

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету
інформаційно-комп'ютерних
технологій

28 серпня 2024 р., протокол №8

Голова Вченої ради

Тетяна НІКІТЧУК



РОБОЧА ПРОГРАМА

вибіркової навчальної дисципліни фахової підготовки

«OpenGL»

факультет інформаційно-комп'ютерних технологій

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»

Схвалено на засіданні кафедри
інженерії програмного
забезпечення

28 08 2024 р., протокол № 7

Завідувач кафедри

Тетяна ВАКАЛЮК

Розробник: старший викладач кафедри інженерії програмного забезпечення Олег
ВЛАСЕНКО

Житомир
2024 – 2025 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

Робоча програма вибіркової навчальної дисципліни «OpenGL»
затверджена Вченою радою факультету інформаційно-комп'ютерних
технологій від 28 серпня 2024 р., протокол № 8.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни
	денна форма навчання
Кількість кредитів – 4	Вибіркова
Модулів – 7	Лекції
Змістових модулів – 16	32 год
Загальна кількість годин – 120	Лабораторні
	32 год
	Самостійна робота
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 3,5	56 год
	Вид контролю: залік

Частка аудиторних занять і частка самостійної та індивідуальної роботи у загальному обсязі годин з навчальної дисципліни становить:

для денної форми навчання – 53 % аудиторних занять, 47 % самостійної та індивідуальної роботи.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування знань і навичок у здобувачів вищої освіти щодо розробки графічних додатків з використанням OpenGL.

Завданнями навчальної дисципліни є:

Ознайомлення з основами комп'ютерної графіки та принципами роботи OpenGL.

Вивчення основних об'єктів OpenGL: вершини, буфери, шейдери.

Робота з матрицями та трансформаціями у 2D та 3D графіці.

Використання текстур і світлових ефектів у OpenGL.

Реалізація анімації та інтерфейсу користувача за допомогою OpenGL.

Застосування сучасних підходів до рендерингу та оптимізації продуктивності.

Робота з бібліотеками GLM, GLFW, GLEW для розширених можливостей OpenGL.

Візуалізація тривимірних сцен і побудова графічних ефектів.

Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти зможуть отримати наступні Soft skills:

Комунікативні навички: вміння презентувати свої проекти, вести технічні дискусії та працювати в команді.

Керування часом: здатність виконувати графічні проекти в межах дедлайнів.

Гнучкість і адаптивність: уміння розбиратися з новими технологіями та адаптуватися до змін у сфері комп'ютерної графіки.

Особисті якості: креативне мислення для розробки унікальних графічних рішень, аналітичний підхід до побудови ефективного коду, увага до деталей при створенні 3D-сцен.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Вступ до комп'ютерної графіки та OpenGL

Змістовий модуль 1. Основи комп'ютерної графіки. Відмінності між растровою та векторною графікою. Архітектура OpenGL. Встановлення середовища розробки (GLFW, GLEW, GLM). Основні функції OpenGL.

Змістовий модуль 2. Введення у шейдери. Основи GLSL. Структура шейдерної програми. Компіляція та зв'язування шейдерів у OpenGL.

Модуль 2. Робота з геометрією та трансформаціями в OpenGL

Змістовий модуль 3. Вершини та буфери у OpenGL. Об'єкти буферів (VBO, VAO, EBO). Передача даних у графічний процесор.

Змістовий модуль 4. Матриці трансформацій: масштабування, обертання, переміщення. Модельно-видова та проєкційна матриці. Робота з бібліотекою GLM.

Змістовий модуль 5. Візуалізація геометричних примітивів. Використання індексованих масивів. Генерація простих 2D і 3D фігур у OpenGL.

Модуль 3. Освітлення, текстуркування та анімація

Змістовий модуль 6. Основи освітлення в OpenGL. Модель освітлення Фонга. Види світла: навколишнє, дифузне, відбите.

Змістовий модуль 7. Робота з текстурами. Завантаження та відображення текстур. UV-координати. Використання бібліотек stb_image.h.

Змістовий модуль 8. Анімація об'єктів. Використання таймера для керування рухом. Реалізація базових анімаційних ефектів у OpenGL.

Змістовий модуль 9. Карти нормалей та ефекти освітлення. Реалізація бамп-маппінгу.

