

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.07- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк ___ / 1

## ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету  
інформаційно-комп'ютерних  
технологій



31 серпня 2022 р., протокол № 8

Голова Вченої ради

*Тетяна НІКІТЧУК*

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «OpenGL»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»  
спеціальності 122 «Комп'ютерні науки»  
освітньо-професійна програма «Комп'ютерна графіка та розробка ігор»  
факультет інформаційно-комп'ютерних технологій  
кафедра інженерії програмного забезпечення

Схвалено на засіданні кафедри  
інженерії програмного  
забезпечення  
26 серпня 2022 р.,  
протокол № 6

Вис. завідувача кафедри  
*Андрій МОРОЗОВ*

Гарант освітньо-професійної  
програми  
*Андрій МОРОЗОВ*

Розробник: старший викладач кафедри ІІЗ Олег ВЛАСЕНКО

Житомир  
2022 – 2023 н.р.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.07- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк __/2

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»	Нормативна	
Модулів – 3	Спеціальність 122 «Комп'ютерні науки»	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 3		2021 й	
Загальна кількість годин - 150		Семестр	
		1й	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних 3 самостійної роботи – 2		Лекції	
		32 год.	
		Практичні	
	Лабораторні		
	32 год.		
	Самостійна робота		
	42 год.		
	Освітній ступінь «бакалавр»		
		Вид контролю: залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи 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- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 3

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Дисципліна включає лекції, практичні заняття, лабораторні роботи, модульні контрольні роботи та самостійну роботу. Дисципліні «Конструювання графічних інтерфейсів» належить особлива роль в навчальному плані підготовки фахівців ІТ. Адже об'єктами професійної діяльності є розробка, модернізація та експлуатація проектів з різними графічними інтерфейсами, та зокрема систем які вимагають реалізації 3D графіки, а саме ігри, системи САПР, та подібні, характерною рисою яких є широке використання методів і засобів інтерактивної комп'ютерної графіки.. В робочій навчальній програмі дисципліни передбачене вивчення ключових тем геометричного моделювання і комп'ютерної графіки з використанням сучасних інтегрованих середовищ програмування і стандартної графічної бібліотеки OpenGL — одного з найпопулярніших прикладних програмних інтерфейсів API для розробки застосувань реалістичної двовимірної та тривимірної графіки.

**Метою дисципліни** є формування у студентів теоретичних знань і навичок для розробки комп'ютерних графічних моделей та методів обробки зображень. Завдання дисципліни: вивчення основних принципів програмування комп'ютерної графічних інтерфейсів мовою C++ за допомогою бібліотеки OpenGL; опанування прийомів комп'ютерного моделювання; набуття навичок роботи з графічними бібліотеками; набуття студентами умінь та навичок використання технологій двовимірного та тривимірного графічного та геометричного моделювання. Предметом вивчення навчальної дисципліни є засоби програмування комп'ютерних графічних інтерфейсів для моделювання різних процесів.

### Завданнями вивчення навчальної дисципліни

В результаті вивчення дисципліни студент повинен знати:

- принципи програмування графіки для моделювання різних процесів; стандарти на подання графічних моделей, графічних інтерфейсів та мовних засобів; архітектуру, принципи роботи, набір функцій стандартної бібліотеки OpenGL;
- принципи візуалізації даних та обробки зображень в MATLAB.

Вміти:

- використовувати OpenGL в програмах C++ для формування та виведення даних і моделей в графічній формі;
- застосовувати діалогові графічні системи для моделювання графічних об'єктів, візуалізації даних та обробки зображень.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.07- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк __ / 4

### 3. Програма навчальної дисципліни

#### Змістовий модуль 1. Основи тривимірної графіки.

##### Тема 1. Історія розвитку тривимірної графіки. OpenGL. Створення вікна.

Історичні факти розвитку тривимірної графіки. Історія розвитку OpenGL. Режими роботи. Огляд різних бібліотек для OpenGL. Розширення для OpenGL. OpenGL як кінцевий автомат. Основні об'єкти. Основні типи даних.

