



# Геометричне моделювання та комп'ютерна графіка. Частина 1. Геометричне моделювання складних об'єктів

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

|   |  |
|---|--|
| Рівень вищої освіти                         | Перший (бакалаврський)   |
| Галузь знань                                | 12 Інформаційні технології   |
| Спеціальність                               | 122 Комп'ютерні науки  |
| Освітня програма                            | Цифрові технології в енергетиці  |
| Статус дисципліни                           | Нормативна   |
| Форма навчання                              | очна(денна)  |
| Рік підготовки, семестр                     | 4 курс, осінній семестр  |
| Обсяг дисципліни                            | 4 кредити ЕКТС / 120 год.: лекції- 36, лабораторні роботи – 18 год., самостійна робота – 66 год  |
| Семестровий контроль/ контрольні заходи     | м.к.р.,екзамен   |
| Розклад занять                              | <a href="https://schedule.kpi.ua/">https://schedule.kpi.ua/</a>  |
| Мова викладання                             | Українська   |
| Інформація про керівника курсу / викладачів | Лектор: зав.каф. ЦТЕ, д.т.н., проф. Аушева Наталія Миколаївна,<br><i>email: nataauscheva@gmail.com</i><br>Лабораторні заняття: асистент, Кардашов Олександр Вадимович,<br><i>email: brian.stadford@gmail.com</i> |
| Розміщення курсу                            | <a href="https://campus.kpi.ua">https://campus.kpi.ua</a>  |

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Метою кредитного модуля є формування у студентів **компетентностей** у відповідності до ОПП.

|       |   |
|-------|---|
| ЗК 1  | Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу  |
| ЗК 2  | Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях   |
| ЗК 3  | Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності  |
| ЗК 6  | Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями  |
| ЗК 11 | Здатність приймати обґрунтовані рішення   |
| ЗК 13 | Здатність діяти на основі етичних міркувань   |
| ФК 19 | Здатність до застосування принципів, методів і алгоритмів комп'ютерної графіки, уміння застосовувати їх під час розробки графічних інтерфейсів, для геометричного моделювання та візуалізації |

В результаті засвоєння кредитного модуля студенти мають продемонструвати такі програмні результати навчання:

|      |  |
|------|--|
| ПР 1 | Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук. |
|------|--|

|       |  |
|-------|--|
| ПР 20 | Вміти застосовувати методи комп'ютерної графіки та геометричне моделювання при розробці графічних інтерфейсів. |
|-------|--|

Згідно з вимогами програми навчальної дисципліни студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

**ЗНАННЯ:** новітніх технологій в сфері комп'ютерної графіки, а саме методів моделювання кривих ліній; методів моделювання простих поверхонь ; методів проєкціювання; алгоритми побудови фрактальних зображень; методи лінійних та нелінійних перетворень.

**ВМІННЯ:**

Розробляти графічний інтерфейс, застосовуючи теорію перетворення, моделювання кривих та поверхонь та загальні методи побудови поверхонь та тіл за умови створення інтерактивного графічного середовища.

**ДОСВІД:**

- використання евклідових, афінних та проєктивних перетворень, проєкціювання при реалізації інтерактивних режимів користувача;
- використання методів моделювання кривих та поверхонь для візуалізації технічних об'єктів;
- розробки проєктів, застосовуючи технічні та програмні засоби реалізації статичних та динамічних процесів.

**2. Пререквізити та постреквізити дисципліни**

Вивчення дисципліни спирається на знання, отримані за програмою попередніх років навчання за спеціальністю 122 « Комп'ютерні науки».

У структурно-логічній схемі навчання зазначена дисципліна розміщена на 4 курсі, тобто тоді, коли студенти вже прослухали “Алгоритмізація та програмування”, “Чисельні методи в моделюванні енергетичних процесів”, “ Об'єктно-орієнтоване програмування”, “Технології розробки програмного забезпечення” та набули певного досвіду у програмуванні і можуть виконати складні лабораторні роботи. З іншого боку, викладений матеріал може бути використаний при вивченні дисциплін «Візуалізація графічної та геометричної інформації», “Методи синтезу віртуальної реальності”, які викладаються при підготовці магістрів. Матеріал курсу є основою для виконання курсових робіт з дисциплін, де необхідна візуалізація розроблюваних об'єктів та процесів. Матеріал курсу має бути основою для візуалізації інформації в дипломних роботах бакалаврів та магістрів.

