

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Навчально-науковий інститут економіки, управління, права та
інформаційних технологій
Кафедра інформаційних систем та технологій

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття ступеня вищої освіти бакалавр

на тему: «**Моделювання 3D об'єктів і сцен у Blender**»

Виконала: здобувачка вищої освіти
за освітньою програмою
Інформаційні управляючі системи
спеціальності 126 Інформаційні
системи та технології
ступеня вищої освіти бакалавр
групи 126ІСТ_бд_2021
Бережна Аміна Сергіївна
Керівник: Поночовний Юрій
Леонідович
Рецензент: Муравльов Володимир
Вячеславович

Полтава – 2025 року

ВСТУП

Актуальність теми. У сучасному світі 3D-моделювання стало ключовою технологією в багатьох галузях, включаючи ігрову індустрію, кінематограф, архітектуру, освіту та промислове виробництво. За даними аналітичних звітів [1, 2], ринок 3D-технологій у 2024 році оцінюється в понад 20 млрд доларів США з прогнозованим щорічним зростанням на 15–20%. В Україні попит на фахівців із 3D-моделювання стрімко зростає, зокрема в сфері розробки ігор, візуалізації архітектурних проєктів та освітніх симуляцій [3]. Особливо актуальним є використання безкоштовних інструментів, таких як Blender, який завдяки своїй універсальності та відкритому коду набув популярності серед студентів, викладачів і професіоналів.

Однак, незважаючи на широке поширення Blender, існує проблема недостатньої кількості структурованих навчальних матеріалів, адаптованих для студентів-початківців, які вивчають 3D-моделювання в межах освітніх програм. Багато наявних посібників є або занадто складними, або не відповідають вимогам сучасних навчальних планів [4]. Це створює потребу в розробці вказівок до лабораторних робіт, які б забезпечували послідовне формування практичних навичок моделювання, текстурування та анімації в Blender. Розробка таких матеріалів є актуальним завданням, що сприяє підвищенню якості технічної освіти, підготовці конкурентоспроможних фахівців і популяризації відкритих технологій у навчальному процесі.

Питання використання 3D-моделювання в освіті активно досліджується в науковій літературі. Статті з бази Scopus, зокрема [5, 6], підкреслюють важливість інтеграції 3D-технологій у навчальні програми для розвитку просторового мислення та технічних навичок студентів. Blender, як безкоштовне програмне забезпечення, розглядається як оптимальний інструмент для навчальних закладів із обмеженим бюджетом [7]. Проте більшість досліджень зосереджені на загальних аспектах використання 3D-графіки, тоді як розробка конкретних методичних матеріалів для лабораторних

робіт залишається недостатньо висвітленою. Існуючі посібники часто не враховують специфіку освітніх програм, таких як «Інформаційні системи та технології», і не забезпечують поступового ускладнення завдань для студентів-початківців.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка вказівок до лабораторних робіт із моделювання 3D-об'єктів і сцен у Blender, що забезпечують формування практичних навичок студентів у межах дисципліни «Технологія 3D-моделювання».

Для досягнення мети необхідно вирішити такі завдання:

- 1) провести аналіз предметної області 3D-моделювання, можливостей Blender і потреб цільової аудиторії;
- 2) розробити структуру та зміст лабораторних робіт, включаючи практичні завдання з моделювання, текстурування й анімації;
- 3) створити вказівки до лабораторних робіт, провести їх апробацію та оцінити техніко-економічну ефективність.

Об'єкт дослідження – процеси створення навчальних матеріалів для формування практичних навичок 3D-моделювання в освітньому процесі.

Предмет дослідження – розробка вказівок до лабораторних робіт із моделювання 3D-об'єктів і сцен у Blender для студентів спеціальності «Інформаційні системи та технології».

Дослідження базується на методах аналізу наукової літератури для вивчення предметної області, порівняльного аналізу програмного забезпечення для 3D-моделювання, педагогічного експерименту для апробації розроблених матеріалів, а також техніко-економічного аналізу для оцінки ефективності впровадження вказівок.

До інформаційної бази входять наукові статті з бази Scopus, офіційна документація Blender, навчальні посібники, довідкові матеріали з 3D-моделювання, а також статистичні дані про ринок 3D-технологій і освітні стандарти.

Практична значущість. Розроблені вказівки до лабораторних робіт забезпечують структуроване навчання 3D-моделюванню в Blender, сприяють формуванню практичних навичок студентів і підвищують їхню конкурентоспроможність на ринку праці. Матеріали можуть бути використані в освітніх програмах технічних спеціальностей, а їх адаптивна структура дозволяє масштабувати завдання для різних рівнів підготовки. Техніко-економічний аналіз підтверджує ефективність впровадження вказівок для навчальних закладів.

Результати роботи апробовані в рамках наукової конференції здобувачів вищої освіти за результатами науково-дослідної роботи у 2024-2025 роках у Полтавському державному аграрному університеті.

Структура та обсяг кваліфікаційної роботи. Робота складається з переліку умовних позначень, вступу, трьох розділів основної частини, висновків, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг текстової частини становить 54 сторінки формату А4. Робота містить 20 рисунків і 3 таблиці.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ПРЕДМЕТНОЇ ОБЛАСТІ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ ТА МОЖЛИВОСТЕЙ BLENDER

1.1 Предметна область 3D-моделювання, основні поняття та класифікація

3D-моделювання є однією з ключових складових сучасної цифрової графіки, що охоплює процес створення віртуальних тривимірних об'єктів, які існують у цифровому середовищі [8]. На відміну від традиційної двовимірної графіки, 3D-моделі мають три координатні виміри – висоту, ширину і глибину, що дозволяє візуалізувати об'єкти максимально наближено до реальних форм і забезпечити їх подальшу інтерактивну взаємодію, анімацію або візуалізацію. Створення 3D-моделей є основою для ряду застосувань – від промислового дизайну до комп'ютерних ігор, анімаційних фільмів, медичних візуалізацій і освітніх середовищ.

У 3D-моделюванні існує декілька основних типів моделей залежно від способу представлення геометрії об'єктів. Найпоширенішим є полігональне моделювання, при якому об'єкти формуються з полігонів (найчастіше трикутників або чотирикутників). Цей метод використовується переважно в ігровій індустрії та інтерактивних застосунках, оскільки дозволяє ефективно оптимізувати моделі для реального часу. Поверхневе моделювання базується на створенні кривих поверхонь, які визначають форму об'єкта без формального об'єму – воно часто використовується в CAD-системах та промислового дизайні. Об'ємне (solid) моделювання, навпаки, оперує об'єктами, які мають чітко визначену масу та внутрішню структуру – такий підхід широко застосовується в інженерії, архітектурі та 3D-друці. Процедурне моделювання полягає у створенні об'єктів на основі математичних алгоритмів і параметрів, що дозволяє швидко генерувати великі сцени або варіативні структури (наприклад, ландшафти, хмари або міста). Скульптурне моделювання імітує роботу з реальною глиною, де модель формується шляхом

«виліплення» за допомогою спеціальних інструментів. Цей підхід є надзвичайно популярним серед художників для створення деталізованих персонажів або органічних форм.

Створення повноцінного 3D-контенту зазвичай охоплює кілька послідовних етапів. Першим етапом є безпосередньо моделювання – побудова геометрії об'єкта, визначення його структури та пропорцій. Наступний крок – текстурування, під час якого на поверхню моделі накладаються текстури, які імітують матеріали, кольори, візерунки або нерівності. Освітлення визначає джерела світла, їх положення, інтенсивність та вплив на об'єкти сцени, що є критично важливим для реалістичного вигляду моделі. Далі, за потреби, застосовується анімація – надання руху моделі шляхом створення ключових кадрів, скелетної анімації або фізичної симуляції. Останній етап – рендеринг, тобто обрахунок кінцевого зображення або відео з урахуванням усіх властивостей сцени: матеріалів, освітлення, камери, тіней тощо. Саме на етапі рендерингу створюються фінальні візуалізації, які можуть бути статичними або динамічними.

Застосування 3D-моделювання є надзвичайно широким і продовжує зростати разом із розвитком цифрових технологій. В ігровій індустрії 3D-моделі є основним елементом віртуального світу, дозволяючи створювати персонажів, локації, об'єкти взаємодії. У кінематографі та анімації 3D-графіка використовується для створення візуальних ефектів, комп'ютерної анімації, повністю змодельованих сцен і персонажів. У рекламі 3D дозволяє візуалізувати продукт або послугу ще до їх реального виготовлення. В архітектурі та інженерії моделювання використовується для створення макетів будівель, інфраструктурних об'єктів, механізмів та пристроїв. В освіті 3D-моделі слугують для вивчення анатомії, фізичних процесів, історичних реконструкцій, хімічних структур тощо. Таким чином, 3D-моделювання виступає універсальним інструментом візуального представлення і взаємодії з цифровими об'єктами, що робить його важливою складовою сучасної цифрової культури та технічної освіти.

1.2 Огляд сучасних програмних засобів для 3D-моделювання

Ринок програмного забезпечення для 3D-моделювання на сьогодні надзвичайно різноманітний і динамічно розвивається. Існує велика кількість програмних продуктів, що орієнтовані як на професіоналів у сфері комп'ютерної графіки, так і на початківців або освітні установи. Кожен інструмент має свої особливості, функціональні можливості, цільову аудиторію та модель ліцензування. Серед найпопулярніших і найвпливовіших програм для 3D-моделювання варто виділити наступні:

Autodesk Maya вважається одним із найпотужніших і найфункціональніших пакетів для тривимірної графіки. Програма має розвинену систему ріггінгу, інструменти для анімації, моделювання, симуляції динаміки та візуальних ефектів [19]. Maya підтримує складні скрипти на мові Python або MEL. Водночас програма є досить дорогою та складною у вивченні для новачків. На рисунку 1.1 показано інтерфейс програми Autodesk Maya.

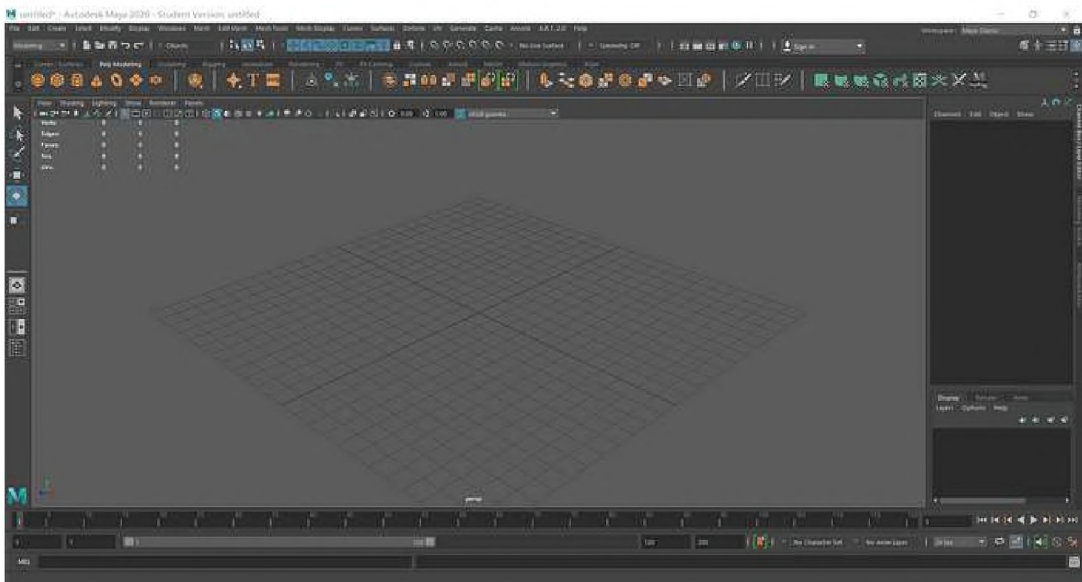


Рисунок 1.1 – Інтерфейс програми Autodesk Maya

Autodesk 3ds Max, інший популярний продукт цієї ж компанії, більш орієнтований на архітектурну візуалізацію, дизайн інтер'єру та ігрову індустрію. Він має потужні інструменти для полігонального моделювання, а

також простішу, ніж у Maya, систему анімації. Проте 3ds Max є комерційним продуктом з ліцензією на основі передплати, що не завжди зручно для освітніх цілей. На рисунку 1.2 показано інтерфейс програми Autodesk 3ds Max.