Модуль 4. Оптимізація та розширені техніки рендерингу

Змістовий модуль 10. Оптимізація продуктивності: фреймбуфери, VAO та ефективне управління пам'яттю.

Змістовий модуль 11. Карти глибини та тіні. Алгоритм тіней методом проєкційної текстури.

Змістовий модуль 12. Постобробка сцен у OpenGL. Реалізація ефектів розмиття, сепії, негативу через шейдери.

Змістовий модуль 13. Створення 3D-сцен. Камера та її налаштування в OpenGL. Перспективне та ортогональне проєктування.

Змістовий модуль 14. Використання геометричних та обчислювальних шейдерів для створення складних ефектів.

Змістовий модуль 15. Робота з частинковими системами: створення ефектів диму, вогню та дощу.

Змістовий модуль 16. Завершальний проект: створення інтерактивної графічної сцени з використанням усіх вивчених технік.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

	Змістовні модулі	Кількість годин			
		Всього	Лекції	Лабораторні роботи	Самостійна робота
1	2	3	4	5	6
1	Модуль 1. Вступ до комп'ютерної графіки та OpenGL				
	Змістовий модуль 1.				
	<i>Тема 1.</i> Основи комп'ютерної графіки. Відмінності між растровою та векторною графікою. Архітектура OpenGL. Встановлення середовища розробки (GLFW, GLEW, GLM). Основні функції OpenGL.		2	1	3
	<i>Разом змістовий модуль 1</i>				
	Змістовий модуль 2.				
	<i>Тема 2.</i> Введення у шейдери. Основи GLSL. Структура шейдерної програми. Компіляція та зв'язування шейдерів у OpenGL.		2	2	3
2	<i>Разом змістовий модуль 2</i>				
	Модуль 2. Робота з геометрією та трансформаціями в OpenGL				
	Змістовий модуль 3.				
	<i>Тема 3.</i> Вершини та буфери у OpenGL. Об'єкти буферів (VBO, VAO, EBO). Передача даних у графічний процесор.		2	3	3
	<i>Разом змістовний модуль 3</i>				
	Змістовий модуль 4.				
	<i>Тема 4.</i> Матриці трансформацій: масштабування, обертання, переміщення. Модельно-видова та проєкційна матриці. Робота з бібліотекою GLM.		2	2	3
	<i>Разом змістовний модуль 4</i>				
3	Модуль 3. Освітлення, текстуровання та анімація				
	Змістовий модуль 6.				
	<i>Тема 6.</i> Основи освітлення в OpenGL. Модель освітлення Фонга. Види світла: навколишнє, дифузне, відбите.		2	2	3
	<i>Разом змістовний модуль 6</i>				
	Змістовий модуль 7.				
	<i>Тема 7.</i> Робота з текстурами. Завантаження та відображення текстур. UV-координати. Використання бібліотек stb_image.h.		2	2	4
	<i>Разом змістовний модуль 7</i>				

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

	Змістовий модуль 8.					
	Тема 8. Анімація об'єктів. Використання таймера для керування рухом. Реалізація базових анімаційних ефектів у OpenGL.		2	2	3	
	Разом змістовний модуль 8					
	Змістовий модуль 9.					
	Тема 9. Карти нормалей та ефекти освітлення. Реалізація бамп-мапінгу.		2	2	3	
	Разом змістовний модуль 9					
4	Модуль 4. Оптимізація та розширені техніки рендерингу					
	Змістовий модуль 10.					
	Тема 10. Оптимізація продуктивності: фреймбуфери, VAO та ефективне управління пам'яттю.		2	2	2	
	Разом змістовний модуль 10					
	Змістовий модуль 11.					
	Тема 11. Карти глибини та тіні. Алгоритм тіней методом проєкційної текстури.		2	2	2	
	Разом змістовний модуль 11					
	Змістовий модуль 12.					
	Тема 12. Постобробка сцен у OpenGL. Реалізація ефектів розмиття, сепії, негативу через шейдери.		2	2	2	
	Разом змістовний модуль 12					
	Змістовий модуль 13.					
	Тема 13. Створення 3D-сцен. Камера та її налаштування в OpenGL. Перспективне та ортогональне проєктування.		2	2	4	
	Разом змістовний модуль 13					
	Змістовий модуль 14.					
	Тема 14. Використання геометричних та обчислювальних шейдерів для створення складних ефектів.		2	2	4	
	Разом змістовний модуль 14					
	Змістовий модуль 15.					
	Тема 15. Робота з частинковими системами: створення ефектів диму, вогню та дощу.		2	2	4	
	Разом змістовний модуль 15					
	Змістовий модуль 16.					
	Тема 16. Завершальний проєкт: створення інтерактивної графічної сцени з використанням усіх вивчених технік.		2	2	4	
	Разом змістовний модуль 16					
	ВСЬОГО		150	32	32	56