##### Тема 2. Створення графічного вікна для виведення 3D графіки. Підключення та налагодження бібліотек.

Бібліотеки GLFW та GLEW. Призначення, альтернативи. Переваги перед іншими. Створення Viewport для виведення графіки. Основний ігровий цикл. Подвійна буферизація. Реалізація введення.

##### Тема 3. Поняття вертексу. Графічний конвеєр. Виведення першого трикутника.

Передача вершин. Поняття шейдера. Вершинний шейдер. Нормалізовані координати. Фрагментний шейдер. Шейдерна програма. Зв'язування вершинних атрибутів. Об'єкт вершинного масиву.

##### Тема 4. Шейдери. Види шейдерів. Мова шейдерів. Типи даних у шейдерах.

. Вектори. Вхідні та вихідні змінні шейдерів. Методи передачі даних у шейдери. Форми (uniform). Приклад вланого класу шейдера.

##### Тема 5. Текстури

Поняття текстури. Текстурні координати. Завантаження текстур. Бібліотека для роботи з текстурами. Параметри текстурування.

##### Тема 6. Трансформації.

Поняття та використання векторів, матриць. Дії з векторами та матрицями: складання, множення, обертання та ін. Матриця масштабування. Матриця зсуву. Матриця обертання. Комбінування матриць. Математична бібліотека для тривимірної графіки GLM.

##### Тема 7. Система координат.

Локальний простір (або простір Об'єкта). Світовий простір. простір Вида (або Спостерігача). простір Відсікання. Екранний простір. Види тривимірних проєкцій. Буфер глибини.

##### Тема 8. Камера.

Поняття простору камери або виду. Позиція камери. Напрямок камери. Вісі камери. Рух камери. Швидкість руху камери, залежність від швидкості рендеренгу кадру. Кути Ейлера. Керування камерою за допомогою миші. Трансфокація. Приклад класу камери.

#### Змістовий модуль 2. Кольори. Освітлення. Матеріали.

##### Тема 9. Кольори.

Кольорові схеми. Сприйняття світла з курсу фізики. Освітлення сцени. Джерела світла. Вприв об'єктів та їх кольорів один на одного.

##### Тема 10. Основи освітлення

Огляд моделей освітлення. Модель освітлення за Фонгом. Фонове освітлення. Дифузне освітлення. Вектора нормалей.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.07- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк __ / 5

Висвітлення дзеркальних відблисків. Обчислення дифузного кольору.

### **Тема 11. Матеріали.**

Поняття матеріалів. Вплив матеріалів на освітлення. Параметри матеріалів. Використання кольорового світла.

**Тема 12. Текстурні карти. Дифузні карти. Бликові карти. Семплінг відблисків.**

Вдосконалення та освітлення текстур. Отримання реалістичних зображень. Розширені можливості текстурування та освітлення текстур.

### **Тема 13. Джерела світла. Кілька джерел освітлення на одній сцені.**

Спрямоване джерело освітлення. Точкові джерела. Згасання джерел світла. Прожектор та його параметри. Кілька джерел освітлення на одній сцені.

## **Змістовий модуль 3. 3D-моделі**

**Тема 14. Огляд графічного терактора для малювання тривимірних моделей. Blender. Бібліотека для завантаження моделей**

Клас Mesh. Методи класу для відображення тривимірних моделей.

## **Змістовий модуль 4. Розширені можливості OpenGL**

### **Тема 15. Тест глибини. Тест трафарету Змішування кольорів.**

Поняття глибини. Трафарет та його приклади реалізації. Змішування кольорів.

### **Тема 16. Відсікання граней. Кадровий буфер. Кубічні карти**

Відсікання тіней для зменшення навантаження. Буферизація кадрів.

### **Тема 17. Просунута робота з даними. Розвинений GLSL**

Модифікації мови шейдерів. ООп у шейдерах.

### **Тема 18. Геометричний шейдер.**

Підміна координат. Вдосконалення зображення.