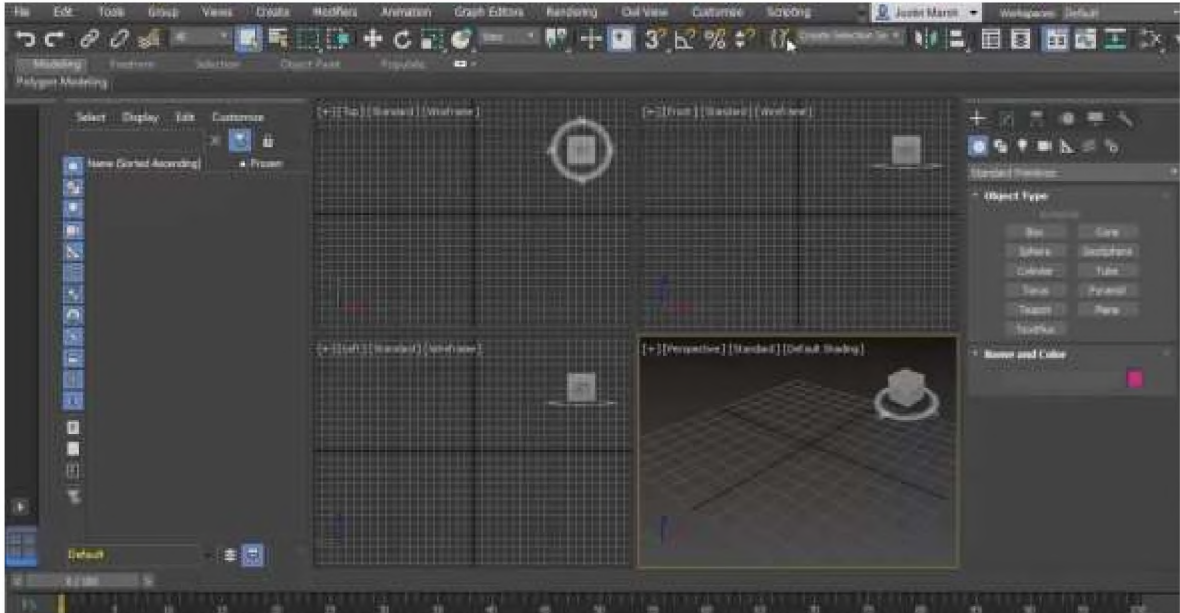


Рисунок 1.2 – Інтерфейс програми Autodesk 3ds Max

Cinema 4D – це програмне забезпечення, популярне серед дизайнерів рухомої графіки, що вирізняється зручним інтерфейсом, стабільністю та хорошою інтеграцією з Adobe After Effects. Його перевагою є простота у використанні при збереженні широкого функціоналу, що робить його ідеальним вибором для дизайнерів, які працюють у сфері моушн-дизайну, візуалізації презентацій і рекламної графіки. Програма підтримує процедурне моделювання, об'єктно-орієнтовану анімацію, симуляцію фізики, роботу з матеріалами на основі вузлів (Node-Based Materials), а також має потужні інструменти для рендерингу, зокрема вбудовані рендери Standard і Physical, а також підтримку сторонніх рендерів, таких як Redshift і Octane. Cinema 4D активно використовується у кіноіндустрії, телебаченні, візуалізації архітектурних проєктів і створенні інтро для відеороликів. Завдяки великій спільноті користувачів і навчальних ресурсів, новачки можуть швидко опанувати основи й розпочати створення професійних проєктів. Водночас

Cinema 4D також є платним продуктом, хоча надає обмежену студентську ліцензію та пробну версію, що дає змогу ознайомитися з функціоналом без фінансових витрат. На рисунку 1.3 показано інтерфейс програми Cinema 4D.

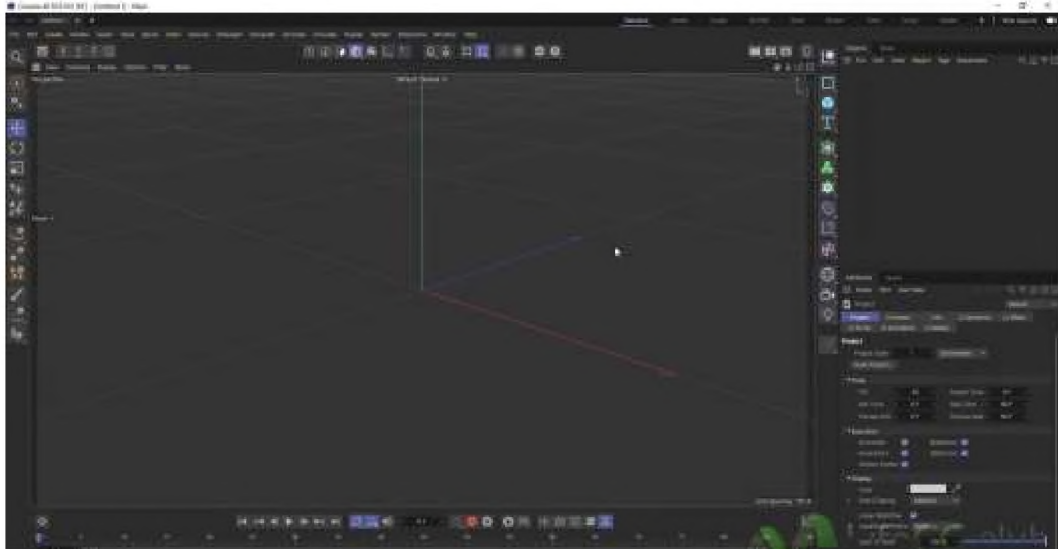


Рисунок 1.3 – Інтерфейс програми Cinema 4D

ZBrush – це спеціалізоване програмне забезпечення для цифрового скульптингу. Воно дозволяє створювати високо деталізовані органічні форми, що широко використовуються в розробці персонажів для ігор, фільмів, 3D-анімацій та візуальних ефектів. Основна особливість ZBrush полягає в можливості працювати з мільйонами полігонів у реальному часі, завдяки власному рушію Pixel-to-Pixel Rendering, що забезпечує плавну взаємодію з об'єктами високої щільності. Програма пропонує величезну кількість інструментів скульптингу – пензлі, альфи, маски, симетрію, динамічну топологію (Dynamesh), ZRemesher для автоматичної ретопології та систему Subtools для створення складних об'єктів із багатьох елементів.

ZBrush активно використовується в кіноіндустрії, де потрібна надвисока деталізація моделей (наприклад, зморшки, пори, текстура шкіри), а також у колекційному 3D-друку, створенні статуєток, ювелірних виробів і навіть концепт-арту. Його інтеграція з іншими програмами, як-от Maya, 3ds Max, Blender або Substance Painter, дає змогу ефективно впроваджувати ZBrush у

виробничий конвеєр. Програма також підтримує поліпшене текстурування за допомогою функції PolyPaint, що дозволяє малювати кольором без UV-розгортки. На рисунку 1.4 показано інтерфейс програми ZBrush.



Рисунок 1.4 – Інтерфейс програми ZBrush

SketchUp – інструмент, що орієнтований передусім на архітекторів, дизайнерів інтер'єру, містобудівників і викладачів. Він пропонує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та базові можливості 3D-моделювання, що робить його зручним для швидкого створення візуалізацій, концепт-моделей та презентаційних проєктів. SketchUp базується на принципі простого креслення – користувач може створювати об'єкти, малюючи лінії та площини, а потім витягуючи їх у тривимірну форму за допомогою інструмента Push/Pull. Програма також підтримує роботу з шарами, компонентами, групами та текстурами, що дозволяє організовувати складні сцени.

Окрім того, SketchUp має розвинену онлайн-бібліотеку 3D Warehouse, де доступні тисячі готових моделей – від меблів до будівель, що значно пришвидшує процес проєктування. SketchUp має безкоштовну веб-версію з базовим функціоналом, що є привабливим для студентів і новачків. На рисунку^о1.5 показано інтерфейс програми SketchUp.

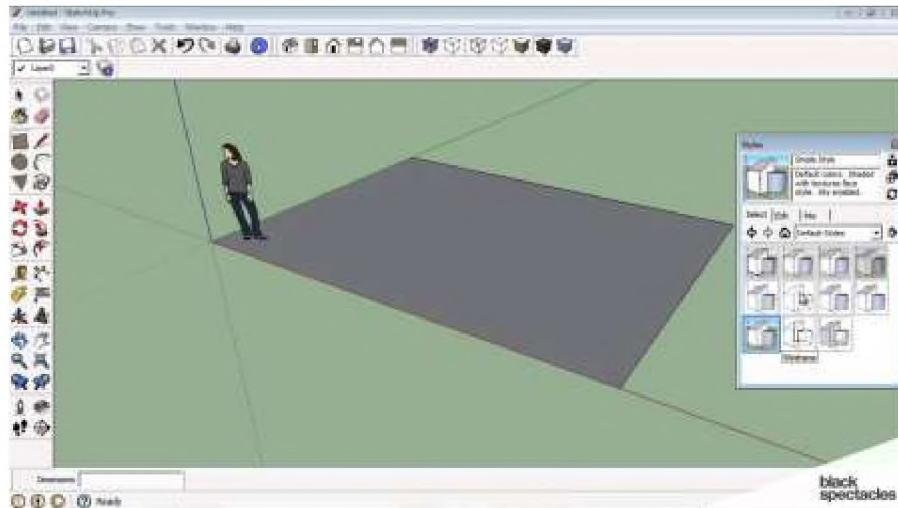


Рисунок 1.5 – Інтерфейс програми SketchUp

Blender є одним із найяскравіших представників безкоштовного і відкритого програмного забезпечення для 3D-моделювання [9]. На рисунку 1.6 показано інтерфейс програми Blender.