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

5. Теми практичних (лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		денна форма
1.	Лабораторна робота №1. Ознайомлення з OpenGL. Встановлення середовища розробки (GLFW, GLEW, GLM). Створення базового вікна OpenGL.	4
2.	Лабораторна робота №2. Основи роботи з буферами OpenGL (VBO, VAO, EBO). Малювання простих примітивів (трикутник, квадрат, лінія).	4
3.	Лабораторна робота №3. Робота з шейдерами в GLSL. Завантаження та компіляція шейдерів. Створення базових ефектів кольору.	4
4.	Лабораторна робота №4. Трансформації в OpenGL. Матриці трансформацій (масштабування, обертання, переміщення). Використання бібліотеки GLM.	4
5.	Лабораторна робота №5. Робота з текстурами. Завантаження текстур у OpenGL. UV-координати та їх застосування.	4
6.	Лабораторна робота №6. Основи освітлення у OpenGL. Реалізація моделі Фонга. Використання дифузного, відбитого та навколишнього освітлення.	4
7.	Лабораторна робота №7. Камера у OpenGL. Реалізація переміщення та обертання камери в тривимірному просторі.	4
8.	Лабораторна робота №8. Побудова простої 3D-сцени. Оптимізація рендерингу. Завершальний проєкт.	4
РАЗОМ		32

6. Завдання для самостійної роботи

№	Назва теми	Кількість годин
		денна форма
1.	Робота з примітивами у OpenGL. Малювання складних геометричних фігур за допомогою трикутників і ліній.	3
2.	Графічний аналіз. Побудова різних 2D- та 3D-об'єктів із використанням шейдерів та текстур.	3
3.	Освітлення та матеріали. Реалізація моделі Фонга для створення реалістичних ефектів освітлення.	4
4.	Робота з текстурами. Використання кількох текстур на одному об'єкті. Завантаження та зміна текстур у реальному часі.	6
5.	Фреймбуфери та постобробка. Реалізація ефектів розмиття, сепії, негативу через обчислювальні шейдери.	6
6.	Анімація у OpenGL. Створення рухомих об'єктів з використанням таймерів та інтерполяції.	6
7.	Використання карт тіней. Генерація та відображення тіней у 3D-сценах.	10
8.	Реалізація частинкових систем. Створення ефектів дощу, вогню та диму в OpenGL.	12
РАЗОМ		56

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

7. Індивідуальні завдання

Індивідуальні заняття не передбачено навчальним планом

8. Методи навчання

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання.

- Вербальні методи (лекція, пояснення)
- Наочні методи (спостереження, демонстрація, ілюстрація)
- Практичні методи (виконання практичних завдань)
- Дискусійний метод
- Метод активного навчання (мозковий штурм)
- Ситуаційний метод
- Методи самостійної роботи (проведення розрахунків)

9. Методи контролю

Перевірка досягнення результатів навчання здійснюється з використанням наступних методів.

- Усне опитування, участь у дискусії, відповіді на проблемні запитання
- Перевірка виконання та захист лабораторних робіт
- Експрес-тестування
- Перевірка виконання завдань модульного контролю
- Залік

10. Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти

Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни здійснюється відповідно до Положення про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у Державному університеті «Житомирська політехніка» та розподілу балів, що наведений нижче.

Система оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни включає поточний та підсумковий контроль.

Поточний контроль проводиться для оцінювання рівня засвоєння знань, формування умінь і навичок здобувачів вищої освіти впродовж вивчення ними матеріалу модуля (змістових модулів) навчальної дисципліни. Поточний контроль здійснюється під час проведення навчальних занять.