### **Тема 19. Інстансинг. Згладжування.**

Оптимізація сцен. Реалізація безлічі подібних моделей. Сглажування піксельних артефактів.

## **Змістовий модуль 5. Просунуте освітлення**

### **Тема 20. Просунуте освітлення. Модель Блінна-Фонга. Гамма-корекція**

### **Тема 21 Карти тіней. Всеспрямовані карти тіней**

### **Тема 22. Нормальне відображення. Паралаксне відображення**

### **Тема 23. Рендеринг сцен з великою розлізною здатністю.**

Реалістичність зображення. Поняття Блум.

### **Тема 24. Відкладений рендеринг.**

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.07- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк. ___ / 6

#### 4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Кредитні модулі	Змістовні модулі	Кількість годин			
		Всього	Лекції	Лабораторні	Самостійна робота
1	2	3	4	5	6
№1	<b>Модуль 1</b>				
	Змістовий модуль 1 Основи тривимірної графіки.				
	Історія розвитку тривимірної графіки. OpenGL. Створення вікна. Історичні факти розвитку тривимірної графіки. Історія розвитку Open GL. Режими роботи. Огляд різних бібліотек для OpenGL. Розширення для OpenGL. OpenGL як кінцевий автомат. Основні об'єкти. Основні типи даних. Створення графічного вікна для виведення 3D графіки. Підключення та налагодження бібліотек. Бібліотеки GLFW та GLEW. Призначення, альтернативи. Переваги перед іншими. Створення Viewport для виведення графіки. Основний ігровий цикл. Подвійна буферизація. Реалізація введення.	4	1	-	3
	Поняття вертексу. Графічний конвеєр. Виведення першого трикутника. Передача вершин. Поняття шейдера. Вершинний шейдер. Нормалізовані координати. Фрагментний шейдер. Шейдерна програма. Зв'язування вершинних атрибутів. Об'єкт вершинного масиву. Шейдери. Види шейдерів. Мова шейдерів. Типи даних у шейдерах. Вектори. Вхідні та вихідні змінні шейдерів. Методи передачі даних у шейдери. Форми (uniform). Приклад власного класу шейдера. Текстури. Поняття текстури. Текстульні координати. Завантаження текстур. Бібліотека для роботи з текстурами. Параметри текстурування.	9	2	4	3
	Трансформації. Поняття та використання векторів, матриць. Дії з векторами та матрицями: складання, множення, обертання та ін. Матриця масштабування. Матриця зсуву. Матриця обертання. Комбінування матриць. Математична бібліотека для тривимірної графіки GLM.	8	1	4	3

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.07- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк. __ / 7

	Система координат. Локальний простір (або простір Об'єкта). Світовий простір. простір Виду (або Спостерігача). простір Відсікання. Екранний простір. Види тривимірних проєкцій. Буфер глибини. Камера. Поняття простору камери або виду. Позиція камери. Напрямок камери. Вісі камери. Рух камери. Швидкість руху камери, залежність від швидкості рендеренгу кадру. Кути Ейлера. Керування камерою за допомогою миші. Трансфокація. Приклад класу камери.	9	2	4	3
	<b>Разом змістовий модуль 1</b>	30	6	12	12
	<b>Модуль 2</b>				
	Змістовий модуль 2 Кольори. Освітлення. Матеріали.				
№2	Кольори. Кольорові схеми. Сприйняття світла з курсу фізики. Освітлення сцени. Джерела світла. Вприв об'єктів та їх кольорів один на одного. Основи освітлення. Огляд моделей освітлення. Модель освітлення за Фонгом. Фонове освітлення. Дифузне освітлення. Вектори нормалей. Висвітлення дзеркальних відблисків. Обчислення дифузного кольору. .	10	2	4	4
	Матеріали. Поняття матеріалів. Вплив матеріалів на освітлення. Параметри матеріалів. Використання кольорового світла. Текстурні карти. Дифузні карти. Блікові карти. Семплінг відблисків. Вдосконалення та освітлення текстур. Отримання реалістичних зображень. Розширені можливості текстурування та освітлення текстур.	10	2	2	6
	Джерела світла. Кілька джерел освітлення на одній сцені. Спрямоване джерело освітлення. Точкові джерела. Згасання джерел світла. Прожектор та його параметри. Кілька джерел освітлення на одній сцені.	10	2	4	4
	<b>Разом змістовий модуль 2</b>	<b>30</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>14</b>
	<b>Модуль 3</b>				
	Змістовий модуль 3 3D-моделі				
№3	Огляд графічного редактора для малювання тривимірних моделей. Blender. Бібліотека для завантаження моделей	20	2	8	12
	Клас Mesh. Методи класу для відображення тривимірних моделей.	5	1	2	6
	Клас полігональної сітки Mesh Методи класу для відображення ландшафту.	5	1	2	2
	<b>Модуль 4</b>				
	Змістовий модуль 4 Розширені можливості OpenGL				
№4	Тест глибини. Тест трафарету Змішування кольорів. Поняття глибини. Трафарет та його приклади реалізації. Змішування кольорів. Відсікання граней. Кадровий буфер. Кубічні карти	10	1	4	6