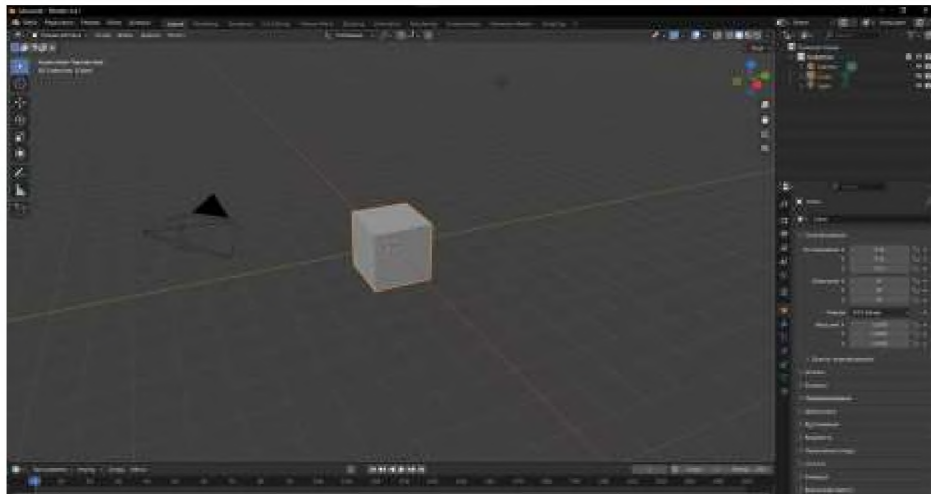


Рисунок 1.6 – Інтерфейс програми Blender

Його функціональність охоплює моделювання, скульптинг, текстурування, шейдинг, рендеринг (зокрема за допомогою вбудованого рушія Cycles), симуляції, анімацію, відеомонтаж і навіть створення ігор та інтерактивного контенту. Blender постійно розвивається завдяки великій спільноті розробників і ентузіастів. Він підтримує плагіни, має активну

документацію та безліч навчальних ресурсів. Завдяки відкритому коду і відсутності вартості ліцензії, Blender є надзвичайно привабливим для використання в освітніх установах, особливо там, де обмежене фінансування або відсутній доступ до дорогих комерційних рішень. Загальною тенденцією розвитку програмного забезпечення для 3D-графіки є інтеграція з іншими середовищами, зростання автоматизації процесів, використання штучного інтелекту для оптимізації моделювання, а також орієнтація на хмарні сервіси та спільну роботу в режимі онлайн. Важливою тенденцією є відкритість до користувацького розширення інструментів, використання скриптів та API, що дозволяє адаптувати ПЗ до конкретних задач. Основні характеристики кожного ПЗ представлено в таблиці^o 1.1.

Таблиця 1.1 – Порівняльна таблиця основних характеристик програмного забезпечення

Назва ПЗ	Ліцензія	Основний функціонал	Підтримка плагінів	Системні вимоги	Орієнтація
Blender	Безкоштовна	Повний набір для 3D-моделювання та VFX	Так	Середні	Універсальна
Autodesk Maya	Платна	Анімація, моделювання, VFX	Так	Високі	Кіно, ігри
Autodesk 3ds Max	Платна	Моделювання, рендеринг, архітектура	Так	Високі	Архітектура, ігри
Cinema 4D	Платна	Motion graphics, 3D-анімація	Так	Середні	Реклама, відео
ZBrush	Платна	Скульптинг високої деталізації	Обмежено	Середні	Ігри, персонажі
SketchUp	Умовно безкоштовна	Архітектура, просте моделювання	Так	Низькі	Дизайн, архітектура

Окремо варто відзначити розширення функціоналу безкоштовних рішень, зокрема Blender, який завдяки активній розробці вийшов на рівень професійних комерційних програм і часто їх перевершує в окремих аспектах.

1.3 Огляд можливостей Blender як інструменту для 3D-моделювання

Blender є одним із найпопулярніших інструментів для 3D-моделювання, який здобув широке визнання завдяки своїй універсальності, безкоштовності та відкритому вихідному коду. Програма підтримує повний цикл створення 3D-контенту, включаючи моделювання, текстурування, анімацію, рендеринг, симуляцію фізичних процесів і навіть монтаж відео. Інтерфейс Blender пропонує гнучке налаштування та широкий набір інструментів, що робить його придатним як для початківців, так і для професійних художників.

Історія Blender розпочалася у 1995 році, коли програму було розроблено в студії NeoGeo як внутрішній інструмент для 3D-графіки. Згодом її розвитком зайнялася компанія Not a Number (NaN), але справжній прорив стався у 2002 році, коли спільнота викупила код Blender і випустила його під ліцензією GNU GPL. Відтоді Blender активно оновлюється та вдосконалюється під егідою Blender Foundation, перетворившись із простого редактора на повноцінне середовище для 3D-моделювання, анімації, відеомонтажу та створення інтерактивного контенту.

Актуальні версії Blender включають інтерфейс нового покоління, сучасні рушії рендерингу та безліч професійних інструментів. Програма має модульну структуру, де кожен модуль відповідає за певну ділянку процесу 3D-виробництва. Моделювання в Blender може здійснюватися в режимі редагування (Edit Mode), який дозволяє точно керувати вершинами, ребрами та гранями полігональних об'єктів, а також у режимі скульптингу (Sculpt Mode), де користувач має змогу створювати складні органічні форми з високою деталізацією, використовуючи пензлі, динамічну топологію та мультидеталізацію (multiresolution). Це забезпечує гнучкість і широкий спектр можливостей для створення як технічних, так і художніх моделей.

Основні можливості моделювання включають створення полігональних моделей, скульптинг із високою деталізацією, роботу з кривими та NURBS-підходами.

Для текстурування Blender пропонує вбудовану систему матеріалів на основі вузлів, що дозволяє створювати складні шейдери без додаткових плагінів. Текстурування в Blender здійснюється за допомогою інструментів UV-розгортки (UV Mapping), які дають змогу проєктувати двовимірне зображення на поверхню 3D-об'єкта. Blender підтримує ручне розміщення UV-карт, автоматичні алгоритми розгортки та інтеграцію з програмами для цифрового малювання. У процесі шейдингу використовується нодовий редактор (Shader Editor), що дозволяє створювати складні матеріали шляхом візуального компонування вузлів. Це дає змогу поєднувати текстури, кольори, параметри освітлення та ефекти в одному потужному інструменті.

Система рендерингу в Blender включає два основні рушії: Cycles та Eevee. Cycles є фотореалістичним трасувальником променів (ray-tracing renderer), який забезпечує високоякісне зображення з фізично точним освітленням, глобальним освітленням та підтримкою GPU-прискорення. Eevee – це реальний рушій рендерингу (realtime renderer), що базується на сучасних технологіях відображення, таких як скрин-просторове відображення, PBR-матеріали та об'ємне освітлення, і дозволяє миттєво переглядати результати роботи без необхідності довгого рендерингу.

Анімаційні інструменти дозволяють створювати складні ригінги, симуляції руху та навіть процедурні анімації. Блок анімації в Blender дозволяє створювати як ключову (keyframe) анімацію, так і процедурну, використовуючи обмеження (constraints), драйвери (drivers), модифікатори та NLA-редактор. Також підтримується скелетна анімація (rigging) з автоматичним зважуванням (weight painting), що є необхідним для анімації персонажів. Крім того, Blender має вбудовані системи симуляції: тканини, рідини, газів, частинок, жорстких та м'яких тіл, що дозволяє створювати візуальні ефекти рівня кіноіндустрії.

Завдяки підтримці Python API, Blender є відкритим для розширення: користувачі можуть створювати власні інструменти, автоматизувати рутинні дії та розширювати функціональність за допомогою скриптів або плагінів.

Сотні готових надбудов доступні на офіційному сайті та в репозиторіях спільноти, включаючи інструменти для роботи зі штучним інтелектом, VR/AR, архітектурної візуалізації та імпорту з інших платформ.

Практичним підтвердженням широких можливостей Blender є численні професійні та аматорські проекти, реалізовані з його допомогою [10]. Серед них – відкриті анімаційні фільми студії Blender Animation Studio, такі як *Elephants Dream*, *Big Buck Bunny*, *Sintel*, *Tears of Steel* та *Sprite Fright*. Усі ці проекти створені повністю в Blender і є прикладом його здатності забезпечити повний цикл виробництва – від концепції до фінального рендеру. Крім того, Blender активно використовується в інді-іграх, архітектурній візуалізації, короткометражних фільмах і навіть у великих студіях як допоміжний інструмент.

Обмеження Blender, такі як відносно висока складність освоєння для новачків і потреба в потужному обладнанні для складних проєктів, компенсуються його універсальністю та відсутністю ліцензійних витрат. У контексті навчального процесу доцільність використання Blender є очевидною. Це безкоштовне і повнофункціональне середовище, яке не обмежує користувача у функціях і не потребує комерційної ліцензії. Його активна спільнота, багатий вибір навчальних матеріалів і постійне оновлення забезпечують підтримку як студентам-початківцям, так і викладачам. Усе це робить Blender ідеальним вибором для формування початкових навичок у сфері 3D-графіки, моделювання та анімації.

1.4 Роль 3D-моделювання в освітньому процесі

3D-моделювання відіграє важливу роль в освітньому процесі, сприяючи розвитку технічних, творчих і аналітичних навичок студентів. Тому займає все важливіше місце в освітньому процесі, виступаючи не лише як інструмент візуалізації, а й як засіб розвитку просторового мислення, творчих здібностей

та інженерного підходу до вирішення завдань. У сучасному навчанні дедалі більше уваги приділяється практичним навичкам, інтеграції технологій і міждисциплінарному підходу, і саме 3D-моделювання відповідає цим вимогам. Завдяки йому студенти отримують змогу створювати наочні цифрові моделі, які можуть використовуватись у різних предметних галузях – від математики й фізики до біології, архітектури, мистецтва та інженерії. Такі моделі допомагають краще зрозуміти структуру та принципи функціонування об'єктів, які важко чи неможливо дослідити у реальному житті, наприклад, будову атома, внутрішні механізми складних машин або архітектурні концепції.

Крім того, 3D-моделювання сприяє розвитку навичок логічного мислення, планування, послідовності дій, аналітичних здібностей, оскільки створення будь-якого об'єкта вимагає ретельного опрацювання його форми, пропорцій, деталей і взаємозв'язків. Воно також вчить працювати з технологіями, освоювати нове програмне забезпечення, адаптуватися до стрімких змін у цифровому середовищі. Завдяки роботі з 3D-моделями учні й студенти розвивають навички, що є затребуваними в сучасному ІТ-середовищі, зокрема в сферах дизайну, анімації, архітектурного проектування, віртуальної та доповненої реальності, геймдизайну, інженерії, робототехніки.

У педагогіці 3D-моделювання також відкриває нові можливості. Викладачі можуть створювати навчальні матеріали у вигляді моделей або симуляцій, що робить пояснення абстрактних понять більш зрозумілими і привабливими. Крім того, студенти можуть реалізовувати власні проекти, що підвищує мотивацію до навчання, формує навички командної роботи, критичного мислення та креативності. Залучення 3D-моделювання до STEM-освіти (наука, технології, інженерія, математика) дозволяє не лише урізноманітнити освітній процес, а й підготувати учнів до майбутньої професійної діяльності, де вміння візуалізувати ідеї та працювати з цифровими інструментами стає критично важливим.

Особливо актуальним 3D-моделювання є в умовах дистанційного та змішаного навчання. Воно дозволяє створювати віртуальні лабораторії, середовища для тренувань і симуляцій, які не потребують фізичної присутності в аудиторії, що робить освіту більш доступною та гнучкою. Таким чином, 3D-моделювання не лише підвищує якість навчання, а й робить його більш сучасним, практико-орієнтованим та відкритим до інновацій.

Актуальність включення 3D-моделювання в освіту підтверджується зростанням попиту на фахівців, які володіють цими навичками, а також потребою в сучасних підходах до навчання, що відповідають вимогам цифрової епохи. Розробка лабораторних робіт із чіткими вказівками є необхідною умовою для систематизації навчання та забезпечення практичного досвіду студентів.

