – підхід до створення матеріалів з урахуванням фізичних властивостей поверхні.               |
| UV         | UV Mapping – система координат для правильного накладання текстури на 3D-модель.                                        |
| NURBS      | Non-Uniform Rational B-Splines – метод побудови плавних кривих і поверхонь.                                             |
| HDRI       | High Dynamic Range Image – зображення з розширеним діапазоном яскравості для освітлення 3D-сцени.                       |
| CUDA       | Compute Unified Device Architecture – технологія NVIDIA для GPU-обчислень.                                              |
| HIP        | Heterogeneous-compute Interface for Portability – технологія GPU-обчислень для відеокарт AMD.                           |
| FK         | Forward Kinematics – пряма кінематика в анімації.                                                                       |
| IK         | Inverse Kinematics – інверсна кінематика в анімації.                                                                    |
| VFX        | Visual Effects – цифрові візуальні ефекти.                                                                              |
| VR         | Virtual Reality – віртуальна реальність.                                                                                |
| AR         | Augmented Reality – доповнена реальність.                                                                               |
| SSD        | Solid-State Drive – швидкий накопичувач даних.                                                                          |

## ЗМІСТ

|                                                                                        |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП .....                                                                            | 8  |
| РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ АНІМОВАНОГО<br>ВІДЕОКОНТЕНТУ .....               | 10 |
| 1.1 Поняття та сфери застосування тривимірної комп'ютерної графіки ....                | 10 |
| 1.2 Основні технології створення 3D-анімації.....                                      | 12 |
| 1.3 Методи моделювання та анімації тривимірних об'єктів .....                          | 15 |
| 1.4 Аналіз сучасних програмних засобів створення 3D-анімації та<br>відеоконтенту ..... | 19 |
| Висновки до розділу 1 .....                                                            | 23 |
| РОЗДІЛ 2. Проєктування технології створення анімованого відеоконтенту .....            | 25 |
| 2.1 Постановка задачі та формування вимог до проєкту .....                             | 25 |
| 2.2 Вибір програмного забезпечення та інструментальних засобів .....                   | 26 |
| 2.3 Розробка структури анімаційного проєкту.....                                       | 28 |
| 2.4 Проєктування сцен, моделей та анімаційних ефектів.....                             | 29 |
| Висновки до розділу 2 .....                                                            | 31 |
| РОЗДІЛ 3. Реалізація та тестування анімаційного 3D-проєкту.....                        | 32 |
| 3.1 Створення тривимірних моделей .....                                                | 32 |
| 3.2 Налаштування матеріалів, текстур та освітлення.....                                | 35 |
| 3.3 Реалізація анімації та візуальних ефектів.....                                     | 38 |
| 3.4 Рендеринг та формування відеоконтенту.....                                         | 41 |
| 3.5 Аналіз результатів та оцінка якості відео.....                                     | 43 |
| Висновки до розділу 3 .....                                                            | 44 |
| ВИСНОВКИ.....                                                                          | 46 |
| Список використаних джерел .....                                                       | 48 |

## ВСТУП

Сучасний етап розвитку інформаційних технологій характеризується стрімким поширенням цифрового мультимедійного контенту, зокрема анімованих відеоматеріалів, створених із використанням засобів тривимірної комп'ютерної графіки. 3D-графіка активно застосовується у сфері кіноіндустрії, комп'ютерних ігор, реклами, архітектурної візуалізації, освіти, віртуальної та доповненої реальності. Завдяки високому рівню реалістичності, можливості створення складних візуальних ефектів та інтерактивності технології тривимірної графіки стали одним із ключових інструментів цифрового виробництва контенту.

Розробка анімованого відеоконтенту є складним багатокомпонентним процесом, який поєднує етапи концептуального проєктування, 3D-моделювання, текстурування, налаштування матеріалів, освітлення сцен, анімації, симуляції фізичних ефектів та фінального рендерингу. Ефективність створення такого контенту значною мірою залежить від правильного вибору програмних засобів, алгоритмів обробки графічних даних та оптимізації обчислювальних процесів.

Актуальність теми зумовлена зростанням потреби у створенні якісного анімованого відеоконтенту для цифрових платформ та мультимедійних систем, а також необхідністю удосконалення технологій автоматизації процесів тривимірного моделювання й візуалізації. Сучасні програмні середовища, такі як Blender, Autodesk Maya, Cinema 4D та інші, забезпечують широкий спектр інструментів для створення високоякісної анімації, однак потребують системного підходу до організації технологічного процесу.

Об'єкт дослідження – процес створення анімованого відеоконтенту із використанням засобів тривимірної комп'ютерної графіки.

Предмет дослідження – методи, алгоритми та програмні засоби розробки анімованого відеоконтенту на основі 3D-моделювання, текстурування, анімації та рендерингу.

Метою роботи є розробка технології створення анімованого відеоконтенту на основі тривимірної комп'ютерної графіки з використанням сучасних програмних засобів моделювання, анімації та візуалізації.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

1. Проаналізувати сучасні технології та програмні засоби створення тривимірної комп'ютерної графіки й анімації.
2. Дослідити методи 3D-моделювання, текстурювання, освітлення та рендерингу сцен.
3. Виконати аналіз етапів розробки анімованого відеоконтенту.
4. Обґрунтувати вибір програмного середовища для реалізації проєкту.
5. Розробити тривимірні моделі об'єктів та анімаційні сцени.
6. Реалізувати анімований відеофрагмент із використанням технологій 3D-графіки.
7. Оцінити якість створеного відеоконтенту та продуктивність процесу рендерингу.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання розробленої технології під час створення мультимедійного контенту для освітніх, рекламних та презентаційних проєктів. Отримані результати можуть бути застосовані у сфері комп'ютерної графіки, цифрового дизайну, вебтехнологій та інтерактивних мультимедійних систем.

У роботі використано методи тривимірного моделювання, комп'ютерної анімації, цифрової обробки графічних даних, рендерингу та візуалізації сцен, а також сучасні програмні засоби створення 3D-контенту. Структура роботи складається зі вступу, теоретичної частини, практичного розділу, висновків, списку використаних джерел та додатків.

# **РОЗДІЛ 1**

## **ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ СТВОРЕННЯ АНІМОВАНОГО ВІДЕОКОНТЕНТУ**

### **1.1 Поняття та сфери застосування тривимірної комп'ютерної графіки**

Тривимірна комп'ютерна графіка є напрямом комп'ютерної візуалізації, у якому об'єкти описуються не лише площинними координатами, а повноцінною просторовою моделлю. Кожна сцена містить геометрію, матеріали, джерела світла, камери та параметри середовища. На відміну від двовимірної графіки, де зображення фактично є набором пікселів або векторних примітивів у площині, 3D-графіка оперує координатами X, Y, Z, тому дозволяє розраховувати об'єм, перспективу, тіні, відбиття та взаємне розташування об'єктів [1].

У практичному виробництві 3D-сцена сприймається як цифровий макет реального або вигаданого простору. Об'єкти в ній мають форму, масштаб, систему координат, матеріал поверхні та поведінку в часі. Саме тому тривимірна графіка використовується не тільки для створення красивого зображення, а й для моделювання процесів: руху механізмів, взаємодії рідин, освітлення інтер'єрів, роботи продукту або поведінки персонажа.

Базовою одиницею більшості моделей є полігональна сітка. Вона складається з вершин, ребер і граней, які формують поверхню об'єкта. Для простих технічних форм достатньо невеликої кількості полігонів, тоді як органічні об'єкти або об'єкти з плавними переходами потребують щільнішої сітки, модифікаторів згладжування або скульптингу. Від якості топології залежить не тільки зовнішній вигляд моделі, а й коректність подальшого текстурування, деформацій та рендерингу.

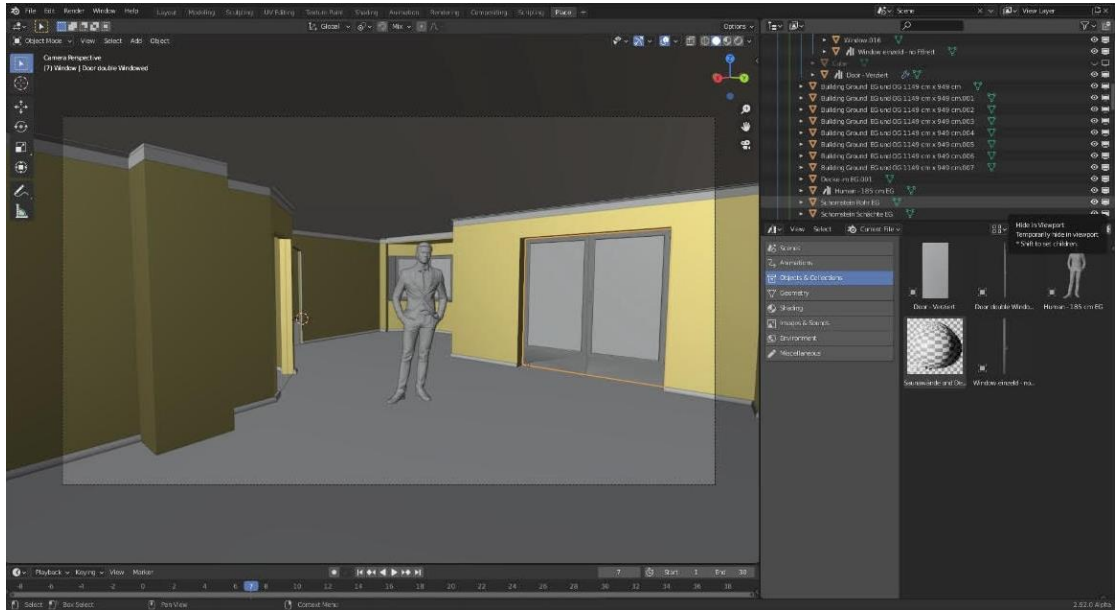


Рисунок 1.1. Приклад тривимірної сцени  
у програмному середовищі Blender

Робоча сцена у Blender зазвичай містить 3D Viewport, об'єкти сцени, камеру, матеріали та панелі керування параметрами. Така структура дає змогу організувати роботу поетапно: спочатку формується геометрія, після цього налаштовуються матеріали, освітлення, камера та анімація. Фінальний результат не є простим «записом екрана» – він обчислюється рендер-рушієм на основі параметрів сцени.

Технологічно створення 3D-контенту можна подати як послідовний пайплайн. На першому етапі формується геометрична модель, далі виконується UV-розгортка та накладання текстур, після цього задаються матеріали, освітлення і камера. Якщо сцена має рух, додається анімація: ключові кадри, траєкторії, фізичні симуляції або керування через риг. Завершальним етапом є рендеринг, тобто перетворення тривимірної сцени на послідовність зображень або відеофайл.

Окремо потрібно розрізняти моделювання, візуалізацію та анімацію. Моделювання відповідає за форму об'єкта, візуалізація – за те, як ця форма виглядає у світлі та матеріалах, а анімація – за зміну параметрів у часі. У реальному проєкті ці процеси пов'язані між собою: наприклад, невдала

топология банки може створити артефакти на етапі накладання етикетки, а надто складна симуляція рідини може значно збільшити час рендерингу.