Підсумковий контроль проводиться для підсумкового оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти з навчальної дисципліни. Підсумковий контроль здійснюється після завершення вивчення навчальної дисципліни. Підсумковий контроль проводиться у формі заліку. Процедура складання заліку визначена у Положенні про організацію освітнього процесу у Державному університеті «Житомирська політехніка».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

Розподіл балів з навчальної дисципліни

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр
	денна форма
Виконання завдань поточного контролю	100
Підсумкова семестрова оцінка	100

Розподіл балів за виконання завдань під час навчальних занять

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр	
	денна форма	заочна форма
Виконання та захист лабораторних робіт	48	—
Відповіді (виступи) за виконане домашнє завдання	12	—
Разом за виконання завдань поточного контролю	60	—

З метою застосування цілих чисел для оцінювання активностей здобувачів вищої освіти під час навчальних занять протягом семестру використовується 100бальна шкала оцінювання кожного окремо виду робіт. Розрахунок набраних здобувачем вищої освіти балів за виконання завдань під час навчальних занять за семестр проводиться за формулою:

$$P_{\text{нз}} = (P_{\text{лр}100} \times \text{ВК}_{\text{лр}} + P_{\text{пт}100} \times \text{ВК}_{\text{пт}} + P_{\text{лек}100} \times \text{ВК}_{\text{лек}} + P_{\text{іте}100} \times \text{ВК}_{\text{іте}}) \times K_{\text{нз}}, \quad (1)$$

де $P_{\text{нз}}$ – кількість набраних здобувачем вищої освіти балів за виконання завдань під час навчальних занять за семестр;

$P_{\text{лр}100}$, $P_{\text{пт}100}$, $P_{\text{лек}100}$, $P_{\text{іте}100}$ – кількість набраних здобувачем вищої освіти балів за семестр відповідно за виконання та захист лабораторних робіт, виконання поточних тестів, участь у лекційних заняттях, проходження курсу IT Essentials (кожний окремо вид робіт на навчальних заняттях оцінюється за 100бальною шкалою);

$\text{ВК}_{\text{лр}}$, $\text{ВК}_{\text{пт}}$, $\text{ВК}_{\text{лек}}$, $\text{ВК}_{\text{іте}}$ – вагові коефіцієнти відповідно за виконання та захист лабораторних робіт, виконання поточних тестів, участь у лекційних заняттях, проходження курсу IT Essentials. Значення вагових коефіцієнтів розраховуються шляхом ділення кількості балів, які встановлені за виконання окремого виду робіт під час навчальних занять, на сумарну кількість балів за виконання цих робіт (дані для розрахунку вагових коефіцієнтів наведено в табл. «Розподіл балів за виконання завдань під час навчальних занять»);

$K_{\text{нз}}$ – коригувальний коефіцієнт, який визначається шляхом ділення кількості балів, що встановлені за виконання завдань під час навчальних занять, на 100 балів.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

Якщо здобувач вищої освіти набрав за поточний контроль 60 балів або більше, він може погодити дану оцінку в електронному кабінеті і вона стане семестровою оцінкою за вивчення навчальної дисципліни.

Якщо здобувач вищої освіти під час вивчення навчальної дисципліни набрав 60 балів або більше і бажає покращити свій результат успішності, він проходить процедуру підсумкового контролю у формі заліку. За складання заліку здобувач вищої освіти може набрати 100 балів. Семестрова оцінка з навчальної дисципліни формується за результатами підсумкового контролю.

Здобувач вищої освіти допускається до процедури підсумкового контролю у формі заліку, якщо за виконання завдань поточного контролю набрав 50 балів або більше.

Якщо здобувач вищої освіти за результатами поточного контролю набрав 35–49 балів, він отримує право за власною заявою опанувати окремі теми (змістові модулі) навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми. Вивчення окремих складових навчальної дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми, здійснюється у вільний від занять здобувача вищої освіти час.

Якщо здобувач вищої освіти за результатами поточного контролю набрав від 0 до 34 балів (включно), він вважається таким, що не виконав вимоги робочої програми навчальної дисципліни та має академічну заборгованість. Здобувач вищої освіти отримує право за власною заявою опанувати навчальну дисципліну у наступному семестрі понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми¹.