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.07- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк __ / 8

	Відсікання тіней для зменшення навантаження. Буферизація кадрів.	5	1	2	6	
	Просунута робота з даними. Розвинений GLSL Модифікації мови шейдерів. ООп у шейдерах.	5	1	2	2	
	Геометричний шейдер. Підміна координат. Вдосконалення зображення.	5	1	2	2	
	Інстансинг. Згладжування. Оптимізація сцен. Реалізація безлічі подібних моделей. Згладжування піксельних артефактів.	5	1	2	2	
	<b>Модуль 5</b>					
	Змістовий модуль 5 Просунуте освітлення					
	Просунуте освітлення. Модель Блінна-Фонга. Гамма-корекція	10	2	8	12	
	Карти тіней. Всеспрямовані карти тіней	5	1	2	6	
	Нормальне відображення. Паралаксне відображення	5	1	2	2	
№5	Рендеринг сцен з великою роздільною здатністю. Реалістичність зображення. Поняття Блум.	5	1	2	2	
	Відкладений рендеринг	5	1	2	2	
	<b>Разом змістовний модуль 3</b>		<b>30</b>	<b>4</b>	<b>10</b>	<b>16</b>
	<b>ВСЬОГО</b>		<b>150</b>	<b>32</b>	<b>32</b>	<b>86</b>



Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.07- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк __/9

## 5. Теми лабораторних занять

№	Назва теми	Кількість годин
1.	Створення вікна. Підключення бібліотек. Малювання трикутника. Вершинний шейдер. Фрагментний шейдер.	4
2.	Текстурування трикутника, прямокутника. Підключення бібліотеки для роботи з текстурами. Передача текстурних координат.	4
3.	Хмарні сервіси Google: Gmail, Drive, Keep, Календр, Google Docs.	4
4.	Трансформації. Матриці трансформацій. Масштабування, переміщення .Система координат.	4
5.	Камера. Параметри камери. Матриця камери (виду). Рух камери по сцені. Обробка керування камерою з клавіатури та миші.	4
6.	Кольори. Основи освітлення. Включення трьох складових освітлення на сцені. Використання різних матеріалів для графічних примітивів. Текстурні карти.	4
7.	Джерела світла. Декілька джерел світла.	2
8.	Клас полігональної сітки та клас тривимірної моделі	2
9.	Включення тесту глибини. Відсікання граней.	2
<b>РАЗОМ</b>		<b>32</b>

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.07- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк __ / 10