Окремо слід відзначити роль 3D-принтерів, які у поєднанні з 3D-моделюванням відкривають новий рівень практичного навчання. 3D-друк дає змогу створювати прототипи, моделі та функціональні деталі, що сприяє поглибленому розумінню принципів конструювання та дизайну. Використання 3D-принтерів у навчальному процесі сприяє розвитку інженерного мислення, забезпечує міждисциплінарний зв'язок між проектуванням, математикою, фізикою, матеріалознавством та інформатикою. Крім того, це стимулює креативність і дозволяє реалізовувати власні ідеї в матеріальній формі, що підвищує інтерес до навчання. На рисунку^о 1.7 зображено перший у світі 3D-принтер, який створив Чак Халл у 1983 році.



Рисунок 1.7 – SLA-1 перший 3D-принтер

3D-принтери також сприяють розвитку навичок логічного мислення, планування та послідовності дій, оскільки створення об'єкта вимагає ретельного проектування, врахування матеріалів, пропорцій і технічних обмежень принтера. Студенти вчаться працювати з програмним забезпеченням для 3D-моделювання, таким як Blender, Tinkercad чи Fusion 360, а також освоюють принципи підготовки моделей до друку, включно з налаштуванням параметрів друку та вибором матеріалів. Цей процес розвиває аналітичні здібності та вміння адаптуватися до технологічних змін.

Актуальність включення 3D-моделювання та 3D-друку в освіту підтверджується зростанням попиту на фахівців із цими навичками. За даними звітів, ринок 3D-друку стрімко зростає, і такі вміння стають дедалі більш затребуваними в інженерії, архітектурі, медицині та промисловому дизайні. На рисунку 1.8 зображений приклад сучасного 3D-принтеру.



Рисунок 1.8 – Сучасний 3D-принтер

Таким чином, інтеграція 3D-моделювання та 3D-друку в освіту не лише підвищує якість навчання, але й готує студентів до роботи в цифровій епісі, де вміння створювати та реалізовувати ідеї за допомогою сучасних технологій є критично важливим.

РОЗДІЛ 2

ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ВИМОГ ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ ІЗ 3D-МОДЕЛЮВАННЯ

2.1 Аналіз потреб цільової аудиторії

Аналіз потреб цільової аудиторії є ключовим етапом у процесі створення навчальних матеріалів, зокрема лабораторних робіт з моделювання 3D-об'єктів і сцен у Blender. Основною цільовою аудиторією є студенти, які здобувають освіту за спеціальностями, пов'язаними з інформаційними технологіями, комп'ютерною графікою, дизайном або іншими суміжними дисциплінами. Рівень їхньої підготовки на момент початку вивчення дисципліни зазвичай оцінюється як початковий або середній. Більшість студентів мають загальне уявлення про тривимірне моделювання, отримане з теоретичних курсів або самостійного ознайомлення, однак не володіють практичними навичками роботи з професійними інструментами, такими як Blender. У зв'язку з цим навчальні матеріали повинні бути адаптовані для користувачів-початківців, які вперше знайомляться з інтерфейсом програми, її базовими інструментами та основними концепціями 3D-графіки.

Зміст лабораторних робіт має відповідати освітнім цілям, які включають формування практичних навичок моделювання, розуміння принципів роботи з 3D-графікою, розвиток творчого мислення та підготовку до виконання реальних проєктів у професійній діяльності [11]. Для початківців завдання повинні бути структурованими, з чіткими покроковими інструкціями, які охоплюють базові операції, такі як створення примітивних об'єктів (куб, сфера, циліндр), їх трансформація (переміщення, масштабування, обертання) та базове текстурування. Водночас важливо враховувати, що студенти можуть мати різний рівень комп'ютерної грамотності, тому завдання мають бути доступними, але водночас сприяти поступовому розвитку навичок.

Ефективне навчання 3D-моделюванню передбачає поступове ускладнення завдань, що дозволяє студентам закріплювати технічні навички та поглиблювати розуміння принципів побудови тривимірних сцен. Зміст лабораторних робіт має бути ретельно збалансованим: охоплювати основні етапи створення 3D-об'єктів, від простих до складніших, забезпечуючи послідовне формування компетенцій. Для наочної ілюстрації етапів формування навичок 3D-моделювання наведено таблицю 2.1, яка описує послідовність завдань та їхні цілі.

Таблиця 2.1 – Етапи формування навичок 3D-моделювання в лабораторних роботах.

Етап	Опис	Навички, що формуються	Приклади завдань
Ознайомлення з інтерфейсом	Вивчення інтерфейсу Blender, базових інструментів і принципів роботи з 3D-простором.	Навігація в 3D Viewport, використання гарячих клавіш, створення примітивних об'єктів.	Створення куба, сфери, циліндра; трансформація об'єктів (переміщення, масштабування, обертання).
Моделювання простих об'єктів	Створення простих 3D-об'єктів із використанням базових інструментів моделювання.	Робота з мешами, екструзія, різання, об'єднання геометрії, базове текстурування.	Моделювання столу, стільця, лампи; додавання простих матеріалів.
Створення архітектурних сцен	Розробка складніших сцен, що включають кілька об'єктів, освітлення та текстури.	Просторова композиція, робота з матеріалами, налаштування освітлення та камер.	Створення інтер'єру кімнати, екстер'єру будинку; налаштування реалістичного освітлення.
Базова анімація та рендеринг	Вивчення основ анімації та фінального рендерингу сцен.	Робота з ключовими кадрами, часовою шкалою, базові симуляції, рендеринг.	Анімація руху об'єкта (наприклад, обертання куба); рендеринг сцени з камерою.

Обґрунтування вибору тем лабораторних робіт базується на поєднанні навчальних цілей дисципліни з актуальними вимогами сучасного ринку праці. Навички 3D-моделювання є затребуваними в багатьох галузях, включаючи

розробку ігор, анімацію, архітектурну візуалізацію, дизайн продуктів і створення контенту для віртуальної реальності. Таким чином, тематика лабораторних робіт має бути орієнтована на формування універсальних навичок, які студенти зможуть застосовувати у професійній діяльності. Наприклад, моделювання простих об'єктів, таких як меблі чи техніка, дозволяє опанувати базові інструменти та принципи роботи з геометрією, тоді як створення архітектурних сцен розвиває уявлення про просторову композицію, роботу з камерами та освітленням. Знайомство з анімацією, наприклад, створення руху об'єктів або простих фізичних симуляцій, формує навички динамічного представлення контенту, що є важливим для створення інтерактивних проєктів.

Вибір тематики лабораторних робіт ґрунтується на аналізі сучасних вимог до 3D-моделювання та потреб студентів. Тематика має бути різноманітною, щоб охопити основні аспекти роботи в Blender: створення статичних об'єктів (меблі, техніка, предмети побуту), архітектурних сцен (інтер'єри, екстер'єри), а також базової анімації (рух об'єктів, прості симуляції, такі як падіння чи обертання). Такий підхід дозволяє студентам отримати комплексне уявлення про можливості Blender та підготуватися до виконання реальних проєктів. Наприклад, створення простих об'єктів, таких як стіл чи лампа, допомагає опанувати інструменти моделювання та базові принципи роботи з мешами. Водночас завдання, пов'язані з архітектурною візуалізацією, сприяють розвитку навичок роботи з матеріалами, текстурями та налаштуванням рендерингу, що є важливим для створення реалістичних сцен. Включення анімаційних завдань, таких як створення руху камери або об'єктів, дозволяє студентам ознайомитися з часовою шкалою (Timeline) та основами роботи з ключовими кадрами (Keyframes).

Окрім цього, важливо враховувати мотиваційний аспект. Тематика лабораторних робіт має бути цікавою та актуальною для студентів, щоб підтримувати їхню зацікавленість у навчанні. Наприклад, створення об'єктів, які можуть бути використані в ігрових проєктах (персонажі, зброя, елементи

ландшафту), або моделювання сцен, що імітують реальні архітектурні об'єкти, може підвищити залученість студентів. Крім того, завдання повинні передбачати певний рівень творчої свободи, що дозволяє студентам експериментувати з дизайном і підходами до моделювання, розвиваючи їхню креативність.

Для забезпечення ефективного навчання важливо також враховувати технічні аспекти. Наприклад, Blender є програмою з відкритим кодом, що робить її доступною для всіх студентів, але водночас вимагає певних апаратних ресурсів для комфортної роботи, особливо при рендерингу складних сцен. Тому завдання мають бути оптимізованими, щоб студенти могли виконувати їх на комп'ютерах середньої потужності.

Таким чином, аналіз потреб цільової аудиторії дозволяє сформулювати чіткі вимоги до змісту лабораторних робіт. Вони мають бути структурованими, послідовними, орієнтованими на поступове ускладнення завдань і враховувати як технічні, так і творчі аспекти 3D-моделювання. Такий підхід забезпечує ефективне засвоєння матеріалу, формування практичних навичок і підготовку студентів до професійної діяльності в галузі комп'ютерної графіки.

2.2 Розробка структури лабораторних робіт

Розробка структури лабораторних робіт з моделювання 3D об'єктів і сцен у Blender є ключовим етапом створення вказівок до навчальних занять, що розширюють можливості дисципліни «Технологія 3D моделювання», яка входить до освітньо-професійної програми «Інформаційні управляючі системи» (спеціальність 126 «Інформаційні системи та технології») [31]. Метою цього підрозділу є систематизація процесу створення лабораторних робіт, що забезпечує послідовне засвоєння студентами теоретичних знань і практичних навичок роботи з програмним середовищем Blender. Структура розроблена з урахуванням вимог силябусу дисципліни [11], зокрема

програмних результатів навчання ПР 3, ПР 5 і ПР 6, які передбачають оволодіння навичками програмування, створення інформаційних систем і використання спеціалізованих комп'ютерних середовищ. Процес розробки охоплює три основні аспекти: визначення цілей і завдань кожної лабораторної роботи, вибір типів 3D об'єктів і сцен для моделювання, а також формулювання вимог до результатів виконання. Це дозволяє сформулювати цілісний підхід до навчання, що поєднує теоретичну базу та практичну діяльність.

Для забезпечення ефективності навчального процесу структура лабораторних робіт побудована на принципах поступового ускладнення завдань. На рис. 2.1 представлено схему етапів розробки структури лабораторних робіт, що ілюструє логічну послідовність процесу.

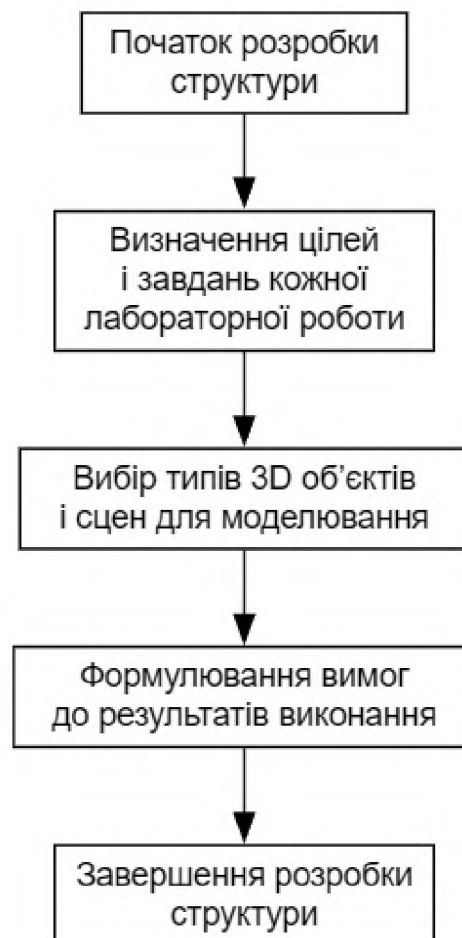


Рисунок 2.1 – Етапи розробки структури лабораторних робіт

Це відповідає методичним засадам дисципліни та дозволяє студентам поступово переходити від базових понять до складніших технік моделювання. Розроблені у рамках цієї кваліфікаційної роботи три лабораторні роботи – «Вступ до Blender: Основи інтерфейсу, навігації та праці з об'єктами», «Моделювання простого об'єкта (чашка) в Blender» і «Модифікація об'єктів у графічному редакторі Blender» – розроблені таким чином, щоб охопити ключові аспекти 3D моделювання, від знайомства з інтерфейсом до деталізації об'єктів.