Сфери застосування тривимірної графіки постійно розширюються. У кіно та рекламі вона використовується для створення візуальних ефектів, цифрових декорацій і продуктового відео. В ігровій індустрії 3D-графіка є основою інтерактивних середовищ, персонажів і систем фізики. В архітектурі та дизайні вона дозволяє оцінити форму, освітлення та матеріали об'єкта ще до його фізичного створення. У промисловості 3D-моделі застосовуються в CAD/CAM-системах для проєктування деталей, аналізу конструкцій і підготовки виробництва.

В освітніх і наукових задачах тривимірна візуалізація допомагає показувати процеси, які важко або неможливо продемонструвати безпосередньо: роботу механізмів, молекулярні структури, будову складних систем, фізичні явища. У системах віртуальної та доповненої реальності 3D-графіка формує середовище, з яким користувач може взаємодіяти у реальному часі. Для таких задач особливо важливими є оптимізація моделей, коректне освітлення та стабільна частота кадрів.

Таким чином, тривимірна комп'ютерна графіка є не окремим художнім інструментом, а комплексною технологією цифрового виробництва. Її якість визначається поєднанням математичного опису геометрії, алгоритмів рендерингу, можливостей графічного процесора та правильності організації робочого процесу.

## **1.2 Основні технології створення 3D-анімації**

Створення 3D-анімації передбачає не одну дію, а низку взаємопов'язаних технологічних операцій. У професійному середовищі цей процес часто поділяють на підготовку, виробництво та постобробку. На підготовчому етапі визначають ідею, сценарій, стиль, тривалість ролика та технічні параметри. На етапі виробництва створюють моделі, матеріали,

освітлення, анімацію і симуляції. Під час постобробки виконують композитинг, кольорокорекцію, монтаж і експорт фінального відео.



Рисунок 1.2. Архітектурна візуалізація засобами 3D-графіки

Архітектурна візуалізація є одним із поширених напрямів використання 3D-графіки. Вона добре показує значення матеріалів, світла і камери: навіть проста геометрія сприймається переконливо лише тоді, коли правильно налаштовано освітлення, тіні, масштаб сцени та властивості поверхонь. Ці самі принципи використовуються і під час створення анімованого відеоконтенту, оскільки якість фінальної сцени залежить не лише від моделі, а й від композиції кадру, реалістичності матеріалів та роботи з освітленням.

Створення 3D-анімації починається з побудови геометрії об'єктів, які будуть використовуватися у сцені. У більшості випадків для цього застосовується полігональне моделювання, оскільки полігональні сітки добре підтримуються рендер-рушіями, ігровими рушіями та більшістю 3D-редакторів. Для технічних об'єктів важливо контролювати розміщення ребер, кількість сегментів і плавність переходів між поверхнями. Наприклад, під час створення банки напою верхній край потребує додаткових edge loop і bevel-

операцій, інакше після згладжування модель може втратити характерний металевий профіль.

Після створення геометрії виконується текстурування. Текстура не просто «розфарбовує» модель, а задає візуальну інформацію про поверхню: колір, шорсткість, металевість, прозорість, мікрорельєф. У сучасному виробництві широко використовується PBR-підхід, за якого матеріал описується фізично осмисленими параметрами. Наприклад, метал банки має високий параметр Metallic і контрольований Roughness, а друкована етикетка може мати інші відбивні властивості, хоча геометрично вона розміщена на тій самій поверхні [11].

Для анімації об'єктів базовим методом є *keyframe animation*. У цьому підході автор задає ключові стани об'єкта в окремі моменти часу, а програма обчислює проміжні положення за допомогою інтерполяції. У Blender рух можна уточнювати через Graph Editor: змінювати тип кривих, пом'якшувати старт і завершення руху, прибирати різкі прискорення. Це особливо важливо для камерної анімації, оскільки нерівномірний рух камери помітний глядачеві навіть тоді, коли модель виконана якісно.

Для персонажів або об'єктів зі складною деформацією застосовується ригінг. Він передбачає створення цифрового скелета, системи контролерів і вагових прив'язок між кістками та поверхнею моделі. У продуктивній анімації риг може використовуватися не лише для персонажів, а й для керування окремими частинами механізмів, кришками, пакуванням або елементами, що відкриваються.

Окрему групу становлять фізичні симуляції. Вони потрібні тоді, коли ручна анімація всіх деталей була б занадто складною або неприродною. До таких задач належать симуляція рідин, тканини, частинок, диму, руйнувань і зіткнень. Для рідини програма обчислює поведінку частинок або сітки у межах домену, враховуючи силу тяжіння, швидкість потоку, в'язкість, зіткнення з об'єктами та параметри кешу.

Освітлення сцени формує об'єм, настрій і реалістичність зображення. У 3D-анімації використовуються точкові, спрямовані, площинні джерела світла, HDRI-карти оточення та глобальне освітлення. Для матеріалів із блиском, скла чи металу особливо важливі відбиття: вони допомагають глядачеві побачити форму об'єкта навіть без складної текстури.

Фінальним етапом є рендеринг. Рендер-руші можуть працювати за різними принципами. Трасування променів забезпечує вищу фізичну достовірність, але потребує більше обчислень. Рендеринг у реальному часі орієнтований на швидкий попередній перегляд або інтерактивні застосунки. У Blender для цього використовуються Cycles і Eevee: Cycles є шляховим трасувальником для фотореалістичної візуалізації, а Eevee – рушієм реального часу, який використовує растеризацію та екранні методи наближення світлових ефектів [8].

У сучасних проєктах важливим стає також GPU-прискорення. Перенесення частини обчислень на графічний процесор дозволяє скоротити час рендерингу, особливо у сценах із великою кількістю семплів, відбиттів і складних матеріалів. У Blender для Cycles можуть використовуватися CUDA, OptiX, HIP, oneAPI або Metal залежно від апаратної платформи [8].

Отже, технології 3D-анімації поєднують моделювання, матеріали, освітлення, рух, симуляції та рендеринг. Якість фінального відео залежить не від одного окремого інструмента, а від того, наскільки узгоджено ці етапи працюють між собою.

### **1.3 Методи моделювання та анімації тривимірних об'єктів**

Методи моделювання та анімації тривимірних об'єктів визначають технічну основу майбутнього відеоконтенту. Вибір методу залежить від типу об'єкта. Для банки, упаковки, інтер'єрів або технічних деталей доцільним є полігональне і параметричне моделювання. Для персонажів, тканин або органічних форм краще підходять скульптинг, ригінг і фізичні симуляції. У складних проєктах ці підходи часто поєднуються.

### *Полігональне моделювання*

Полігональне моделювання є найбільш універсальним методом у 3D-графіці. Поверхня об'єкта формується з граней, які з'єднуються ребрами та вершинами. Перевага цього підходу полягає у точному контролі форми: розробник може додавати loop cuts, змінювати силует, створювати фаски та оптимізувати кількість полігонів під конкретну задачу. Для анімації особливо важливо уникати випадкових n-gon-ділянок у зонах деформації та контролювати напрям edge loops.

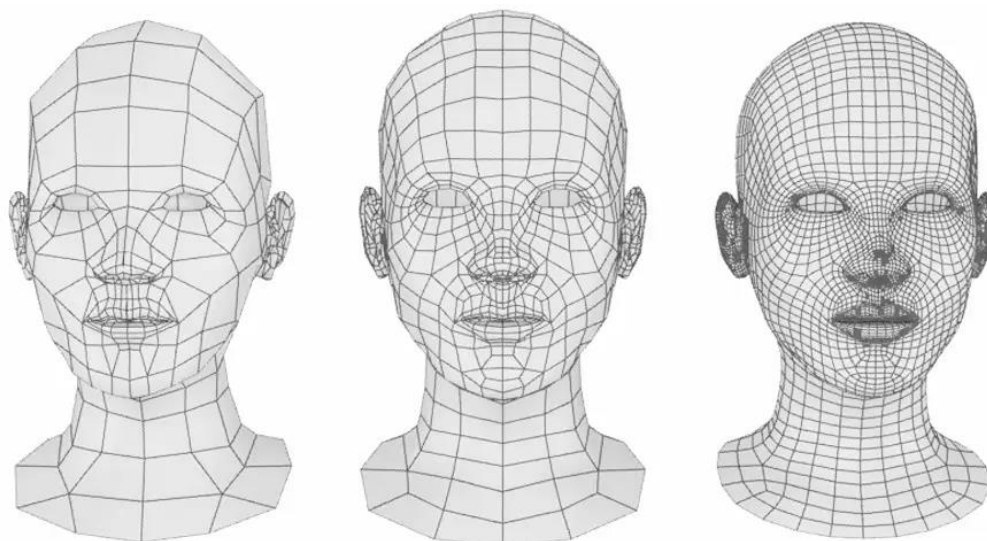


Рисунок 1.3. Полігональне моделювання

Різниця між грубою та деталізованою полігональною сіткою полягає у кількості граней, які формують поверхню об'єкта. Чим щільнішою є сітка, тим плавнішою виглядає форма, однак збільшення кількості полігонів підвищує навантаження на систему. У практичних проєктах для досягнення балансу між якістю і продуктивністю часто використовують модифікатори Bevel і Subdivision Surface. Вони дозволяють зберегти просту базову геометрію, але отримати більш м'які краї та згладжену поверхню під час рендерингу.

### *NURBS-моделювання*

NURBS-моделювання базується на математичному описі кривих і поверхонь за допомогою контрольних точок, вагових коефіцієнтів і сплайнів. Воно корисне для промислового дизайну, автомобільних поверхонь і CAD/CAM-систем, де важлива точність кривини, плавність форми та можливість легко змінювати профіль об'єкта без ручного редагування великої кількості полігонів.

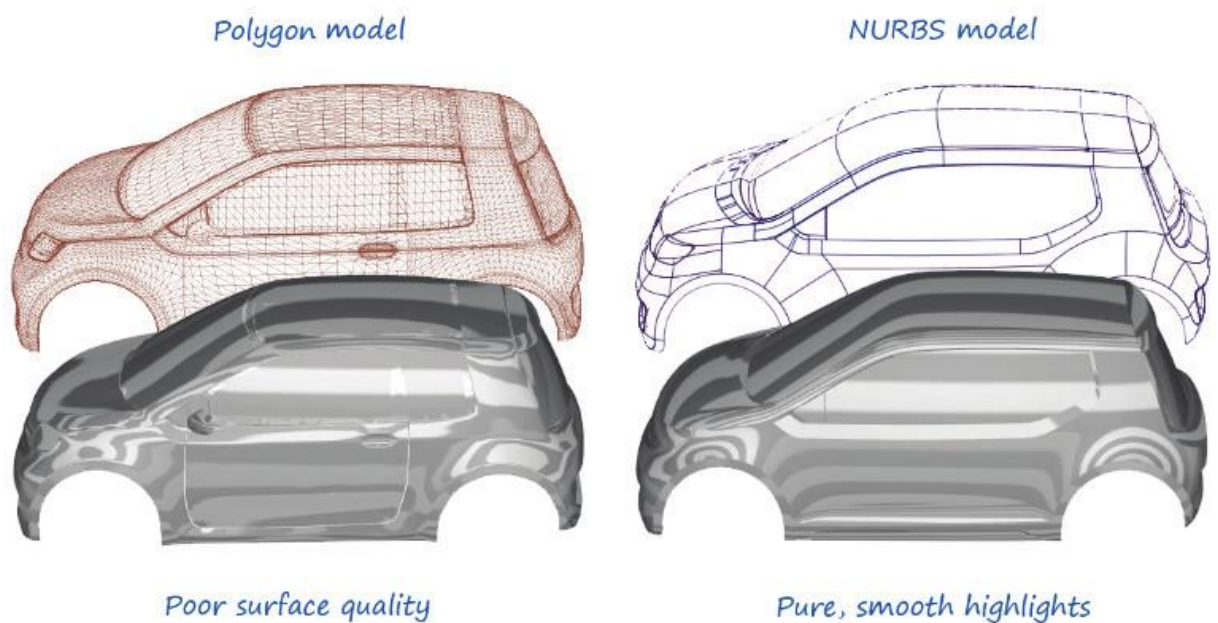


Рисунок 1.4. NURBS-моделювання

На відміну від полігональної сітки, NURBS-поверхня може бути гладкою незалежно від кількості видимих сегментів. Водночас для анімації, ігрових рушіїв і рендерингу такі моделі часто конвертуються у полігональну форму

#### *Цифровий скульптинг і процедурне моделювання*

Цифровий скульптинг імітує роботу з фізичним матеріалом. Художник змінює форму цифровими пензлями, додає складки, нерівності, пори, пошкодження або інші дрібні деталі. Метод добре підходить для органічних моделей, але у технічних об'єктах використовується обережно, щоб не

порушити правильну геометрію. Після скульптингу часто виконують ретопологію – створюють нову зручну сітку поверх деталізованої форми.