**3. Зміст навчальної дисципліни**

В дисципліні вивчаються такі теми:

**Розділ 1.** Теорія перетворень

Тема 1.1. Застосування комп'ютерної графіки

Тема 1.2. Теорія перетворень і класифікація геометрій

**Розділ 2.** Геометричне моделювання кривих та поверхонь

Тема 2.1. Геометричне моделювання кривих

Тема 2.2. Проєкціювання

Тема 2.3. Геометричне моделювання поверхонь

Тема 2.4. Фрактальна геометрія природи

**4. Навчальні матеріали та ресурси**

**Базова література**

1. Donald D. Hearn, M. Pauline Baker, Warren Carithers Computer Graphics with Open GL 4th Edition, 2014-812 p. Режим доступу : <https://doc.lagout.org/programmation/OpenGL/Computer%20Graphics%20with%20OpenGL%20%284th%20ed.%29%20%5BHearn%2C%20Baker%20%26%20Carithers%202013%5D.pdf>
2. Курбатова І. М. Диференціальна геометрія.. – Одеса :Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова, 2020. – 66 с.
3. Donald D. Hearn, M. Pauline Baker Computer Graphics, 2014 – 662 p. Режим доступу : <https://archive.org/details/DonaldHearnM.PaulineBakerComputerGraphicsBookFi.org/mode/2up>
4. Szauer G. Hands-On C++ Game Animation Programming: Lear modern animation techniques from they to implementation with C++ and OPENGL.- Packt Publishing, 2020 -368 p.
5. David J. Eck Introduction to Computer Graphics.- Hobart and William Smith Colleges, 2023.-533 p. <https://math.hws.edu/graphicsbook/>
6. Комп'ютерна графіка : навчальний посібник : в 2-х кн.2. / Укладачі : Тотосько О.В., Микитишин А.Г., Стухляк П.Д. – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 – 304 с.

7. Кампус КПІ ім.Ігоря Сікорського <http://login.kpi.ua/>  
 8. Науково-технічна бібліотека КПІ ім.Ігоря Сікорського <http://library.kpi.ua/>

### Додаткова література

1. Buss S.R. 3-D Computer Graphics A Mathematical Introduction with OpenGL, Press The Edinburgh Building, Cambridge, United Kingdom, 2003. - 371p.
2. Barry G. Blundell An Introduction to Computer Graphics and Creative 3-D Environments, Springer-Verlag London Limited, 2008.- 501p.
3. Max K. Agoston Computer Graphics and Geometric Modeling Implementation and Algorithms, Springer-Verlag London Limited, 2005.- 907 p.
4. Todd A. Ell, Nicolas Le Bihan, Stephen J. Sangwine Quaternion Fourier Transforms for Signal and Image Processing, ISTE Ltd, 2014 - 127p.
5. Jason Zink, Matt Pettineo, Jack Hoxley Practical Rendering and Computation with Direct3D 11, LLC CRC Press is an imprint of Taylor & Francis Group, 2012.- 631 p.
6. Klaus Engel, Markus Hadwiger, Joe M. Kniss, Christof Rezk-Salama, Daniel Weiskopf Real-Time Volume Graphics, A K Peters, Ltd, 2006.- 487 p.

## Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

#### Лекційні заняття

| № з/п  | Назва теми лекції та перелік основних питань   | Кільк. ауд.год. |
|--|--|-----------------|
| <b>Розділ 1. Теорія перетворень</b>                          |  |                 |
| Тема 1.1. Застосування комп'ютерної графіки                  |  |                 |
| 1  | <i>ЛЕКЦІЯ 1 Тема: Вступ до дисципліни</i><br>Застосування комп'ютерної графіки. Передумови створення геометрій.  | 2               |
| Тема 1.2.Теорія перетворень і класифікація геометрій         |  |                 |
| 2  | <i>ЛЕКЦІЯ 2. Тема: Класифікація перетворень</i><br>Застосування перетворень координат. Основні групи перетворень та їх інваріанти: топологічні, біраціональні, проєктивні, афінні, евклідові.  | 2               |
| 3  | <i>ЛЕКЦІЯ 3. Тема: Лінійні перетворення в векторно-параметричній формі</i><br>Однорідні координати. Евклідові перетворення у векторно-параметричній формі Афінні перетворення у векторно-параметричному вигляді. Перетворення симетрії та масштабування. Проєктивні перетворення у векторно-параметричному вигляді. Основні залежності теорії перетворень: поділення відрізка, просте відношення трьох точок, складне відношення чотирьох точок. | 2               |
| 4  | <i>Модульна контрольна робота (ч.1)</i>  | 1               |
| <b>Розділ 2. Геометричне моделювання кривих та поверхонь</b> |  |                 |
| Тема 2.1. Геометричне моделювання кривих                     |  |                 |
| 5  | <i>ЛЕКЦІЯ 4. Тема: Методи завдання кривих та поверхонь</i><br>Моделювання кривих і поверхонь. Аналітичні способи визначення кривих і поверхонь: явний, неявний, векторно-параметричний. Варіанти завдання прямої та площини.   | 2               |
| 6  | <i>ЛЕКЦІЯ 5. Тема: Класифікація кривих та криві другого порядку</i><br>Історія розвитку вчення про криві. Способи утворення кривих. Систематика кривих. Загальні рівняння конічних перерізів.  | 2               |
| 7  | <i>ЛЕКЦІЯ 6. Тема: Класифікація кривих та криві другого порядку (продовження)</i><br>Еліпс та його властивості. Парабола, гіпербола та їх властивості. Інженерний спосіб завдання кривих другого порядку. Побудова криволінійного контуру з кривих другого порядку.  | 2               |
| 8  | <i>ЛЕКЦІЯ 7. Тема: Криві третього порядку</i>  | 2               |