Визначення цілей і завдань є першим кроком у розробці структури лабораторних робіт. Цей етап спрямований на забезпечення відповідності навчальних завдань цілям дисципліни «Технологія 3D моделювання», зокрема формуванню у студентів практичних навичок роботи з програмним середовищем Blender. Цілі розроблено з урахуванням поступового ускладнення матеріалу, що дозволяє студентам системно засвоювати знання та вміння. Кожна лабораторна робота має чітко визначені цілі та завдання, які відповідають програмним результатам навчання, зазначеним у силабусі.

Цілі лабораторної роботи 1 «Вступ до Blender: Основи інтерфейсу, навігації та праці з об'єктами»:

- ознайомити студентів з інтерфейсом Blender, основними панелями інструментів і принципами навігації у 3D-просторі;
- навчити створювати, редагувати та трансформувати базові об'єкти, такі як куб, сфера та циліндр;
- сформувати навички використання гарячих клавіш і базових команд для ефективної роботи в середовищі.

Цілі лабораторної роботи 2 «Моделювання простого об'єкта (чашка) в Blender»:

- освоїти базові техніки моделювання, включаючи екструзію, масштабування та обертання;
- навчити застосовувати модифікатори для створення об'єктів із заданими геометричними параметрами;

– розвинути вміння аналізувати етапи моделювання та документувати процес створення моделі.

Цілі лабораторної роботи 3 «Модифікація об'єктів у графічному редакторі Blender»:

– ознайомити студентів з інструментами редагування сітки об'єктів, такими як виділення вершин, ребер і граней;

– навчити застосовувати модифікатори та техніки скульптингу для деталізації моделей;

– сформуванати навички оптимізації 3D моделей для використання у проєктах візуалізації.

На рисунку 2.2 представлено схему цілей і завдань лабораторних робіт, що ілюструє їх зв'язок із програмними результатами навчання дисципліни.



Рисунок 2.2 – Цілі та завдання лабораторних робіт

Вибір типів 3D об'єктів і сцен для моделювання здійснювався з урахуванням цілей дисципліни та необхідності поступового ускладнення завдань. Це дозволяє студентам опанувати базові принципи 3D моделювання, а потім перейти до складніших технік. У процесі розробки структури лабораторних робіт визначено такі типи об'єктів і сцен:

а) прості об'єкти: у лабораторній роботі 1 студенти працюють із базовими примітивами, такими як куб, сфера та циліндр; це допомагає зрозуміти принципи створення, переміщення, масштабування та обертання об'єктів у 3D-просторі;

б) моделювання об'єктів побутового призначення: у лабораторній роботі 2 розглядається створення чашки як приклад об'єкта з чіткими геометричними формами; це завдання вимагає застосування базових технік моделювання, таких як екструзія та модифікатори;

в) модифікація та деталізація об'єктів: у лабораторній роботі 3 студенти працюють над редагуванням сітки об'єктів, застосовуючи модифікатори та техніки скульптингу; це дозволяє підвищити складність моделей і підготувати їх до практичного використання.

Такий підхід до вибору об'єктів і сцен забезпечує логічну послідовність у навчанні. Прості об'єкти допомагають студентам ознайомитися з базовими інструментами Blender, моделювання чашки формує навички роботи з геометричними формами, а модифікація об'єктів розвиває вміння деталізації та оптимізації. На рисунку 2.3 зображено приклад моделі чашки, створеної у лабораторній роботі 2, що ілюструє застосування базових технік моделювання.

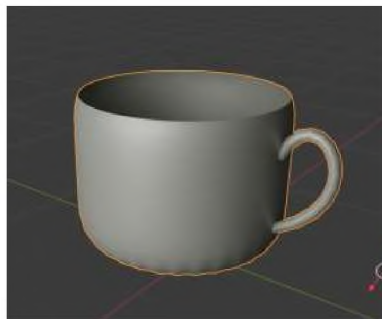


Рисунок 2.3 – Модель чашки у Blender

Вимоги до результатів виконання лабораторних робіт сформульовано з урахуванням критеріїв оцінювання, визначених у додатку до силабусу дисципліни «Технологія 3D моделювання» [11]. Вони спрямовані на те, щоб студенти могли продемонструвати досягнення програмних результатів навчання, зокрема вміння працювати з програмним середовищем, створювати та редагувати 3D моделі, а також логічно презентувати результати. Вимоги до

кожної лабораторної роботи розроблено таким чином, щоб оцінити як практичні навички, так і здатність студентів документувати процес виконання.

Результати виконання лабораторної роботи 1 «Вступ до Blender: Основи інтерфейсу, навігації та праці з об'єктами»:

- звіт в електронному вигляді, що містить скріншоти інтерфейсу Blender, приклади створених базових об'єктів (куб, сфера, циліндр);
- короткий опис виконаних операцій, таких як переміщення, масштабування та обертання;
- демонстрація використання щонайменше трьох гарячих клавіш для навігації та редагування.

Результати виконання лабораторної роботи 2 «Моделювання простого об'єкта (чашка) в Blender»:

- створена 3D модель чашки, збережена у форматі .blend, із застосуванням щонайменше двох модифікаторів, таких як Subdivision Surface і Solidify;
- звіт в електронному вигляді з описом етапів моделювання, включаючи скріншоти ключових кроків;
- пояснення вибору інструментів і технік моделювання.

Результати виконання лабораторної роботи 3 «Модифікація об'єктів у графічному редакторі Blender»:

- модифікована 3D модель із деталізацією сітки, із застосуванням щонайменше одного модифікатора (наприклад, Bevel) і техніки скульптингу;
- звіт в електронному вигляді, що містить пояснення використаних інструментів і скріншоти результатів;
- демонстрація оптимізації моделі для зменшення кількості полігонів без втрати якості.

Ці вимоги відповідають критеріям оцінювання, зазначеним у силабусі, зокрема щодо глибоких і системних знань, уміння самостійно оцінювати результати та презентувати їх у логічній послідовності. У додатку А представлено приклад звіту з лабораторної роботи, що ілюструє структуру

документа та розміщення скріншотів. Розроблена структура лабораторних робіт і вимоги до їх виконання дозволяють студентам не лише засвоїти практичні навички моделювання у Blender, а й розвинути soft skills, такі як тайм-менеджмент, логічне мислення та вміння презентувати власні ідеї, що відповідає цілям дисципліни [5, 32]. Це забезпечує підготовку фахівців, здатних ефективно застосовувати технології 3D моделювання у професійній діяльності.

2.3 Методика створення лабораторних робіт у Blender

Методика створення лабораторних робіт у Blender базується на поетапному підході, який забезпечує послідовне засвоєння студентами ключових навичок 3D-моделювання, включаючи моделювання об'єктів, текстурювання, налаштування освітлення та основи анімації. Кожна лабораторна робота розробляється з урахуванням рівня підготовки студентів, їхніх потреб і дидактичних цілей, що відповідають навчальній програмі. Цей підхід передбачає чітку структуру завдань, яка охоплює всі основні аспекти роботи в Blender, від базового ознайомлення з програмою до створення складних сцен і анімацій. Методика спрямована на формування як технічних навичок, так і творчого мислення, що дозволяє студентам застосовувати отримані знання у професійній діяльності. Крім того, методика включає елементи самооцінювання та взаємооцінювання: після виконання роботи студенти оцінюють свою модель за визначеними критеріями (точність, охайність сітки, відповідність завданню, якість текстурювання та рендерингу) або демонструють результати в міні-презентації. Це сприяє розвитку критичного мислення та вмінню презентувати власні проєкти. Основні етапи методики наведено на рис. 2.4.



Рисунок 2.4 – Основні етапи методики створення лабораторних робіт

Етап моделювання є основою кожної лабораторної роботи, оскільки він закладає фундамент для створення 3D-об'єктів. На цьому етапі студенти вчаться створювати моделі, починаючи з базових геометричних форм (куб, сфера, циліндр, конус), і поступово переходять до складніших об'єктів. Вони опановують інструменти редагування вершин, ребер і граней у режимі редагування (Edit Mode), а також застосовують модифікатори для зміни структури об'єктів. Наприклад, для створення моделі стола студенти починають із куба, додають петлі для деталізації ніжок і стільниці за допомогою інструменту петельного різання (Loop Cut), а потім застосовують модифікатор Subdivision Surface для згладжування поверхонь. Процес моделювання показано на рис. 2.5 (ілюстрація кроків створення моделі стола з використанням куба, петельного різання та модифікатора Subdivision Surface).

Для складніших об'єктів, таких як техніка чи декоративні елементи, використовуються модифікатори Boolean для створення отворів або складних форм, а також Bevel для додавання закруглених країв. Цей етап включає також ознайомлення з основами топології, що дозволяє створювати оптимізовані моделі з мінімальною кількістю полігонів, що є важливим для ефективного рендерингу та використання в ігрових двигунах.



Рисунок 2.5 – Ілюстрація кроків створення моделі стола в Blender

Етап текстурювання фокусується на створенні реалістичних матеріалів для 3D-об'єктів. Студенти вчаться працювати з UV-розгорткою, яка дозволяє коректно накладати текстури на модель без спотворень. У Shader Editor вони опановують створення матеріалів, використовуючи ноди, такі як Diffuse BSDF для простих поверхонь, Glossy BSDF для блискучих матеріалів або Principled BSDF для універсального налаштування складних текстур (наприклад, дерева, металу чи скла). Наприклад, для текстурювання моделі чашки студенти можуть

створити матеріал кераміки, додавши текстуру з глянцеvim ефектом, або дерев'яну текстуру для моделі стола з відповідними налаштуваннями шорсткості та блиску. Процес текстурування зображено на рис. 2.6. Цей етап також включає роботу з текстурними картами (нормалі, шорсткості, металу), що додають деталізації та реалістичності. Для початківців завдання обмежуються базовими матеріалами, тоді як студенти середнього рівня можуть експериментувати з процедурними текстурами, створеними безпосередньо в Blender без зовнішніх зображень.



Рисунок 2.6 – Процес текстурування моделі в Blender

Етап освітлення передбачає вивчення принципів налаштування джерел світла для створення реалістичної атмосфери в сцені. Студенти вчаться розміщувати джерела світла, такі як Point Light (точкове світло), Sun Light (сонячне світло), Area Light (площинне світло), а також використовувати HDRI-карти для створення природного фонового освітлення. Наприклад, для

моделювання інтер'єру кімнати студенти можуть розмістити точкове світло, що імітує лампу, і налаштувати його інтенсивність і колір для створення теплового або холодного ефекту. Налаштування освітлення показано на рис. 2.7. Вони також вчаться працювати з налаштуваннями тіней, щоб уникнути надмірного затемнення чи пересвітлення. Для складніших сцен використовується комбінація кількох джерел світла та HDRI, що забезпечує реалістичне відображення та рефлексії на поверхнях об'єктів. Цей етап допомагає студентам зрозуміти, як освітлення впливає на сприйняття сцени та її настрій.