## 6. Завдання для самостійної роботи

1. Намалювати 2 трикутники один за одним за допомогою `glDrawArrays` за допомогою додавання великої кількості вершин.
2. Створіть 2 трикутники з використанням 2 різних VAO та VBO.
3. Створіть другий фрагментний шейдер і щоб він виводив жовтий колір. І зробіть так, щоб другий трикутник був жовтого кольору.
4. Поміняйте в трансформації з лабораторної послідовності дій, подивіться, що з цього вийде, спробуйте обґрунтувати, чому результат саме такий.
5. Спробуйте намалювати ще один контейнер за допомогою `glDrawElements` виклику, але тільки розмістіть цей контейнер в іншому місці за допомогою іншої трансформації. Нехай він перебуватиме у правому верхньому кутку і замість обертання - він змінював свій розмір (тут можна застосувати функцію `sin`).
6. Зараз наше джерело світла – це нудна нерухома лампа. Зробіть його, що рухається навколо сцени, використовуючи функції `sin` або `cos`. Спостереження за зміною освітлення дасть вам гарне уявлення про модель Фонга: .
7. Спробуйте міняти в моделі освітлення сили впливу фонові, розсіяної та дзеркальної компонентів, і подивіться, як це позначиться на результаті. Також поекспериментуйте з коефіцієнтом блиску. Спробуйте зрозуміти, чому певні значення дають їм візуальні ефекти.
8. Розрахуйте освітлення за Фонгом у просторі виду, а не у світовому: .
9. Реалізуйте освітлення методом Гуро, а чи не Фонга. Якщо ви все зробили правильно, то освітлення куба має виглядати не зовсім добре (особливо дзеркальні відблиски). Поясніть, чому куб має такий дивний вигляд: .
10. Відтворіть різні типи атмосферних сцен з останнього зображення, замінивши значення атрибутів світла.

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.07- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк __ / 11

## 7. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання не передбачено навчальним планом

## 8. Методи навчання

За джерелами знань використовуються такі методи навчання: словесні – розповідь, пояснення, лекція, інструктаж; наочні – демонстрація, ілюстрація; практичні – лабораторна робота, практична робота, вправи.

За характером логіки пізнання використовуються такі методи: аналітичний, синтетичний, аналітико-синтетичний, індуктивний, дедуктивний.

За рівнем самостійної розумової діяльності використовуються методи: проблемний, частково-пошуковий, дослідницький.

## 9. Методи контролю

Під час вивчення дисципліни використовуються наступні методи контролю: поточне та підсумкове тестування за теоретичним матеріалом, захист лабораторних робіт у формі співбесіди.

Екзамен для заочної форми навчання проводиться у два етапи – виконання практичного завдання, та відповіді на теоретичні питання у формі співбесіди.

## 10. Розподіл балів

Поточне тестування та самостійна робота					Сума
Змістовий модуль 1,2		Змістовий модуль 3	Змістовий модуль 4,5		
Захист лабораторних	Тестування	Захист лабораторних	Захист лабораторних	Тестування	
27	5	27	36	5	100

Житомирська політехніка	МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА» Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015	Ф-22.07- 05.01/122.00.1/Б /ВК2.3-2022
	Екземпляр № 1	Арк __ / 12

## Шкала оцінювання

За шкалою	Екзамен	Залік	Бали
A	Відмінно	Зараховано	90-100
B	Добре	Зараховано	82-89
C			74-81
D	Задовільно	Зараховано	64-73
E			60-63
FХ	Незадовільно	Не зараховано	35-59
F		Не зараховано	0-34

## 11. Рекомендована література

### *Основна література*

1. Демченко В.В., Анпілогова В.О. Функціональна модель графічних застосувань на основі OpenGL // Сучасні проблеми геометричного моделювання: Зб. праць міжнар. наук.-практ. конф. — Харків, 2001. — С. 194-196.
2. Блінова Т.О., Порєв В.М. Комп'ютерна графіка. – К.: Юніор, 2004. – 456с
3. Веселовська Г.В., Ходаков В.Є., Веселовський В.М. Комп'ютерна графіка. – Херсон: ОЛДІ-плюс, 2004. – 584 с.
4. Горобець С.М. Основи комп'ютерної графіки: Навч. посібн. – К.: Центр навчальної літератури, 2006. – 232 с.
5. Маценко В.Г. Комп'ютерна графіка: Навчальний посібник. – Чернівці: Рута, 2009 – 343 с