Процедура надання додаткових освітніх послуг здобувачу вищої освіти з метою вивчення навчального матеріалу дисципліни понад обсяги, встановлені навчальним планом освітньої програми, визначена у Положенні про надання додаткових освітніх послуг здобувачам вищої освіти в Державному університеті «Житомирська політехніка».

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті в рамках окремих тем навчальної дисципліни, здійснюється викладачем за зверненням здобувача вищої освіти та представленням документів, які підтверджують результати навчання (сертифікати, свідоцтва, скріншоти тощо). Рішення про визнання та оцінка за відповідну частину освітнього компонента приймається викладачем за результатами співбесіди зі здобувачем вищої освіти.

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті в рамках цілого освітнього компонента, здійснюється за процедурою, яка визначена у Положенні про організацію освітнього процесу у Державному університеті «Житомирська політехніка».

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

Шкала оцінювання

Шкала ЄКТС	Національна шкала	100-бальна шкала
A	Зараховано	90-100
B	Зараховано	82-89
C		74-81
D	Зараховано	64-73
E		60-63
FX	Не зараховано	35-59
F	Не зараховано	0-34

11. Глосарій

№ з/п	Термін державною мовою	Відповідник англійською мовою
1	Графічний процесор (ГП)	Graphics Processing Unit (GPU)
2	Вершинний шейдер	Vertex Shader
3	Фрагментний шейдер	Fragment Shader
4	Геометричний шейдер	Geometry Shader
5	Буфер кадру	Framebuffer
6	Глибина кольору	Color Depth
7	Двійкове дерево розбиття простору (BSP)	Binary Space Partitioning (BSP)
8	Карта нормалей	Normal Map
9	Карта висот	Height Map
10	Освітлення Фонга	Phong Lighting
11	Карта тіней	Shadow Mapping
12	Проекційна матриця	Projection Matrix
13	Камера	Camera
14	Перспективна проєкція	Perspective Projection
15	Ортогональна проєкція	Orthographic Projection

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015			Ф-22.07-12.00.01/Б/ ВК-1-2024
	Випуск 1	Зміни 0	Екземпляр № 1	Арк 13 / 1

12. Рекомендована література

1. Шребер, Ф., Вулф, Р. (2019). OpenGL SuperBible: Comprehensive Tutorial and Reference (7th Edition). Addison-Wesley. – 832 с.
2. Куберт, Д., Хоффман, Д. (2020). OpenGL Programming Guide: The Official Guide to Learning OpenGL (9th Edition). Addison-Wesley. – 720 с.
3. Грем, А., Ломан, Б. (2018). Real-Time Rendering (4th Edition). A K Peters/CRC Press. – 1198 с.
4. Митчелл, Т. (2017). OpenGL 4 Shading Language Cookbook (3rd Edition). Packt Publishing. – 374 с.
5. Блау, Р. (2016). Computer Graphics Programming in OpenGL with Java. Springer. – 486 с.

Допоміжна література

6. Шепард, С. (2021). Graphics Shaders: Theory and Practice (2nd Edition). A K Peters/CRC Press. – 594 с.
7. Су, Х. (2019). OpenGL Development Cookbook. Packt Publishing. – 298 с.
8. Гурна, Д. (2020). Practical Rendering and Computation with Direct3D 11 and OpenGL. A K Peters/CRC Press. – 480 с.
9. Траск, Л. (2018). Modern OpenGL C++ 3D Game Development. Packt Publishing. – 380 с.
10. Купер, С. (2023). Advanced Graphics Programming Using OpenGL. Addison-Wesley. – 440 с.

12. Інформаційні ресурси в Інтернеті

11. Офіційна документація OpenGL: <https://www.opengl.org/documentation/>
12. Тutorials по OpenGL: <https://learnopengl.com/>
13. Документація Khronos Group: <https://www.khronos.org/opengl/>
14. Ресурси для GLSL (шрейдери): <https://thebookofshaders.com/>
15. Форум OpenGL: https://www.opengl.org/discussion_boards/
16. Реалізації OpenGL в Vulkan: <https://www.khronos.org/vulkan/>