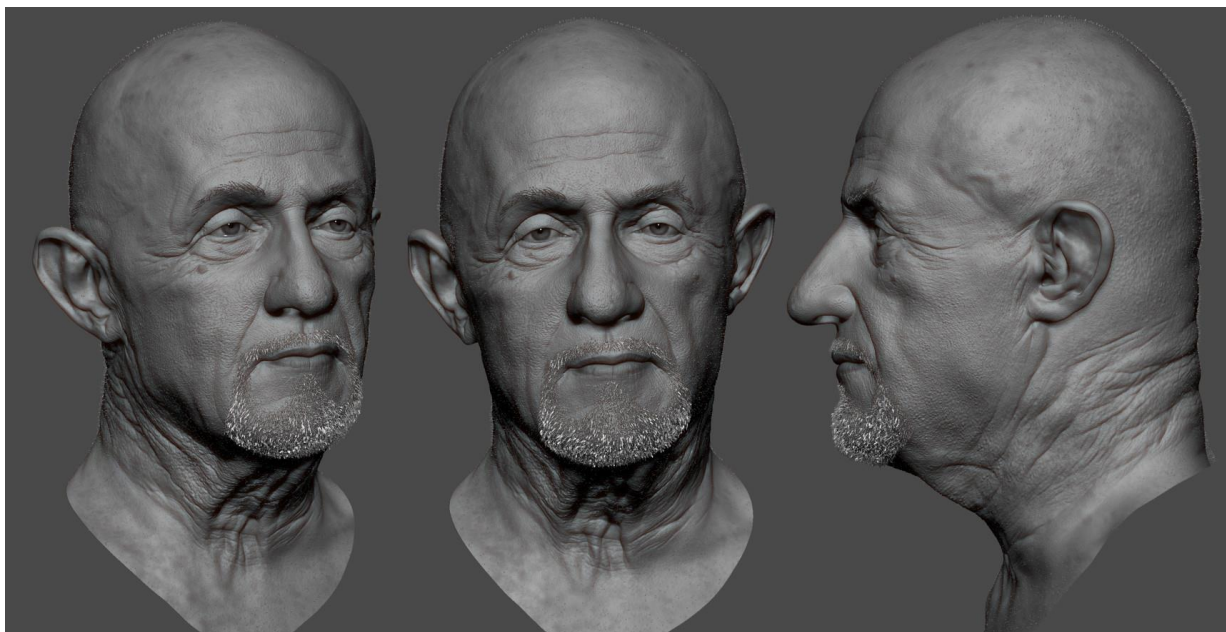


Рисунок 1.5. Приклад цифрової скульптури

Процедурне моделювання, навпаки, ґрунтується на правилах і параметрах. Геометрія може створюватися за допомогою модифікаторів, вузлових систем або скриптів. Такий підхід зручний для повторюваних елементів, середовищ, ландшафтів, крапель, частинок або варіативних об'єктів. Його перевага полягає у тому, що модель можна швидко змінювати, не перебудовуючи її вручну.

### *Методи анімації*

Анімація у 3D-середовищі означає зміну параметрів сцени у часі. Найчастіше змінюються координати, обертання, масштаб, форма, властивості матеріалів, інтенсивність світла або положення камери. Ключова анімація залишається базовим методом, оскільки вона є зрозумілою, контрольованою і сумісною з більшістю типів об'єктів [6].

Для складних систем застосовуються обмеження, контролери, FK/IK-кінематика та процедурні залежності. Пряма кінематика задає рух від

батьківського елемента до дочірнього, тоді як інверсна кінематика дозволяє керувати кінцевою точкою ланцюга, а проміжні суглоби обчислюються автоматично. У продуктивній анімації аналогічна логіка може застосовуватися для механічних частин або керованих траєкторій.

Фізично коректна анімація використовується для явищ, які важко відтворити вручну: падіння об'єктів, зіткнення, рух рідини, розліт частинок. У таких випадках важливо не лише запустити симуляцію, а й правильно обмежити її домен, налаштувати масштаб сцени, кешування, зіткнення та роздільну здатність. Надмірно висока деталізація може зробити симуляцію повільною, а занадто низька – призвести до неприродної поведінки.

Отже, методи моделювання та анімації потрібно добирати відповідно до задачі. Для створення анімованого відеофрагмента з об'єктом продукту та рідинним ефектом найраціональнішим є поєднання полігонального моделювання, UV-текстурування, ключової анімації, камерного руху та фізичної симуляції рідини.

#### **1.4 Аналіз сучасних програмних засобів розробки відеоконтенту**

Сучасні програмні засоби для 3D-графіки відрізняються не тільки інтерфейсом, а й логікою роботи, спеціалізацією та вимогами до апаратного забезпечення. Для бакалаврського проєкту важливо обрати середовище, яке дає змогу виконати повний цикл створення відеоконтенту: змодельовати об'єкти, підготувати матеріали, налаштувати анімацію, виконати симуляцію, рендеринг і базову постобробку.

##### **1. Blender**

Blender є одним із найбільш придатних інструментів для навчального та індивідуального проєкту, оскільки має відкритий код, не потребує комерційної ліцензії та містить більшість необхідних модулів в одному середовищі [8]. У межах одного файлу можна працювати з полігональним

моделюванням, UV-розгорткою, Shader Editor, Geometry Nodes, фізичними симуляціями, анімаційними кривими, Compositor і Video Sequencer.

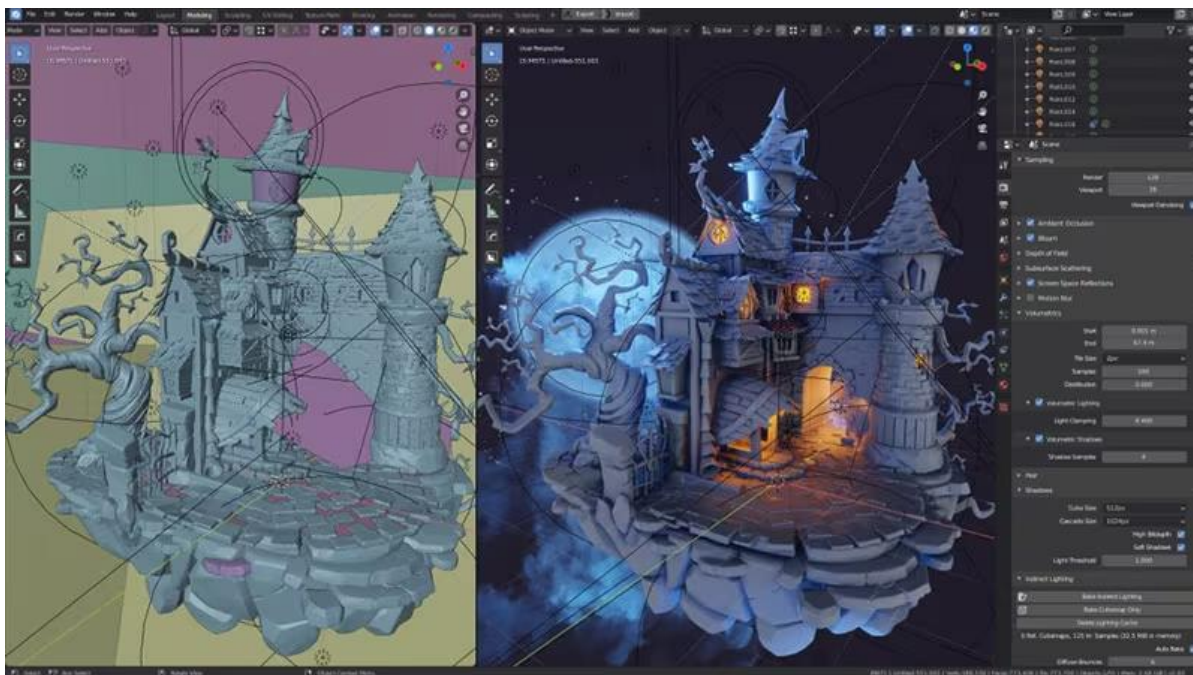


Рисунок 1.6. Робочий простір Blender для створення 3D-сцени

Для фінальної візуалізації Blender пропонує два основні засоби рендерингу. Cycles орієнтований на фотореалістичне зображення та використовує path tracing, тобто багаторазове трасування променів світла. Eevee працює у реальному часі та підходить для попереднього перегляду, стилізованої графіки або швидких тестових рендерів. Важливо не ототожнювати Eevee з повним фізично коректним трасуванням: частина ефектів у ньому наближена екранними методами, тому фінальні сцени з металом, прозорістю та складними відбиттями доцільніше перевіряти у Cycles.

## 2. Autodesk Maya

Autodesk Maya є одним із професійних стандартів у сфері тривимірної анімації, кіновиробництва та розробки ігрового контенту. Програма орієнтована на складні виробничі пайплайни, де потрібно поєднувати моделювання, ригінг, анімацію персонажів, симуляції та рендеринг. Однією з

важливих переваг Maya є розвинена система роботи з ієрархіями об'єктів, скелетами, контролерами та деформаторами, що дозволяє створювати складні персонажні анімації з високим рівнем контролю над рухом.

Технічно Maya підтримує полігональне моделювання, NURBS-поверхні, UV-розгортку, процедурну анімацію, симуляцію тканин, волосся та динаміки твердих тіл. Для автоматизації робочих процесів використовуються мови MEL і Python, що дає змогу створювати власні інструменти, скрипти та допоміжні модулі. У професійному середовищі Maya часто застосовується разом із зовнішніми рендер-рушіями та системами композитингу, тому вона добре підходить для великих студійних проєктів, але потребує високого рівня підготовки користувача.

### *3. Autodesk 3ds Max*

3ds Max є поширеним програмним середовищем для архітектурної візуалізації, предметного моделювання, дизайну інтер'єрів та створення ігрових моделей. Його часто використовують у проєктах, де важлива точна побудова об'єктів, робота з масштабами, імпорт CAD-даних і підготовка моделей до рендерингу. Програма має зручний модифікаторний стек, який дозволяє послідовно застосовувати до об'єкта різні операції та за потреби повертатися до попередніх етапів редагування.