Рисунок 2.7 – Налаштування освітлення в Blender

Етап анімації вводиться для студентів, які вже опанували базові навички моделювання та текстурування. На цьому етапі студенти вчаться працювати з часовою шкалою (Timeline) і ключовими кадрами (Keyframes) для створення руху об'єктів або камери. Наприклад, завдання може полягати в створенні

анімації обертання куба або переміщення камери навколо сцени для створення кінематографічного ефекту. Процес анімації зображено на рис. 2.8 (ілюстрація ключових кадрів на часовій шкалі для створення обертання куба). Для складніших проєктів студенти можуть ознайомитися з використанням Armature (кісткової системи) для анімації персонажів або базовими фізичними симуляціями, такими як падіння об'єкта чи рух тканини. Робота з Graph Editor дозволяє студентам налаштувати плавність анімації, коригуючи криві руху. Цей етап сприяє розвитку розуміння динаміки сцени та підготовці до створення контенту для анімаційних чи ігрових проєктів.



Рисунок 2.8 – Процес анімації обертання куба в Blender

Для виконання завдань обираються інструменти та техніки, які є найбільш універсальними та ефективними в Blender. Наприклад, для моделювання складних форм використовуються модифікатори Boolean для

створення отворів або комбінацій об'єктів, Mirror для симетричного моделювання, а Bevel для додавання реалістичних країв. Для текстурювання перевага надається нодам Principled BSDF, які дозволяють створювати універсальні матеріали з мінімальними зусиллями. Для анімації використовуються інструменти Timeline і Graph Editor, які забезпечують точне налаштування руху. Вибір технік залежить від рівня складності завдання: для початківців акцент робиться на базові інструменти, такі як екструзія, масштабування та прості шейдери, тоді як для просунутих студентів додаються складніші техніки, такі як використання Armature для анімації персонажів або створення процедурних текстур.

Для полегшення сприйняття та засвоєння матеріалу кожна лабораторна робота супроводжується детальними покроковими інструкціями та прикладами практичних завдань. Інструкції структуровані таким чином, щоб студенти могли виконувати завдання самостійно, але з чітким розумінням кожного кроку. Кожна лабораторна робота також включає рекомендації щодо оптимізації моделей, що є важливим для професійного моделювання. Наприклад, студенти вчаться уникати надмірної кількості полігонів, перевіряти топологію моделі (щоб не було "нечистих" граней чи вершин) і оптимізувати текстури для зменшення обсягу обчислень під час рендерингу. Для анімаційних завдань надаються поради щодо правильного розміщення ключових кадрів і використання спрощених траєкторій руху для зменшення складності.

2.4 Експериментальна перевірка розроблених завдань

Методика тестування лабораторних робіт передбачає їх апробацію на групі студентів. Тестування проводиться в умовах навчального процесу, де студенти виконують завдання відповідно до наданих інструкцій. Методика включає кілька етапів: ознайомлення студентів із завданнями, виконання робіт

у Blender, оцінка результатів за визначеними критеріями (точність моделі, якість текстур, правильність налаштування сцени). Також враховувались час виконання та наявність помилок при використанні інструментів Blender.

Аналіз результатів виконання завдань дозволяє оцінити ефективність лабораторних робіт. Наприклад, якщо більшість студентів початкового рівня успішно виконують завдання з моделювання простих об'єктів, це свідчить про відповідність інструкцій їхнім навичкам. У разі виявлення труднощів (наприклад, із розумінням UV-розгортки) інструкції коригуються, додаються пояснення або спрощуються етапи. Результати студентів середнього рівня аналізуються за якістю композиції сцени та креативністю підходу до виконання.

Висновки щодо ефективності запропонованих завдань базуються на зібраних даних. Якщо завдання сприяють формуванню навичок моделювання, текстурування та анімації, а студенти демонструють прогрес у роботі з Blender, лабораторні роботи вважаються ефективними.

На основі аналізу результатів встановлено, що більшість студентів успішно справились із початковими та середніми за складністю завданнями. Найбільше труднощів виникало на етапах текстурування та освітлення, що свідчить про необхідність надання додаткових візуальних прикладів і пояснень. Проте загальні результати свідчать про те, що методика та структура лабораторних робіт є ефективними для формування основних практичних навичок у сфері 3D-моделювання.

Таким чином, запропоновані лабораторні роботи, побудовані на послідовному ускладненні завдань, охоплюють основні аспекти моделювання в Blender, відповідають потребам початкового та середнього рівня підготовки студентів та є ефективним інструментом навчання.

РОЗДІЛ 3

РОЗРОБКА ВКАЗІВОК ДО ЛАБОРАТОРНИХ РОБІТ

3.1 Структура методичних вказівок відповідно до вимог нормативних документів

Методичні вказівки до лабораторних робіт є складовою комплексу навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни (КНМЗНД), що забезпечує формування практичних навичок студентів у процесі виконання завдань [12]. У контексті розробки вказівок до лабораторних робіт з моделювання 3D-об'єктів і сцен у Blender структура методичних вказівок відповідає вимогам Положення про комплекс навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни Полтавського державного аграрного університету [32]. Ці вимоги гарантують логічну послідовність, наукову обґрунтованість і практичну спрямованість матеріалів, що сприяє ефективному засвоєнню студентами знань і вмінь. У цьому підрозділі розглядається структура методичних вказівок, розроблених для лабораторних робіт з моделювання 3D-об'єктів, а також описуються їх основні компоненти та вимоги до оформлення.

Відповідно до Положення, методичні вказівки до лабораторних робіт повинні включати низку обов'язкових складових, які забезпечують цілісність навчального процесу та досягнення результатів навчання, передбачених робочою програмою навчальної дисципліни (РПНД) [12]. До таких складових належать: назва теми, мета та завдання лабораторної роботи, методи навчання, перелік обладнання, теоретичний коментар, порядок і методика виконання, вимоги до оформлення звіту, а також рекомендовані джерела інформації. Кожен компонент відіграє важливу роль у формуванні практичних компетентностей студентів, зокрема вміння працювати з програмним забезпеченням Blender для створення 3D-моделей. Загальна структура методичних вказівок зображена на рис. 3.1.

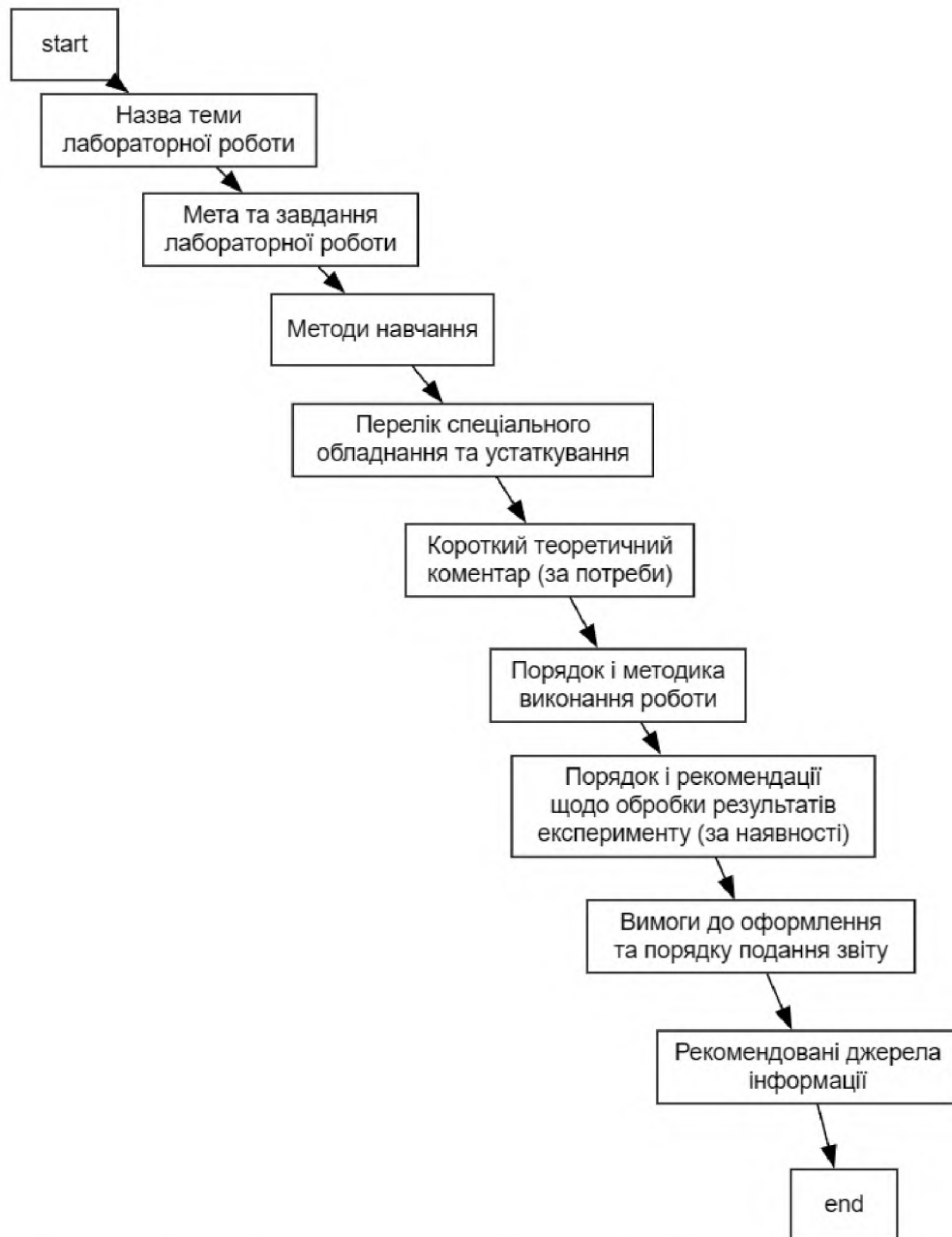


Рисунок 3.1 – Структура методичних вказівок до лабораторних робіт

Назва теми лабораторної роботи є першим елементом, який чітко визначає зміст заняття та його місце в навчальній програмі. Назви лабораторних робіт, таких як «Вступ до Blender: Основи інтерфейсу, навігації та роботи з об'єктами» або «Моделювання простого об'єкта (чашка) в Blender», сформульовані стисло, конкретно та відповідно до тем, визначених у РПНД. Це дозволяє студентам одразу зрозуміти мету заняття та його практичну спрямованість.

Мета та завдання лабораторної роботи формулюються з використанням дієслів у неозначеній формі, наприклад, «опанувати», «створити», «модифікувати», що забезпечує чіткість і однозначність. Мета відображає загальну спрямованість заняття, наприклад, набуття навичок навігації в інтерфейсі Blender чи створення 3D-моделі чашки. Завдання деталізують етапи досягнення мети, такі як налаштування робочого простору, створення базової геометрії чи застосування модифікаторів. Чітке формулювання мети та завдань сприяє формуванню у студентів розуміння очікуваних результатів навчання.