З технічного погляду 3ds Max підтримує полігональне та сплайнове моделювання, параметричні об'єкти, UV-розгортку, анімацію, системи частинок і роботу із зовнішніми рендер-рушіями. У сфері архітектурної візуалізації його часто використовують разом із V-Ray, Corona Renderer або Arnold для отримання фотореалістичного освітлення, тіней і матеріалів. Основним недоліком 3ds Max є комерційна ліцензія та орієнтація переважно на Windows-середовище, однак для архітектурних і предметних сцен він залишається одним із найпоширеніших інструментів.

### *4. Cinema 4D*

Cinema 4D широко використовується у motion-дизайні, рекламі, телевізійній графіці та презентаційній анімації. Програма має зручний інтерфейс і добре підходить для створення динамічних заставок, анімованих логотипів, продуктових роликів та графічних композицій. Однією з головних переваг Cinema 4D є система MoGraph, яка дозволяє швидко створювати масиви об'єктів, керувати їх рухом за допомогою ефекторів і формувати складні анімаційні структури без ручного налаштування кожного елемента.

Технічно Cinema 4D підтримує полігональне моделювання, параметричні об'єкти, деформатори, ключову анімацію, динаміку твердих тіл, симуляцію тканин і роботу з матеріалами. Програма добре інтегрується з After Effects, що є важливим для подальшого композитингу та відеомонтажу. У порівнянні з Houdini або Maya, Cinema 4D менш орієнтована на надскладні фізичні симуляції, однак є дуже зручною для швидкого створення якісної анімаційної графіки та комерційного відеоконтенту.

## *5. Houdini*

Houdini є спеціалізованим програмним середовищем для процедурного моделювання, симуляцій та створення складних візуальних ефектів. Його основна відмінність полягає у вузловій структурі роботи: більшість операцій над геометрією, матеріалами, частинками або симуляціями подаються у вигляді взаємопов'язаних нод. Такий підхід дозволяє не лише створювати складні сцени, а й швидко змінювати їх параметри без повного ручного перероблення моделі.

З технічної точки зору Houdini особливо ефективний для симуляції рідин, диму, вогню, руйнувань, частинок, тканин і процедурної генерації середовищ. Програма використовує систему атрибутів, операторів і процедурних залежностей, завдяки чому один і той самий ефект можна масштабувати або адаптувати до різних сцен. Houdini часто застосовується у VFX-виробництві, оскільки дає високий рівень контролю над фізичними

процесами, однак має складніший інтерфейс і вищий поріг входження порівняно з більш універсальними 3D-редакторами.

Для дипломної роботи було обрано Blender, тому що в ньому можна виконати всі основні етапи створення 3D-ролика в одному середовищі: змодельовати об'єкт, накласти текстури, налаштувати світло, анімацію, симуляцію води та рендеринг.

Також Blender зручний для навчального проєкту, бо він безкоштовний, має достатньо потужні інструменти та підтримує рендер-руші Cycles і Eevee. Це дозволяє спочатку швидко перевіряти сцену, а потім отримати якісний фінальний результат із відбиттями, прозорою водою та глянцеви́ми матеріалами.

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 1**

У першому розділі розглянуто теоретичні основи створення анімованого відеоконтенту на основі тривимірної комп'ютерної графіки. Визначено, що 3D-графіка поєднує моделювання, текстурування, освітлення, анімацію, фізичні симуляції та рендеринг, а якість фінального відео залежить від правильної топології, UV-розгортки, матеріалів і параметрів візуалізації.

Проаналізовано основні методи моделювання та анімації: полігональне моделювання, NURBS, скульптинг, процедурне моделювання, ключову анімацію, ригінг і фізичні симуляції. Також порівняно сучасні програмні засоби для створення 3D-контенту та обґрунтовано вибір Blender як основного середовища для практичної реалізації проєкту, зокрема завдяки засобам рендерингу Cycles і Eevee, підтримці матеріалів, симуляцій та GPU-прискорення.

## **РОЗДІЛ 2**

### **ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СТВОРЕННЯ АНІМОВАНОГО ВІДЕОКОНТЕНТУ**

#### **2.1 Постановка задачі та формування вимог до проєкту**

Практична частина роботи спрямована на створення короткого анімованого відеофрагмента у середовищі Blender. За основу проєкту взято продуктову 3D-анімацію: у центрі сцени розміщується банка напою, для якої створюються геометрична модель, етикетка, металевий матеріал, освітлення, рух камери та ефект водяного сплеску. Такий формат добре підходить для демонстрації повного циклу виробництва 3D-контенту, оскільки поєднує моделювання, текстурування, симуляцію рідини, анімацію та рендеринг.

Основна задача проєкту полягає не лише у створенні окремої моделі, а у побудові технології, яку можна повторно застосувати для подібних рекламних або презентаційних роликів. Тому важливо зафіксувати послідовність дій, структуру файлів, вимоги до сцени, параметри рендерингу та способи оптимізації.

Функціонально проєкт повинен забезпечити створення полігональної моделі банки з коректними пропорціями, підготовку UV-розгортки для етикетки, налаштування матеріалів металу та друкованої поверхні, побудову системи освітлення, створення водяного сплеску засобами симуляції рідини, а також формування фінальної послідовності кадрів для відео.

Візуальні вимоги пов'язані з тим, що глядач має легко розпізнавати форму продукту, матеріал поверхні та динаміку рідини. Банка повинна мати плавний циліндричний силует, виділені верхню та нижню кромки, читабельну етикетку і реалістичні відбиття. Рідина має не перекривати об'єкт повністю, а працювати як акцент, який підсилює рух і композицію кадру.

Технічні вимоги стосуються насамперед продуктивності. Сцена повинна залишатися керованою у viewport, симуляція має кешуватися окремо від основного файлу, а рендеринг повинен виконуватися з балансом між

якістю і часом обчислень. Для фінального відео доцільно використовувати послідовність кадрів, оскільки вона дозволяє відновити рендеринг після збою без втрати вже готових зображень.

Нефункціональні вимоги включають зручність редагування сцени, повторне використання матеріалів, зрозумілу структуру колекцій, стабільність роботи Blender і можливість подальшого масштабування проєкту. Наприклад, після завершення базового ролика до сцени можна додати інший тип етикетки, змінити колір фону, замінити траєкторію камери або налаштувати інший характер водяного сплеску.

На етапі постановки задачі також важливо визначити критерії оцінювання. Для цього проєкту основними критеріями є цілісність геометрії, якість UV-розгортки, відсутність розтягування етикетки, реалістичність металевого матеріалу, плавність руху камери, стабільність симуляції рідини, рівень шуму у фінальному рендері та загальна композиційна завершеність кадру.

## **2.2 Вибір програмного забезпечення та інструментальних засобів**

Вибір програмного забезпечення має відповідати практичній задачі. Для цього проєкту потрібне середовище, яке дозволяє моделювати об'єкти, створювати UV-розгортки, працювати з PBR-матеріалами, виконувати фізичну симуляцію рідини, налаштовувати анімацію камери, рендерити фінальне відео та виконувати базову постобробку без постійного перенесення даних між різними програмами.

За результатами аналізу програмних засобів обрано Blender. Його перевага полягає у тому, що всі ключові етапи створення ролика доступні в одному середовищі. Для моделювання банки використовуються Mesh-інструменти, модифікатори Bevel і Subdivision Surface, для текстуровання – UV Editor і Shader Editor, для рідинного ефекту – модулі фізичних симуляцій, для анімації – Timeline, Dope Sheet і Graph Editor, а для фінальної візуалізації – Cycles або Eevee [8].

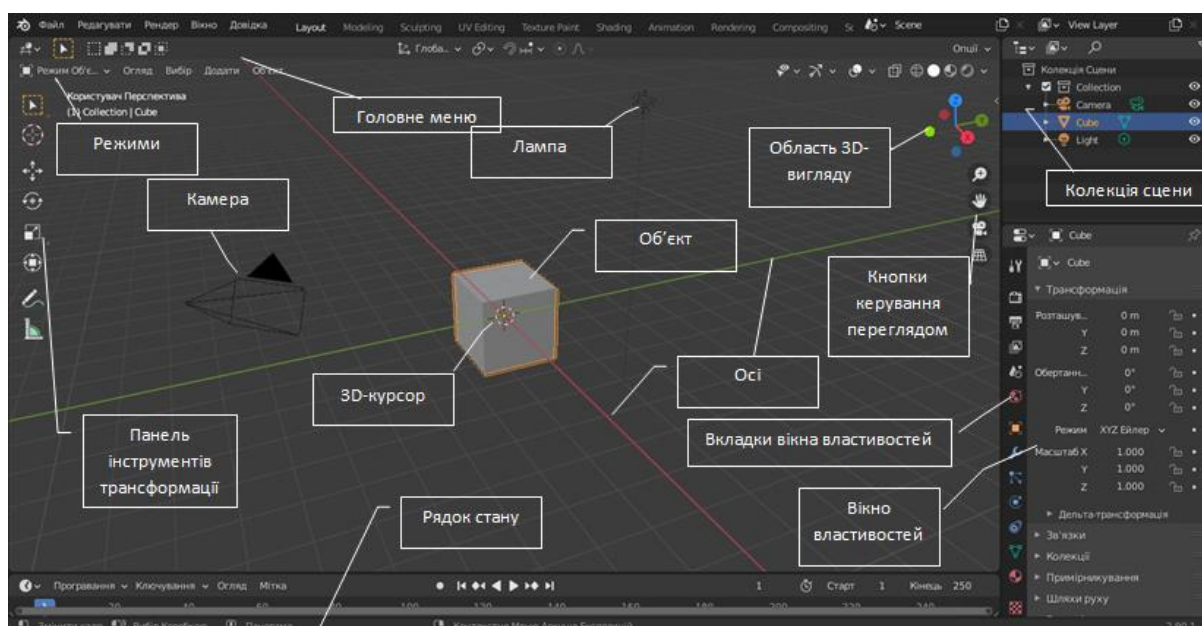


Рисунок 2.1. Основні елементи інтерфейсу Blender

На мал. 2.1 зображено інтерфейс Blender з основними зонами роботи. Центральну частину займає 3D Viewport, де виконується редагування сцени. Праворуч розташовані Outliner і панель Properties, які дають змогу керувати об'єктами, модифікаторами, матеріалами та параметрами рендерингу. Нижня частина інтерфейсу використовується для Timeline або редакторів анімації.

Для практичної реалізації застосовуються кілька робочих просторів Blender. Layout використовується для загального компонування сцени, Modeling – для створення геометрії банки, UV Editing – для розгортки етикетки, Shading – для побудови матеріалів, Animation – для ключових кадрів і руху камери, Rendering – для налаштування Cycles, а Compositing – для базової обробки кадру.

Cycles обрано як основний рушій фінального рендерингу, оскільки він точніше відтворює металеві поверхні, відбиття, тіні та взаємодію світла з водою. Eevee доцільно використовувати для швидкого попереднього перегляду композиції та руху, однак фінальну якість потрібно перевіряти у Cycles через різницю між наближеним і фізично коректним освітленням.

Для продуктивної роботи рекомендовано використовувати дискретний графічний процесор із підтримкою GPU-рендерингу, багатоядерний

процесор, достатній обсяг оперативної пам'яті та SSD-накопичувач. Особливо важливим є швидкий доступ до кешу симуляції рідини, оскільки дані домену можуть займати значний обсяг і часто перераховуються під час тестування.

Додатковими інструментами можуть бути графічний редактор для підготовки етикетки та програма монтажу для фінального збирання відео. Проте базовий сценарій можна реалізувати без виходу за межі Blender: етикетка імпортується як растрова текстура, кадри рендеряться у послідовність зображень, а фінальне відео збирається у Video Sequence Editor.

### **2.3 Розробка структури анімаційного проєкту**

Структура анімаційного проєкту повинна бути зрозумілою ще до початку моделювання. Це зменшує кількість помилок, полегшує повторне використання матеріалів і дозволяє швидше знаходити потрібні елементи сцени. Для цього проєкту доцільно використовувати окремі папки для файлу Blender, текстур, кешу симуляцій, тестових рендерів, фінальних кадрів і відеоекспорту.

У межах Blender сцена організовується через колекції. До колекції Model входять геометричні елементи банки: корпус, верхня кришка, кільце відкривання та допоміжні деталі. Колекція Materials містить призначені матеріали металу, етикетки, води й фону. Колекція Simulation зберігає об'єкти домену, flow-об'єкти та collision/effector-об'єкти. Окремо доцільно виділити Camera\_Light для камери, джерел світла та HDRI-оточення.

Назви об'єктів мають бути технічно зрозумілими. Замість стандартних Cube.001 або Cylinder.003 доцільно використовувати назви на кшталт CAN\_body, CAN\_lid, CAN\_tab, WATER\_domain, WATER\_flow, CAM\_main, LIGHT\_key. Це спрощує пошук елементів у Outliner і зменшує ризик випадково змінити не той об'єкт.

Робочий процес проєкту складається з таких логічних етапів: підготовка референсів і масштабу сцени; побудова базової геометрії банки; деталізація кромek і верхньої частини; UV-розгортка та накладання етикетки; налаштування матеріалів; створення освітлення; побудова домену рідини; тестова симуляція; анімація камери; тестові рендери; фінальний рендер і збирання відео.

Особливе значення має збереження проміжних версій файлу. Після завершення ключових етапів доцільно створювати копії проєкту: `model_v01`, `materials_v02`, `sim_test_v03`, `render_final_v01`. Це дозволяє повернутися до попереднього стану, якщо симуляція або матеріали були налаштовані невдало.

Для симуляцій необхідно окремо контролювати кеш. Файли кешу не бажано зберігати безпосередньо у корені проєкту, оскільки вони швидко накопичуються і ускладнюють навігацію. Краще використовувати окрему папку `cache/fluid`, де зберігаються дані `bake` для домену та `mesh`-результатів.

Така структура робить проєкт не просто набором об'єктів у сцені, а впорядкованим технологічним процесом. Це важливо для дипломної роботи, оскільки дозволяє обґрунтувати не лише результат, а й спосіб його отримання.

## **2.4 Проєктування сцен, моделей та анімаційних ефектів**

Проєктування сцени починається з визначення композиції. Основним об'єктом є банка напою, розташована у центрі кадру. Вона має бути достатньо великою, щоб етикетка залишалася читабельною, але навколо неї потрібно залишити простір для водяного сплеску. Камера встановлюється на рівні, який підкреслює циліндричну форму об'єкта і не спотворює пропорції.



Рисунок 2.2. Побудова моделі у Blender

Побудова моделі у Blender починається зі створення базової геометрії, яка поступово уточнюється за допомогою редагування вершин, ребер і граней. У практичній частині цей підхід застосовується для створення банки напою: спочатку формується циліндрична основа, після чого додаються підтримувальні ребра, фаски, згладжування та окремі конструктивні елементи. Така послідовність дозволяє перейти від простої форми до деталізованої моделі без надмірного ускладнення сітки.

Під час проєктування матеріалів враховано, що корпус банки складається з двох візуальних шарів: металевої основи та друкованої етикетки. Металевий матеріал потребує високої відбивної здатності та контрольованої шорсткості, тоді як етикетка повинна мати правильне UV-відображення без розтягування. Для води використовуються прозорість, відбиття та заломлення, а також достатня деталізація mesh-результату симуляції.

Анімаційна частина складається з руху камери, появи або розвитку водяного сплеску та фінальної стабілізації кадру. Рух камери має бути плавним, тому ключові кадри налаштовуються через інтерполяційні криві. Для симуляції рідини створюється домен, який обмежує область розрахунку,

flow-об'єкт, що задає джерело води, та effector/collision-об'єкт, який забезпечує зіткнення рідини з банкою.

Освітлення проєкту будується за принципом керованої студійної сцени. Основне світло формує об'єм, допоміжне пом'якшує тіні, а контрове підкреслює силует банки і краплі води. За потреби використовується HDRI-оточення для природних відбиттів на металі та рідині.

Для рендерингу передбачено два рівні якості. Тестові рендери виконуються з меншою кількістю семплів і нижчою роздільною здатністю, щоб швидко перевірити композицію, рух і симуляцію. Фінальний рендер виконується з вищою якістю, увімкненим denoising, коректними bounce-параметрами та GPU-прискоренням.

Отже, проєктування сцени, моделей і анімаційних ефектів формує основу практичної реалізації. На цьому етапі визначено, як саме будуть пов'язані геометрія банки, матеріали, світло, камера, симуляція рідини та фінальний рендер.

## **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 2**

У другому розділі сформовано технологічну основу практичного проєкту та визначено, що його результатом має стати короткий анімований відеофрагмент із моделлю банки напою, етикеткою, студійним освітленням, рухом камери та ефектом водяного сплеску. Сформульовано функціональні, візуальні й технічні вимоги до сцени: якісна полігональна модель, коректна UV-розгортка, реалістичні PBR-матеріали, стабільна симуляція рідини та оптимізований рендеринг.

Обґрунтовано вибір Blender як основного середовища, оскільки його інструменти дають змогу виконати повний цикл створення відеоконтенту. Також визначено структуру проєкту: організацію файлів, колекцій, назв об'єктів, кешу симуляцій і фінальних рендерів.

## РОЗДІЛ 3

### РЕАЛІЗАЦІЯ ТА ТЕСТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО ПРОЄКТУ

#### 3.1 Створення тривимірних моделей

Практична реалізація розпочалася зі створення основного об'єкта сцени – банки напою. Для цієї задачі було обрано полігональний підхід, оскільки форма банки складається з простого циліндричного корпусу та окремих деталізованих елементів верхньої кришки. Такий підхід дає достатній контроль над силуетом, кількістю полігонів і якістю відбиттів на поверхні.

На початковому етапі у Blender створено базовий Cylinder, після чого його масштабовано відповідно до пропорцій банки. Кількість сегментів циліндра підібрано так, щоб модель мала плавний контур, але не створювала зайвого навантаження під час подальшого рендерингу. Для зручності формування профілю використовувався режим редагування вершин, ребер і граней.

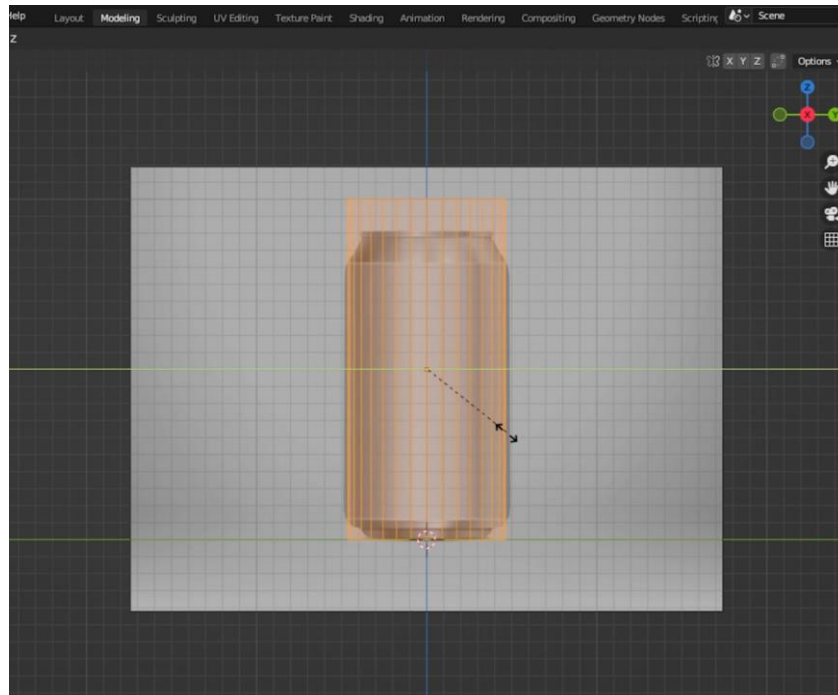


Рисунок 3.1. Створення базової геометрії моделі банки

Створення базової форми банки виконувалося за референсом, що дозволило зберегти правильні пропорції об'єкта. Вертикальні ребра корпусу були розташовані рівномірно, оскільки це важливо для подальшого накладання етикетки. У верхній та нижній частинах моделі додано підтримувальні edge loop, які утримують форму після згладжування та не дають корпусу втратити характерний силует.

Після формування основного корпусу було додано фаски. Модифікатор Bevel використано для заокруглення верхнього та нижнього країв, а Shade Smooth – для усунення візуальної «ламаності» поверхні. При цьому важливо контролювати нормалі: некоректний напрям нормалей може створити темні плями або неправильні відбиття на металі.

Верхня частина банки створювалася окремо, оскільки вона має складнішу геометрію: заглиблення, кільцеві ребра та елемент відкривання. Для цього застосовано Extrude, Inset, Loop Cut і масштабування окремих контурів. Така послідовність дозволила отримати форму, яка візуально нагадує реальну алюмінієву кришку, але залишається придатною для рендерингу.

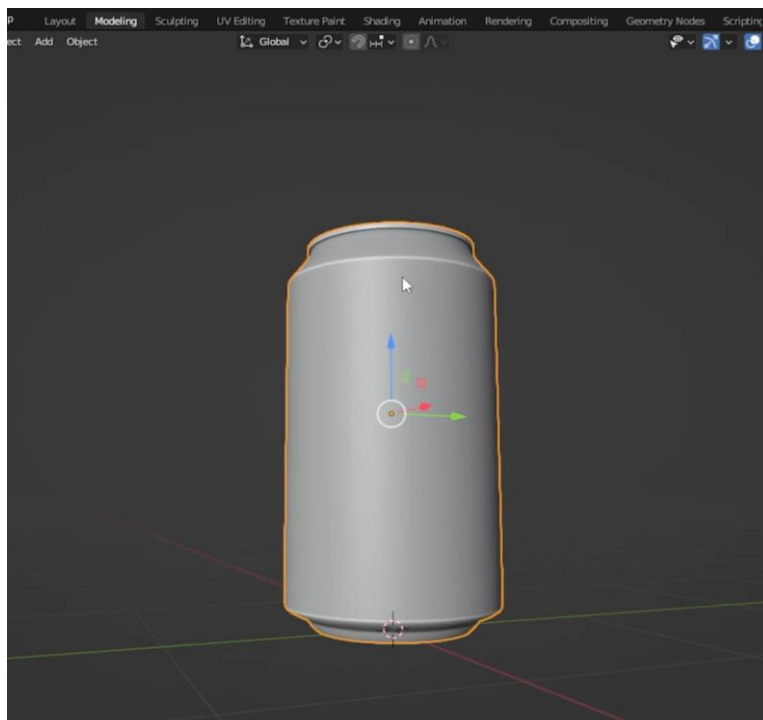


Рисунок 3.2. Налаштування геометрії та деталізації поверхні

Модифікатор Subdivision Surface використовувався не як спосіб безконтрольного збільшення полігонів, а як інструмент згладжування. Підтримувальні ребра розміщувалися поблизу кромek, щоб зберегти чіткий профіль кришки та корпусу. Це дозволило поєднати плавність поверхні з достатньою геометричною точністю.