Методи навчання визначають підходи до виконання лабораторної роботи. Для робіт із моделювання в Blender доцільно застосовувати ілюстративні, частково-пошукові та дослідницькі методи. Наприклад, у лабораторній роботі «Вступ до Blender» використовується ілюстративний метод для ознайомлення з інтерфейсом, тоді як у «Моделюванні чашки» – частково-пошуковий метод, що передбачає самостійне виконання завдань за наданими інструкціями з можливістю експериментування.

Перелік спеціального обладнання та устаткування включає апаратне та програмне забезпечення, необхідне для виконання робіт. Для всіх трьох лабораторних робіт основним інструментом є комп'ютер із встановленою актуальною версією Blender (наприклад, Blender 3.6 або новіша). Додатково можуть використовуватися графічні редактори (наприклад, GIMP) для створення текстур у лабораторній роботі з модифікації об'єктів. Перелік обладнання має бути детальним, із зазначенням мінімальних системних вимог, що забезпечує відтворюваність умов роботи.

Короткий теоретичний коментар (за потреби) надає студентам необхідну теоретичну базу. Наприклад, для лабораторної роботи «Вступ до Blender» коментар включає опис основних елементів інтерфейсу, таких як 3D Viewport, Outliner і Properties, а також принципи навігації. Для «Моделювання чашки» коментар охоплює основи полігонального моделювання та інструменти

екструзії. Обсяг коментаря є лаконічним, щоб уникнути дублювання лекційного матеріалу, але достатнім для розуміння контексту завдання.

Порядок і методика виконання лабораторної роботи є центральним елементом методичних вказівок, що містить покрокові інструкції. Наприклад, для лабораторної роботи «Моделювання чашки» методика включає етапи створення циліндра, застосування екструзії для формування стінок, додавання ручки та згладжування моделі за допомогою модифікатора Subdivision Surface. Інструкції супроводжуються скриншотами інтерфейсу Blender, що полегшують виконання завдань. У таблиці 3.1 наведено приклад структури методики виконання для лабораторної роботи «Моделювання чашки».

Таблиця 3.1 – Приклад структури методики виконання лабораторної роботи «Моделювання чашки»

Етап	Опис дій	Очікуваний результат
1	Створення базового циліндра	Циліндрична основа чашки
2	Застосування екструзії для стінок	Формування корпусу чашки
3	Додавання ручки через екструзію петель	Чашка з ручкою
4	Застосування модифікатора Subdivision Surface	Згладжена 3D-модель чашки

Порядок і рекомендації щодо обробки результатів експерименту (за наявності) включають інструкції щодо аналізу отриманих моделей. Наприклад, студенти можуть оцінювати якість геометрії моделі (відсутність артефактів, правильність топології) або перевіряти відповідність моделі заданим параметрам. Цей елемент сприяє розвитку аналітичних навичок.

Вимоги до оформлення та порядку подання звіту визначають структуру звіту, яка включає титульну сторінку, опис виконаних дій, скриншоти ключових етапів і висновки. Звіт має бути оформлений відповідно до вимог, наведених у файлі «Вимоги1», зокрема з використанням шрифту Times New Roman, розмір 14, міжрядковий інтервал 1,5.

Рекомендовані джерела інформації включають офіційну документацію Blender, навчальні посібники та онлайн-ресурси, наприклад, Blender Manual

або відеоуроки на платформі Blender Foundation. Джерела мають бути актуальними та відповідати тематиці лабораторних робіт.

Таким чином, структура методичних вказівок до лабораторних робіт із моделювання 3D-об'єктів у Blender відповідає нормативним вимогам і забезпечує послідовне та ефективне виконання завдань студентами. Чітка організація компонентів, ілюстративні матеріали та практична спрямованість сприяють формуванню професійних компетентностей зі спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології».

3.2 Розробка практичної частини завдань для лабораторних робіт

Розробка практичної частини завдань для лабораторних робіт із моделювання 3D-об'єктів і сцен у Blender спрямована на формування у студентів практичних навичок роботи з програмним забезпеченням, а також розуміння основ 3D-графіки. Завдання розроблені для трьох лабораторних робіт, які відповідають темам дисципліни «Технологія 3D моделювання» та враховують вимоги силабусу [11, 32]. Кожне завдання включає чіткі інструкції, ілюстрації етапів виконання (скріншоти з Blender) та рекомендації щодо оцінювання виконаних робіт, що відповідають критеріям, наведеним у силабусі для денної та заочної форм навчання. У цьому підрозділі детально описано завдання для лабораторних робіт «Вступ до Blender: Основи інтерфейсу, навігації та роботи з об'єктами», «Моделювання простого об'єкта (чашка) в Blender» і «Модифікація об'єктів у графічному редакторі Blender», а також надано рекомендації щодо їх оцінювання.

Лабораторна робота №1: «Вступ до Blender: Основи інтерфейсу, навігації та роботи з об'єктами».

Мета завдання: ознайомити студентів з інтерфейсом Blender, основними інструментами навігації у 3D-просторі та базовими операціями з об'єктами (переміщення, масштабування, обертання).

Опис завдання: студенти створюють сцену, що містить три куби, розташовані в різних позиціях із різними розмірами та кутами обертання. Завдання включає такі етапи:

1. Запуск Blender, видалення стандартного куба та додавання нового куба (Shift+A → Сіть → Куб).
2. Навігація у 3D Viewport за допомогою миші (обертання – СКМ, масштабування – коліщатко, переміщення – Shift+СКМ).
3. Маніпуляції з першим кубом: переміщення (G), масштабування (S), обертання (R).
4. Додавання двох додаткових кубів із різними параметрами позиції, розміру та обертання (рис. 3.2).
5. Перевірка сцени в Outliner та перейменування об'єктів (наприклад, Cube1, Cube2, Cube3).

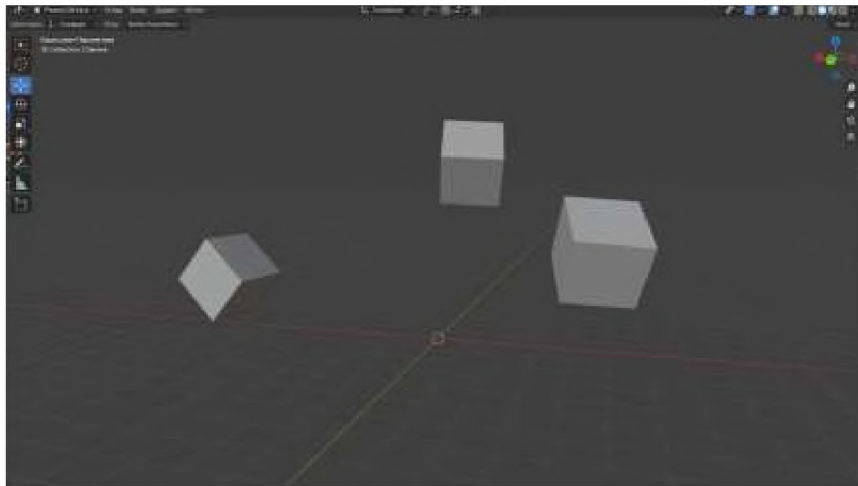


Рисунок 3.2 – Сцена з трьома кубами в Blender

Ілюстрації етапів виконання: скриншоти включають вигляд інтерфейсу Blender із позначенням основних елементів (3D Viewport, Toolbar, Outliner), процес додавання куба, навігацію та кінцевий результат сцени.

Рекомендації щодо оцінювання: відповідно до силабусу, для денної форми навчання завдання оцінюється за шкалою 0–5 балів. Критерії:

– 5 балів: студент створив сцену з трьома кубами, правильно виконав усі маніпуляції, перейменував об'єкти в Outliner, продемонстрував глибоке розуміння інтерфейсу та навігації.

– 4 бали: виконано всі завдання, але є незначні помилки (наприклад, неточне розташування кубів).

– 3 бали: виконано основні завдання, але є недоліки в навігації чи перейменуванні об'єктів.

– 2 бали: виконано лише частину завдання, є значні помилки.

– 0–1 бал: завдання не виконано або виконано з суттєвими помилками.

Для заочної форми максимальна оцінка становить 10 балів, з аналогічними критеріями, але з більшим акцентом на самостійність (9–10 балів за системне виконання, 7–8 балів за стандартне виконання).

Лабораторна робота №2: «Моделювання простого об'єкта (чашка) в Blender».

Мета завдання: освоїти базові інструменти моделювання (Extrude, Loop Cut, Bezier Curve), створити UV-розгортку та застосувати матеріали для моделі чашки.

Опис завдання: студенти створюють 3D-модель чашки з ручкою, застосовуючи текстуру та базове освітлення. Етапи виконання:

1. Створення базової форми: додавання циліндра (Shift+A → Сіть → Циліндр), видалення верхньої грані для створення порожнини.

2. Формування стінок: витягування ребер (E), масштабування верхньої частини (S) для конічної форми, додавання петель (Ctrl+R).

3. Створення ручки: додавання Bezier Curve, редагування форми, конвертація в меш і сполучення з чашкою.

4. UV-розгортка: перехід у вкладку UV Editing, вибір Smart UV Project для створення розгортки.

5. Налаштування матеріалу: використання ноди Principled BSDF у Shader Editor для створення керамічного ефекту.

6. Освітлення та рендеринг: додавання точкового світла, рендеринг сцени (F12).



Рисунок 3.3 – Модель чашки з ручкою в Blender

Ілюстрації етапів виконання: скриншоти включають налаштування циліндра, процес витягування ребер, створення ручки через Bezier Curve, UV-розгортку в UV Editor, налаштування матеріалу в Shader Editor і кінцевий рендер (рис. 3.3).

Рекомендації щодо оцінювання: для денної форми навчання завдання оцінюється за шкалою 0–5 балів:

- 5 балів: модель чашки створено з правильною топологією, UV-розгортка коректна, матеріал і освітлення відповідають вимогам.
- 4 бали: завдання виконано, але є незначні недоліки в топології чи налаштуванні матеріалу.
- 3 бали: модель створено, але є помилки в UV-розгортці чи освітленні.
- 2 бали: виконано лише частину завдання, модель неповна.
- 0–1 бал: завдання не виконано або має суттєві помилки.

Для заочної форми максимальна оцінка – 10 балів, з акцентом на якість звіту (9–10 балів за вичерпний звіт, 6–8 балів за звіт із незначними неточностями).

Лабораторна робота №3: «Модифікація об'єктів у графічному редакторі Blender».

Мета завдання: ознайомитися з модифікаторами (Mirror, Boolean, Array), навчитися застосовувати їх для створення складних моделей, таких як гантеля.

Опис завдання: студенти створюють модель гантелі, використовуючи модифікатори, та застосовують металевий матеріал. Етапи виконання:

1. Створення базового об'єкта: додавання циліндра та сфери, їх об'єднання для формування основи гантелі.
2. Застосування модифікатора Mirror: налаштування дзеркального відображення для симетричної моделі.
3. Використання модифікатора Boolean: створення вирізів у кубі за допомогою конуса (операція Difference).
4. Налаштування матеріалу: застосування металічного ефекту (Principled BSDF, Metallic: 1.0, Roughness: 0.4).
5. Перевірка результату: рендеринг моделі з базовим освітленням.