Для елемента відкривання застосовано окрему геометрію з невеликою товщиною. Такий підхід кращий, ніж малювання цього елемента лише текстурою, оскільки на крупному плані він створює реальні тіні та відбиття. Водночас кількість полігонів залишалась помірною, щоб модель не ускладнювала симуляцію та рендеринг.

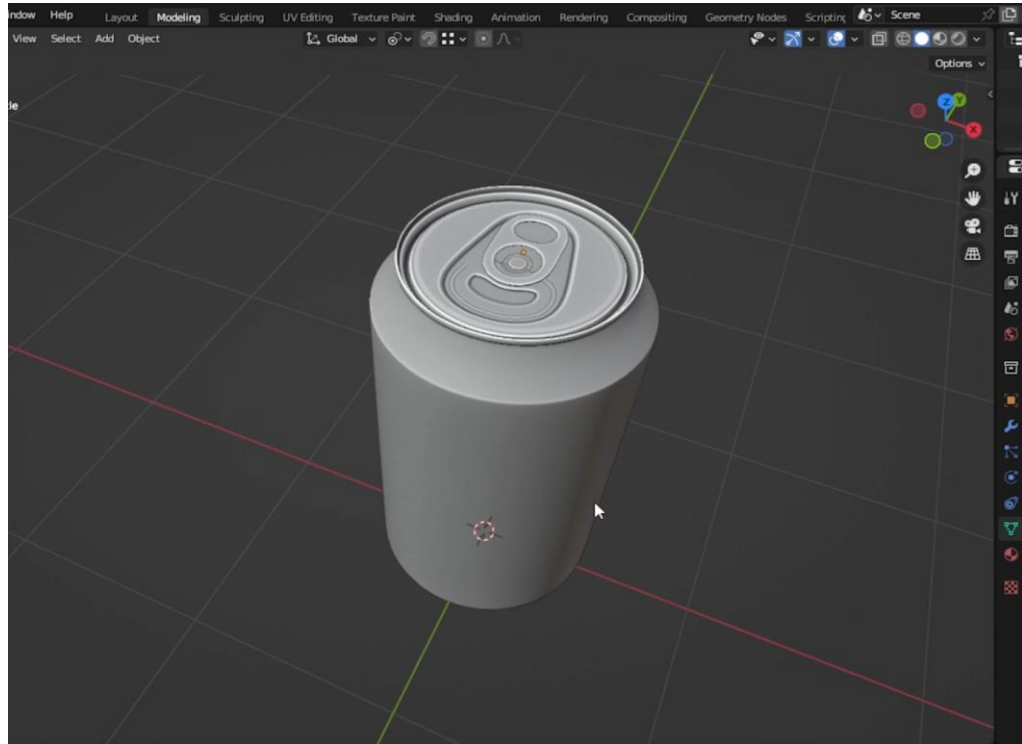


Рисунок 3.3. Готова модель банки напою

На мал. 3.3 показано готову модель банки перед етапом матеріалів. Модель має основний корпус, верхню кришку і деталізований елемент відкривання. Після завершення моделювання було перевірено масштаб, розташування origin-точки, коректність нормалей і відсутність зайвих внутрішніх граней. Це важливо, оскільки надлишкова або прихована геометрія може збільшувати час рендерингу та створювати артефакти в симуляції.

Отримана модель є основою для подальшого текстурювання та анімації. Її топологія достатньо проста для стабільної роботи viewport, але має необхідні деталі для переконливої продуктової візуалізації.

### **3.2 Налаштування матеріалів, текстур та освітлення**

Після моделювання виконано налаштування матеріалів, текстур та освітлення. На цьому етапі основна увага приділялася тому, щоб банка не виглядала як безликий циліндр: необхідно було передати металевість, глянцевість, друковану етикетку та взаємодію поверхні зі світлом.

Для корпусу банки використано матеріал на основі Principled BSDF. Металеві ділянки отримали підвищене значення Metallic, а параметр Roughness налаштовано так, щоб відбиття були помітними, але не дзеркально різкими. Для етикетки застосовано растрову текстуру, прив'язану до UV-координат поверхні.

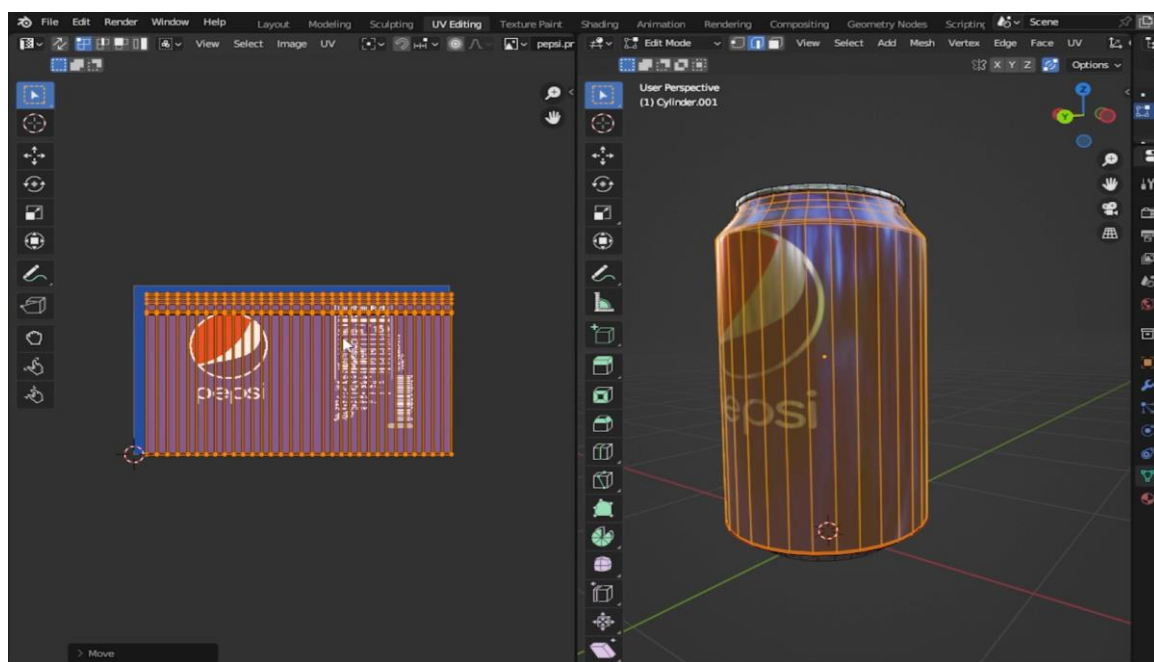


Рисунок 3.4. Налаштування UV-розгортки

UV-розгортка виконувалася з урахуванням циліндричної форми банки. Бокова поверхня була розгорнута у прямокутну область, що відповідає логіці розміщення етикетки. Верхня та нижня частини моделі отримали окремі UV-острови, щоб уникнути деформацій текстури. Після накладання зображення було перевірено, чи не розтягується логотип, чи правильно розміщений шов і чи зберігається читабельність графічних елементів.

Під час налаштування матеріалів було використано вузлову схему Shader Editor. Текстура етикетки підключалася до Base Color, а для керування блиском використовувалися параметри Roughness і Specular/IOR Level залежно від версії Blender. Для дрібних нерівностей поверхні можуть застосовуватися карти Normal або Bump, що додає деталізації без збільшення кількості полігонів.

Освітлення сцени побудовано за студійним принципом. Основне джерело світла формує загальний об'єм банки, заповнювальне освітлення пом'якшує темні ділянки, а контрове підкреслює силует і краплі води. Для металевих поверхонь це особливо важливо, оскільки саме відбиття допомагають прочитати форму об'єкта.

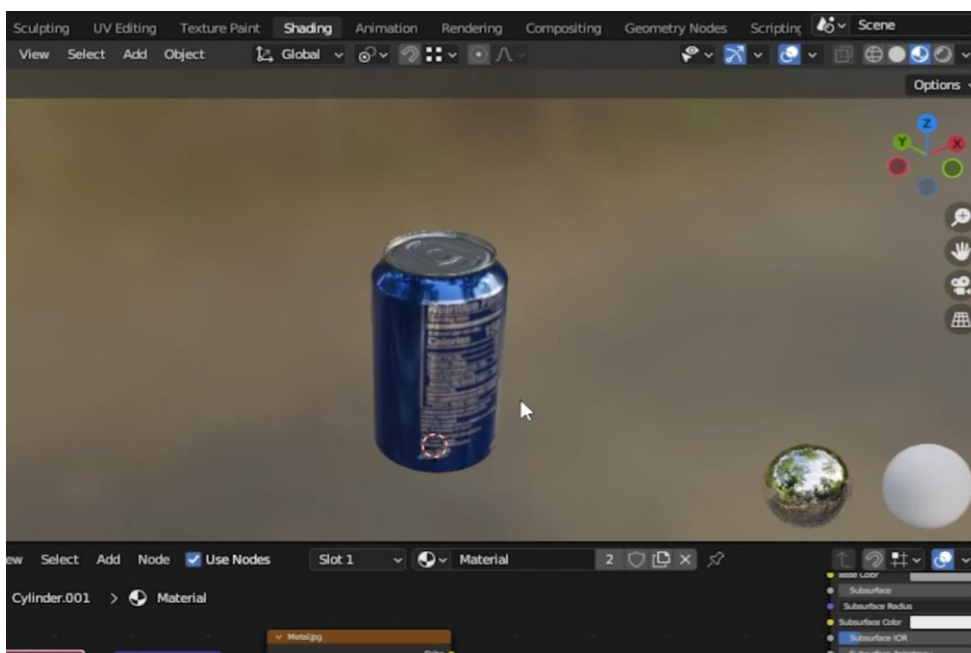


Рисунок. 3.5. Освітлення сцени

Після налаштування матеріалів банка отримала готову етикетку, а світлове середовище сформувало відбиття на глянцевиx ділянках поверхні. На цьому етапі виконувалися тестові рендери з меншою кількістю семплів, щоб швидко оцінити композицію, яскравість, контраст і читабельність етикетки. Це дозволило вносити зміни до освітлення та матеріалів ще до запуску фінального рендерингу.

Для фінального зображення доцільно використовувати Cycles, оскільки вода і метал потребують коректних відбиттів, прозорості та тіней. Eevee застосовувався як швидкий інструмент попереднього перегляду, але остаточні параметри матеріалів перевірялися у рендер-режимі, ближчому до фінального результату.

### 3.3. Реалізація анімації та візуальних ефектів

Наступним етапом стала реалізація анімації та візуального ефекту водяного сплеску. Основна ідея полягає у тому, щоб статична модель банки сприймалася динамічно: камера рухається навколо продукту, а рідина створює додатковий акцент і підсилює відчуття енергії кадру.

Для симуляції рідини було створено Fluid Domain – обмежувальний об'єм, у межах якого Blender виконує розрахунок поведінки рідини. Розмір домену підібрано так, щоб він охоплював банку і зону сплеску, але не був надмірно великим. Занадто великий домен збільшує час bake-розрахунку, а занадто малий може обрізати частину бризок.

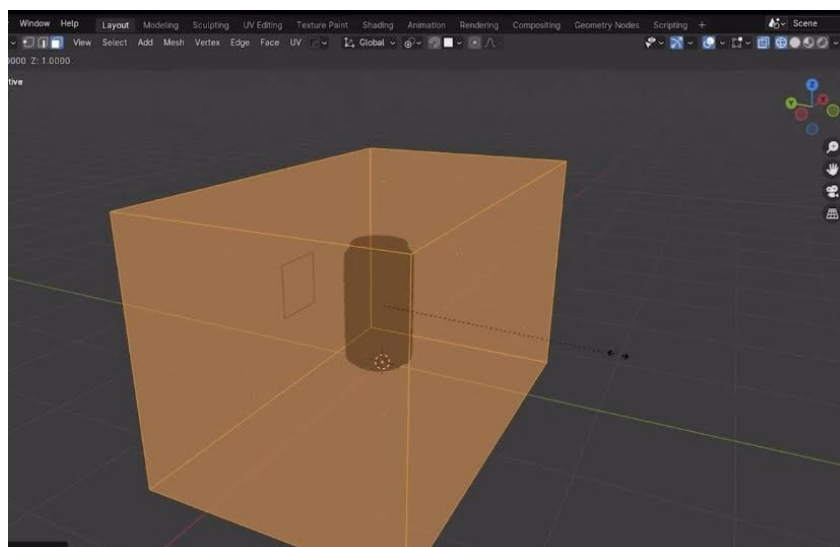


Рисунок 3.6. Створення області симуляції рідини (Fluid Domain)

Область симуляції рідини створювалася навколо банки з урахуванням майбутнього руху води. Банка виступала об'єктом зіткнення, а рідина генерувалася через flow-об'єкт. Для отримання виразного сплеску потрібно було налаштувати початкову швидкість потоку, роздільну здатність домену, тип кешу та взаємодію з collision-геометрією. Ці параметри безпосередньо впливають на форму бризок, деталізацію води та стабільність симуляції.

Під час тестування симуляції виконувалося кілька bake-ітерацій. Спочатку використовувалася нижча роздільна здатність, щоб швидко

перевірити напрям руху рідини. Після отримання потрібної форми сплеску роздільну здатність домену було підвищено, а результат перераховано для фінальних кадрів. Такий підхід зменшує загальний час налаштування.

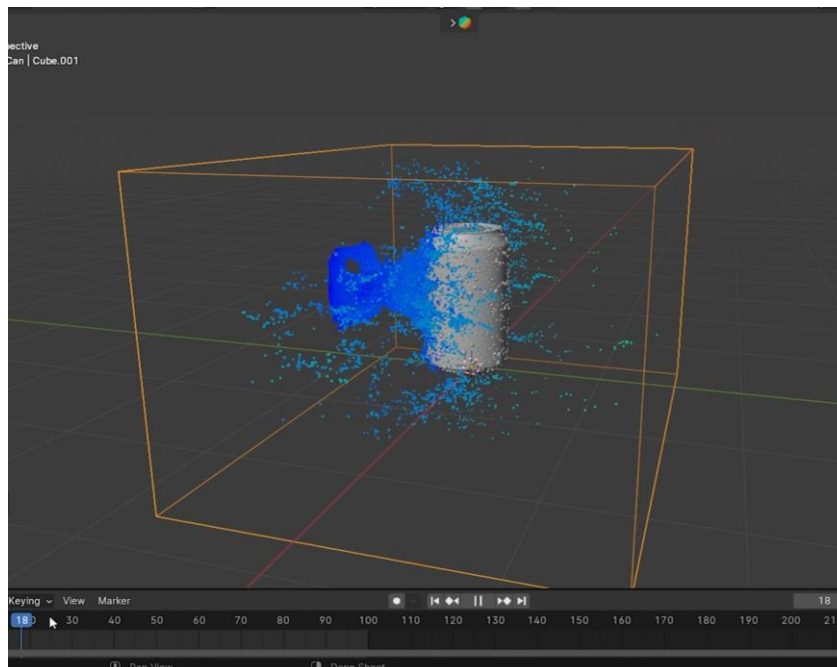


Рисунок 3.7. Результат симуляції рідини

Мал. 3.7 демонструє результат симуляції рідини. Видно, що сплеск огортає банку і створює характерні бризки. Для такого ефекту важливо, щоб матеріал води мав прозорість, відбиття та достатню кількість деталей у mesh-представленні. Якщо mesh занадто грубий, вода виглядає пластмасовою; якщо деталізація надмірна, рендеринг стає значно повільнішим.

Анімація камери налаштовувалася через ключові кадри. Початкове положення задає загальний вигляд сцени, середні кадри створюють рух навколо продукту, а фінальна позиція фіксує найбільш виразну композицію. Щоб рух не був різким, криві інтерполяції перевірялися в Graph Editor.

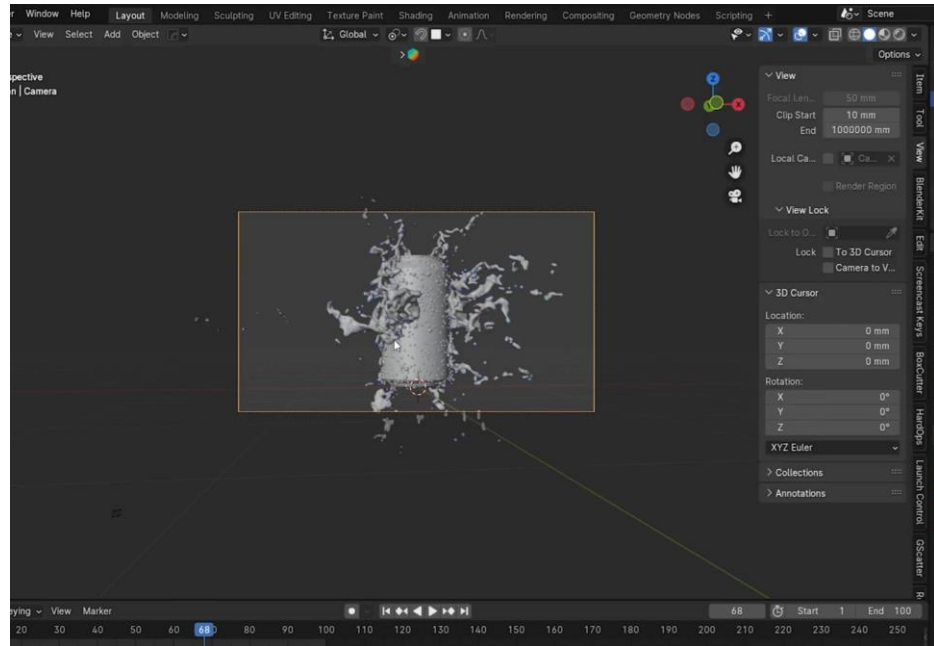


Рисунок 3.8. Налаштування камери

Камера була спрямована на центр банки таким чином, щоб зберегти читабельність етикетки та водночас показати об'єм водяного сплеску. Для наближення до стилістики продуктової зйомки використовувалася відповідна фокусна відстань і помірна глибина різкості. Це дозволило візуально відокремити основний об'єкт від фону та зробити композицію більш виразною.

Додатково було синхронізовано момент найбільшого сплеску з найкращим положенням камери. Це важливо для сприйняття ролика: динамічний ефект має працювати в той момент, коли продукт займає найбільш вигідну позицію у кадрі.



Рисунок 3.9. Кадр анімаційної сцени

Мал. 3.9 демонструє кадр анімаційної сцени після поєднання моделі, матеріалів, освітлення, камери та симуляції. На цьому етапі перевірялися силует банки, видимість етикетки, форма бризок, рівень шуму в тінях і загальний баланс фону. За результатами тестових рендерів коригувалися параметри освітлення та положення камери.

Таким чином, у межах анімаційного етапу було реалізовано не абстрактний набір ефектів, а цілісну сцену продуктової візуалізації. Ключова анімація забезпечила рух камери, а фізична симуляція рідини сформувала основний візуальний акцент ролика.

### **3.4 Рендеринг та формування відеоконтенту**

Фінальний рендеринг виконувався після завершення моделювання, текстурювання, освітлення, анімації та bake-розрахунку рідини. Перед рендерингом було перевірено, чи зафіксований кеш симуляції, чи всі текстури підключені коректно, чи камера має правильний діапазон кадрів, а також чи не залишилися у сцені зайві тестові об'єкти.

Для рендерингу використано Cycles. У налаштуваннях рендеру обрано GPU Compute, якщо доступний сумісний графічний процесор. Для зменшення шуму застосовано Adaptive Sampling і Denoising. Кількість семплів підбиралася шляхом тестів: занадто низьке значення створює шум у тінях і відбиттях, а надмірно високе збільшує час рендерингу без помітного покращення.

Фінальний матеріал доцільно формувати як послідовність кадрів, наприклад PNG або OpenEXR. Такий підхід безпечніший за прямий експорт у відеофайл, оскільки у разі помилки можна продовжити рендеринг з потрібного кадру. Після завершення рендеру кадри об'єднуються у відео з кодеком H.264 або іншим форматом, що відповідає вимогам демонстрації.

На етапі постобробки виконувалася базова корекція: перевірка яскравості, контрасту, кольоропередачі, різкості та загального темпу ролика. Головне завдання постобробки полягало не у зміні змісту сцени, а у



доведенні кадрів до цілісного вигляду.

Рисунок 3.10. Кадри з завершеного відеоролика

Фінальний відеоролик поєднує модель банки, етикетку, водяну симуляцію та налаштоване освітлення в єдину композицію. Отриманий результат демонструє можливість використання Blender для створення короткого рекламного або презентаційного 3D-відео, у якому продуктова модель поєднується з фізичною симуляцією рідини та фотореалістичним рендерингом.

Найбільше навантаження на обчислювальну систему створювали симуляція рідини, прозорість матеріалу води, відбиття на металі та кількість семплів у Cycles. Тому оптимізація виконувалася через зменшення зайвої геометрії, контроль розміру домену, тестові рендери у нижчій якості та використання GPU-прискорення.

### **3.5 Аналіз результатів та оцінка якості відео**

Після формування фінального відеофрагмента виконано аналіз отриманого результату. Оцінювання проводилося за кількома групами критеріїв: якість геометрії, коректність матеріалів і текстур, стабільність симуляції рідини, плавність анімації камери, якість освітлення та ефективність рендерингу.

Модель банки має достатньо плавний силует і зберігає характерні елементи реального об'єкта: циліндричний корпус, заокруглені кромки, верхню кришку та елемент відкривання. Топологія моделі не перевантажена, тому сцена залишається придатною для редагування. Водночас деталізація верхньої частини достатня для крупних планів.

UV-розгортка забезпечила правильне розміщення етикетки на корпусі. Під час перевірки не виявлено критичного розтягування текстури або зміщення основних елементів зображення. Матеріали передають різницю між металом, друкованою поверхнею та водою. Найбільш чутливим параметром виявилася шорсткість: її значення суттєво впливає на характер відбиттів і сприйняття матеріалу.

Симуляція рідини працює як основний візуальний ефект. Її перевагою є природність форми бризок, яку складно було б створити вручну ключовими кадрами. Основним обмеженням є висока вартість обчислень: збільшення роздільної здатності домену покращує деталізацію, але помітно збільшує час bake-розрахунку та рендерингу.