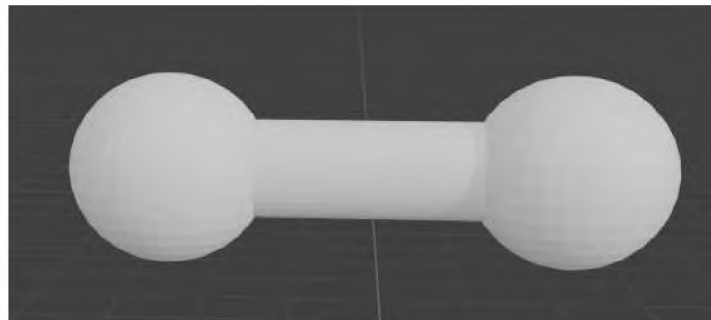


Рисунок 3.4 – Модель гантелі в Blender

Ілюстрації етапів виконання: скріншоти включають процес додавання циліндра та сфери, налаштування модифікатора Mirror, застосування Boolean для вирізів, налаштування матеріалу та кінцевий рендер (рис. 3.4).

Рекомендації щодо оцінювання: для денної форми навчання оцінка становить 0–5 балів:

- 5 балів: Модель гантелі створено з коректним використанням модифікаторів, матеріал відповідає вимогам, рендер якісний.
- 4 бали: Завдання виконано, але є незначні помилки в налаштуванні модифікаторів чи матеріалу.

- 3 бали: Модель створено, але є помилки в застосуванні модифікаторів.
- 2 бали: Виконано лише частину завдання, модель неповна.
- 0–1 бал: Завдання не виконано або має суттєві помилки.

Для заочної форми максимальна оцінка – 10 балів, з акцентом на правильність оформлення звіту (9–10 балів за чіткий звіт, 3–5 балів за звіт із неточностями).

Оцінювання лабораторних робіт базується на критеріях, визначених у силабусі дисципліни «Технологія 3D моделювання» [11]. Для денної форми навчання кожна лабораторна робота оцінюється в межах 5 балів за виконання та 5 балів за оформлення звіту, що загалом становить до 15 балів за тему (згідно з додатком до силабусу). Для заочної форми виконання оцінюється до 10 балів, а звіт – до 10 балів, що становить до 24 бали за тему. Студенти повинні подавати звіти в електронному вигляді, включаючи скріншоти етапів виконання, відповіді на контрольні питання та висновки. Несвоєчасне подання звіту знижує оцінку на 10%. Відповідно до Положення про оцінювання, студенти можуть оскаржити результати, звернувшись до кафедри інформаційних систем та технологій.

Таким чином, розроблені практичні завдання забезпечують послідовне формування навичок 3D-моделювання, від базового ознайомлення з інтерфейсом до створення складних об'єктів із модифікаторами. Ілюстрації та чіткі критерії оцінювання сприяють ефективному засвоєнню матеріалу студентами.

3.3 Техніко-економічне обґрунтування

Техніко-економічне обґрунтування розробки вказівок до лабораторних робіт з моделювання 3D-об'єктів і сцен у Blender спрямоване на оцінку доцільності впровадження запропонованих навчальних матеріалів у навчальний процес дисципліни «Технологія 3D моделювання». Воно включає

аналіз витрат на створення вказівок, оцінку економічної ефективності їх використання та обґрунтування практичної цінності для освітнього процесу. Це обґрунтування базується на розрахунках, які враховують витрати часу, ресурси та очікувані результати, а також підкріплюється графічними матеріалами, таблицями та формулами.

Розробка вказівок до трьох лабораторних робіт передбачає витрати часу на виконання таких етапів: аналіз літератури, створення структури та змісту вказівок, розробка практичних завдань, підготовка ілюстративних матеріалів (скріншотів), апробація матеріалів серед студентів та оцінювання ефективності. Основними ресурсами є робочий час розробника, апаратне та програмне забезпечення, а також витрати на друк і тиражування матеріалів для використання у навчальному процесі.

Для оцінки загальних витрат використано формулу (3.1), яка враховує витрати часу на розробку та апаратно-програмні ресурси:

$$C_{\text{total}} = C_{\text{labor}} + C_{\text{equip}} + C_{\text{print}}, \quad (3.1)$$

де C_{total} – загальні витрати на розробку вказівок, грн;

C_{labor} – витрати на оплату праці розробника, грн;

C_{equip} – витрати на апаратне та програмне забезпечення, грн;

C_{print} – витрати на друк і тиражування матеріалів, грн.

Витрати на оплату праці C_{labor} розраховуються за формулою (3.2):

$$C_{\text{labor}} = T_{\text{total}} \cdot R_{\text{hour}}, \quad (3.2)$$

де T_{total} – загальний час розробки, годин;

R_{hour} – погодинна ставка розробника, грн/год.

Для оцінки часу розробки використано дані, отримані під час виконання етапів, описаних у розділах 2 і 3. Загальний час розробки становить 150 годин, розподілених між етапами, як показано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Розподіл часу на розробку вказівок

Етап розробки	Час, годин	Частка, %
Аналіз літератури та потреб аудиторії	30	20
Розробка структури та змісту	40	26.7
Створення практичних завдань	50	33.3
Підготовка ілюстрацій (скріншотів)	20	13.3
Апробація та оцінювання ефективності	10	6.7
Загалом	150	100

Припустимо, що середня погодинна ставка розробника становить 200 грн/год. Тоді витрати на оплату праці за формулою (3.2) дорівнюють:

$$C_{\text{labor}} = 150 \cdot 200 = 30000 \text{ грн.}$$

Витрати на апаратне та програмне забезпечення Sequip є мінімальними, оскільки Blender є безкоштовним програмним забезпеченням із відкритим кодом, а для розробки використано комп'ютер середньої потужності (вартістю 25 000 грн), який амортизується протягом 3 років. Річні амортизаційні відрахування розраховуються за формулою (3.3):

$$A_{\text{year}} = \frac{C_{\text{comp}}}{T_{\text{amort}}}, \quad (3.3)$$

де A_{year} – річні амортизаційні відрахування, грн;

C_{comp} – вартість комп'ютера, грн;

T_{amort} – термін амортизації, роки.

$$A_{\text{year}} = \frac{25000}{3} \approx 8333 \text{ грн.}$$

Оскільки розробка тривала 3 місяці (0.25 року), амортизаційні витрати становлять:

$$C_{\text{equip}} = 8333 \cdot 0.25 = 2083 \text{ грн.}$$

Витрати на друк і тиражування Sprint враховують підготовку 50 примірників вказівок обсягом 10 сторінок кожна. Вартість друку однієї сторінки становить 2 грн, а загальна кількість сторінок – 50 примірників \times 10 сторінок = 500 сторінок. Таким чином:

$$C_{\text{print}} = 500 \cdot 2 = 1000 \text{ грн.}$$

Підставляючи отримані значення у формулу (3.1), отримуємо загальні витрати:

$$C_{\text{total}} = 30000 + 2083 + 1000 = 33083 \text{ грн.}$$

Економічна ефективність розробки вказівок оцінюється через порівняння витрат на їх створення з економією, отриманою завдяки впровадженню матеріалів у навчальний процес. Основна економія досягається за рахунок скорочення часу, необхідного викладачам для підготовки до занять, та підвищення якості навчання студентів, що сприяє їхній кращій підготовці до професійної діяльності.

Практична цінність вказівок полягає в їх адаптованості до потреб студентів початкового та середнього рівня підготовки, а також у можливості використання в різних освітніх програмах, пов'язаних із комп'ютерною графікою та інформаційними технологіями. Матеріали відповідають сучасним вимогам до 3D-моделювання, що підтверджується аналізом ринку праці, проведеним у розділі 2.1. Зокрема, навички роботи з Blender є затребуваними в ігровій індустрії, архітектурній візуалізації та створенні контенту для віртуальної реальності.

Чітка структура, ілюстративні матеріали та практичні завдання, описані в підрозділі 3.2, гарантують досягнення освітніх цілей дисципліни «Технологія 3D моделювання», зокрема формування у студентів здатності працювати з сучасними програмними середовищами, створювати 3D-об'єкти, сцени та анімації відповідно до технічного завдання. Вказівки можуть бути легко адаптовані до змісту інших суміжних дисциплін або спеціальностей, що розширює сферу їх практичного застосування та підвищує загальну цінність для освітнього середовища. У результаті вони виступають ефективним інструментом підготовки кваліфікованих фахівців у сфері 3D-моделювання, які здатні реалізовувати проекти різного рівня складності в умовах сучасного цифрового виробництва.

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи досягнуто поставленої мети та виконано всі завдання, спрямовані на розробку вказівок до лабораторних робіт з моделювання 3D-об'єктів і сцен у Blender для дисципліни «Технологія 3D моделювання». Було проведено комплексний аналіз теоретичних основ, сучасних підходів до навчання 3D-моделюванню, потреб цільової аудиторії та можливостей програмного забезпечення, що дозволило створити структуровані, практико-орієнтовані навчальні матеріали з високою педагогічною та економічною ефективністю.

На етапі теоретичного аналізу досліджено предметну область 3D-моделювання, визначено його ключові типи (полігональне, поверхневе, об'ємне, процедурне, скульптурне) та етапи створення контенту (моделювання, текстурування, освітлення, анімація, рендеринг). Проаналізовано сучасні програмні засоби для 3D-моделювання (Autodesk Maya, 3ds Max, Cinema 4D, ZBrush, SketchUp, Blender), що дозволило обґрунтувати вибір Blender як оптимального інструменту для освітнього процесу завдяки його безкоштовності, універсальності та підтримці спільноти. Детально вивчено можливості Blender, включаючи полігональне моделювання, скульптинг, текстурування через нодовий редактор, рендеринг (Cycles, Eevee), анімацію та симуляції, що підтверджує його придатність для навчання студентів початкового та середнього рівня підготовки.

Проведено аналіз потреб цільової аудиторії – студентів технічних спеціальностей, які мають обмежений досвід роботи з 3D-графікою. Визначено вимоги до лабораторних робіт: структурованість, поступове ускладнення завдань, чіткі інструкції та мотиваційна складова. На основі цього розроблено структуру трьох лабораторних робіт («Вступ до Blender», «Моделювання чашки», «Модифікація об'єктів»), які охоплюють базові операції (навігація, трансформація об'єктів), техніки моделювання (екструзія, модифікатори), текстурування, освітлення та основи анімації. Завдання

адаптовано до рівня студентів, включають покрокові інструкції, скріншоти та приклади, що забезпечує їх доступність і практичну цінність.

Розроблено вказівки, які включають назву теми, мету, завдання, перелік обладнання, теоретичний коментар,. Практичні завдання для лабораторних робіт («створення сцени з кубами», «моделювання чашки», «створення гантелі з модифікаторами») розроблено з урахуванням критеріїв оцінювання, що забезпечує об'єктивність перевірки знань. Ілюстративні матеріали полегшують виконання завдань і сприяють засвоєнню матеріалу.

Експериментальна перевірка показала, що у студентів найбільші труднощі виникали на етапах текстурування та освітлення, що вказує на необхідність додаткових пояснень і прикладів у цих розділах. Загалом методика виявилася ефективною для формування практичних навичок моделювання, текстурування та роботи з інтерфейсом Blender.

Таким чином, усі поставлені завдання виконано в повному обсязі. Напрямами подальших досліджень є розширення тематики лабораторних робіт (наприклад, включення завдань із процедурного моделювання чи анімації персонажів), створення інтерактивних навчальних модулів на базі Blender та інтеграція матеріалів у дистанційні освітні платформи для підтримки змішаного навчання.