Анімація камери є плавною та не відволікає від об'єкта. Ключові кадри налаштовані так, щоб продукт залишався у центрі композиції, а максимальний сплеск рідини збігався з виразним кадром. У подальшому якість ролика можна підвищити за рахунок додаткового motion blur, тоншої роботи з глибиною різкості та більш детального контролю таймінгу.

Рендеринг у Cycles забезпечив переконливе відтворення металу, води, відбиттів і тіней. Використання denoising дозволило зменшити шум без значного збільшення кількості семплів. Проте сцени з прозорою рідиною потребують особливої уваги до параметрів світлових відскоків, оскільки низькі значення можуть спростити відображення води, а високі – збільшити час рендерингу.

Загалом створений відеофрагмент відповідає поставленій задачі: він демонструє повний цикл розробки 3D-анімації у Blender, включаючи моделювання, UV-текстурування, налаштування PBR-матеріалів, освітлення, симуляцію рідини, анімацію камери та фінальний рендеринг. Розроблену технологію можна адаптувати для інших продуктових роликів, змінюючи модель, етикетку, тип симуляції та стиль освітлення.

### **ВИСНОВКИ ДО РОЗДІЛУ 3**

У третьому розділі виконано практичну реалізацію технології створення анімованого відеоконтенту на основі тривимірної комп'ютерної графіки. Реалізація була побудована навколо продуктової сцени з банкою напою та водяним сплеском, що дозволило продемонструвати основні етапи 3D-виробництва.

На етапі моделювання створено полігональну модель банки з деталізованою верхньою частиною, фасками, згладжуванням і контрольованою топологією. Це забезпечило правильний силует, коректні відбиття та можливість подальшого текстурювання.

На етапі матеріалів і текстур виконано UV-розгортку, накладено етикетку, налаштовано металеві та глянцеві властивості поверхонь. Освітлення побудовано за студійним принципом, що дозволило підкреслити форму банки і зробити сцену візуально цілісною.

Для створення динамічного ефекту реалізовано симуляцію рідини у межах Fluid Domain. Банка використовувалася як об'єкт зіткнення, а рідина – як акцентний елемент композиції. Анімація камери та симуляція були синхронізовані для отримання виразного фінального кадру.

Фінальний рендер виконано із застосуванням Cycles, GPU-прискорення, adaptive sampling і denoising. Аналіз результатів показав, що Blender дозволяє реалізувати повний цикл створення короткого 3D-відео – від моделі та матеріалів до симуляції, рендерингу і формування готового відеоконтенту.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи було досліджено та реалізовано технологію створення анімованого відеоконтенту на основі тривимірної комп'ютерної графіки. Робота поєднала теоретичний аналіз сучасних підходів до 3D-моделювання, анімації, текстурювання, освітлення, фізичних симуляцій і рендерингу з практичною реалізацією анімованої сцени у середовищі Blender.

Практична частина роботи була спрямована на створення короткого анімованого відеофрагмента з моделлю банки напою, налаштованими матеріалами, етикеткою, студійним освітленням, рухом камери та ефектом водяного сплеску. Під час розробки було перевірено послідовність основних етапів створення 3D-контенту: від побудови геометрії та UV-розгортки до симуляції рідини, рендерингу й оцінки готового результату.

Відповідно до поставлених у роботі завдань отримано такі результати:

1. Проаналізовано теоретичні основи тривимірної комп'ютерної графіки та визначено її роль у створенні анімованого відеоконтенту. Встановлено, що 3D-графіка є комплексною технологією, яка поєднує геометричне моделювання, матеріали, освітлення, камери, анімацію, фізичні симуляції та рендеринг.

2. Досліджено основні технології створення 3D-анімації. Визначено, що якість фінального відео залежить від узгодженості всіх етапів: моделювання, UV-розгортки, текстурювання, налаштування матеріалів, освітлення, анімації, симуляції та параметрів рендерингу.

3. Розглянуто методи моделювання та анімації тривимірних об'єктів. Для практичної реалізації проекту найбільш доцільним визначено поєднання полігонального моделювання, UV-текстурювання, ключової анімації камери та фізичної симуляції рідини.

4. Виконано аналіз сучасних програмних засобів створення 3D-контенту, зокрема Blender, Autodesk Maya, 3ds Max, Cinema 4D та Houdini. За

результатами порівняння обґрунтовано вибір Blender, оскільки він є безкоштовним, підтримує повний цикл створення 3D-анімації та містить необхідні інструменти для моделювання, текстурування, симуляції, анімації й рендерингу.

5. Спроектовано структуру анімаційного проєкту та визначено основні вимоги до сцени. Було передбачено створення моделі банки, підготовку етикетки, налаштування PBR-матеріалів, освітлення, камери, симуляції водяного сплеску та фінального рендерингу. Також визначено підхід до організації файлів, колекцій, назв об'єктів і кешу симуляцій.

6. Реалізовано практичний 3D-проєкт у середовищі Blender. Було створено модель банки напою, виконано UV-розгортку, налаштовано матеріали металу, етикетки та води, побудовано систему освітлення, створено анімацію камери й реалізовано водяний сплеск за допомогою фізичної симуляції рідини.

7. Проведено оцінку отриманого результату. Фінальний рендеринг виконано у Cycles із використанням GPU-прискорення, трасування променів, Denoising та Adaptive Sampling. У результаті отримано завершений анімований відеофрагмент, який може бути використаний як основа для рекламного або презентаційного 3D-контенту.

Отримані результати підтверджують практичну доцільність використання Blender для створення анімованого відеоконтенту на основі тривимірної комп'ютерної графіки. Розроблена технологія може бути застосована для створення продуктових роликів, навчальних матеріалів, презентаційних відео та іншого мультимедійного контенту. Подальший розвиток проєкту може передбачати створення кількох варіантів етикетки, ускладнення симуляції рідини, додавання motion-графіки, озвучення та адаптацію відео під різні формати цифрових платформ.

## ВПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Біржаков М. Б. Комп'ютерна графіка та анімація : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2021. 320 с.
2. Foley J. D., van Dam A., Feiner S. K., Hughes J. F. Computer Graphics: Principles and Practice. 3rd ed. Boston : Addison-Wesley, 2014. 1264 p.
3. Носенко Т. І., Машкіна І. В., Яскевич В. О. Застосування алгоритмів та структур даних у штучному інтелекті. Київ : Київський столичний університет імені Бориса Грінченка, 2025.
4. Hughes J. F., van Dam A., McGuire M. та ін. Computer Graphics: Principles and Practice. 3rd ed. Boston : Pearson Education, 2014. 1232 p.
5. Kerlow I. V. The Art of 3D Computer Animation and Effects. 4th ed. Hoboken : Wiley, 2009. 352 p.
6. Parent R. Computer Animation: Algorithms and Techniques. 3rd ed. Burlington : Morgan Kaufmann, 2012. 784 p.
7. Watt A., Watt M. Advanced Animation and Rendering Techniques. New York : Addison-Wesley, 1992. 448 p.
8. Blender Foundation. Blender Documentation [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.blender.org/> (дата звернення: 20.05.2026).
9. Autodesk. Maya Documentation [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://help.autodesk.com/view/MAYAUL/ENU/> (дата звернення: 20.05.2026).
10. Epic Games. Unreal Engine Documentation [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://dev.epicgames.com/documentation/en-us/unreal-engine/> (дата звернення: 20.05.2026).
11. Pharr M., Jakob W., Humphreys G. Physically Based Rendering: From Theory to Implementation. 4th ed. Cambridge : MIT Press, 2023. 1200 p.
12. Vince J. Foundation Mathematics for Computer Graphics. London : Springer, 2019. 428 p.

13. Unity Technologies. Unity Manual [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://docs.unity3d.com/Manual/index.html> (дата звернення: 20.05.2026).
14. Liudmyla Ilich, Oksana Hlushak, Svetlana Semenyaka, Yaroslav Shestack «Modeling of Structural Changes in the Employment as the Direction of Economic Security Risk Management» // Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems, 2023, 3421. p p. 46-55. ISSN 1613-0073.
15. Astafieva M., Stepanenko N. (2025) Optimal Cybersecurity Management: Global Controllability of Linear Models. Cybersecurity Providing in Information and Telecommunication Systems (3991). с. 14-25. ISSN 1613-0073
16. Kriskun, I., & Bondarchuk, A. (2026). Оцінювання ефективності управління проєктами в галузі інформаційних технологій. Європейський науковий журнал Економічних та Фінансових інновацій, 1(19), 264-274.
17. Співак, С., Бондарчук, А., & Черевик, О. (2025). AI-система для професійної орієнтації у сфері 3D-графіки. Електронне фахове наукове видання «Кібербезпека: освіта, наука, техніка», 3(31), 698-709.
18. Астаф'єва М., Бодненко Д., Литвин О., Локазюк О., Прошкін В. (2025) Mathematical Learning Experiment Using Digital Technologies. RTC-Digital 2023. Communications in Computer and Information Science. с. 175-181. ISSN 1865-0929 [https://doi.org/10.1007/978-3-032-04731-1\\_23](https://doi.org/10.1007/978-3-032-04731-1_23)
19. Бондарчук, А. П., Мельник, І. Ю., Суханевич, Є. І., & Абрамов, В. О. (2025). Підвищення ефективності систем відеоспостереження за рахунок гібридного методу відбору ключових кадрів і інтерпретації рішень. Телекомунікаційні та інформаційні технології, (3), 101-105.
20. Співак, С. М., Білоус, В. В., Горбатовський, Д. В., & Бондарчук, А. П. (2025). Adapting education to the 3D graphics market using AI. Телекомунікаційні та інформаційні технології, 89(4), 215-221.

21. Bodnenko D., Kuchakovska H., Lokaziuk O., Proshkin V., Lytvynova S., Naboka O. Using the Yammer cloud service to organize project-based learning methods CEUR Workshop Proceedings, 2021 3085. 245-258. ISSN 1613-0073.
22. Бондарчук, А. П., Олейніков, І. А., & Бажан, Т. О. (2024). Застосування методів машинного навчання до управління 3D принтером. Телекомунікаційні та інформаційні технології, (1), 4-15.
23. Bodnenko D., Yakovenko I., Kuchakovska H., Lokaziuk O. Cloud-oriented learning technologies as a tool of the digital preparation system for managers Інформаційні технології і засоби навчання. 2022. № 3. 131–161
24. Hołubowski, W., Oliynyk, B. & Solomko, V. (2025). On the Characterization of the Unitary Cayley Graphs of the Upper Triangular Matrix Rings. Symmetry. 17(12), 2180.
25. Bondarchuk, A., Dibrivniy, O., Grebenyk, V., & Onyshchenko, V. (2021, October). Motion Vector Search Algorithm for Motion Compensation in Video Encoding. In 2021 IEEE 8th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T) (pp. 345-348). IEEE.
26. Abramov, V., Astafieva, M., Boiko, M., Bodnenko, D., Bushma, A., Vember, V., ... & Yaskevych, V. (2021). Theoretical and practical aspects of the use of mathematical methods and information technology in education and science.
27. Машкіна, І. В., Абрамов, В. О., Носенко, Т. І., Іваніченко, Є. В., & Яскевич, В. О. (2024). Навчально-методичний посібник до виконання і захисту кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальностей 122 Комп'ютерні науки для здобувачів вищої освіти денної форми навчання.