|   |   |   |
|---|---|---|
|   | Загальні відомості про криві III порядку. Криві III порядку у інженерному вигляді та у вигляді Безьє. Графічна побудова кривих другого та третього порядків. Поліноміальні криві у формі Бернштейна-Безьє. Криві у формі Фергюсона. Створення анімації для криволінійних контурів.  |   |
| 9   | <i>ЛЕКЦІЯ 8. Тема: Криві третього порядку (продовження)</i><br>Фундаментальні сплайни. Сплайни Коханека-Бартелса. B-сплайни. NURBS-сплайни.   | 2 |
| 10  | <i>ЛЕКЦІЯ 9. Тема: Диференціальна геометрія кривої</i><br>Метод обводів. Конструювання криволінійних обводів за допомогою інженерних кривих. Поняття кривої. Дотична кривої. Стична площина кривої. Кривина кривої.   | 2 |
| 11  | <i>ЛЕКЦІЯ 10. Тема: Складні криві</i><br>Складені криві, що задані параметричними рівняннями. Складені криві Безьє. Складені дробово-раціональні криві. Складені криві Фергюсона.   | 2 |
| Тема 2.2. Проекціювання                     |   |   |
| 12  | <i>ЛЕКЦІЯ 11. Тема: Паралельне проєкціювання</i><br>Основні види проєкціювання. Паралельні проєкції. Косокутні паралельні проєкції. Прямокутні паралельні проєкції. Ортографічні проєкції.  | 2 |
| 13  | <i>ЛЕКЦІЯ 12. Тема: Аксонометричне проєкціювання та перспектива</i><br>Аксонометричні проєкції. Центральне проєкціювання. Поняття «перспектива» у образотворчому мистецтві.   | 2 |
| 14  | <i>Модульна контрольна робота (ч.2)</i>   | 1 |
| Тема 2.3. Геометричне моделювання поверхонь |   |   |
| 15  | <i>ЛЕКЦІЯ 13.Тема: Поверхні другого порядку</i><br>Загальний вигляд поверхонь другого порядку. Криві другого порядку, що використовуються для побудови поверхонь у векторно-параметричному вигляді. Трьохвісьовий еліпсоїд. Еліптичний параболоїд. Однопорожнинний гіперболоїд. Двопорожнинний гіперболоїд. Гіперболічний параболоїд. | 2 |
| 16  | <i>ЛЕКЦІЯ 14.Тема: Поверхні вищих порядків</i><br>Тор. Прямий гелікоїд. Лінійчаті поверхні загального вигляду. Вироджені поверхні другого порядку. Білінійна порція поверхні. Суперквадрики.  | 2 |
| Тема 2.4. Фрактальна геометрія природи      |   |   |
| 17  | <i>ЛЕКЦІЯ 15.Тема: Основні поняття фрактальної геометрії</i><br>Теорія хаосу і фрактальна геометрія. Поняття самоподібності. Визначення поняття «фрактал». Метод L-систем. Системи ітеруємих функцій (IFS) на прикладі «гри хаосу». Замощення площини.  | 2 |
| 18  | <i>ЛЕКЦІЯ 16.Тема: Динамічні фрактали.</i><br>Алгебраїчні (динамічні фрактали). Множина Мандельброта. Множина Жуліа.  | 2 |
| 19  | <i>ЛЕКЦІЯ 17.Тема: Фрактальна розмірність</i><br>Поняття «розмірність». Поняття «фрактальна розмірність». Розмірність подібності. Розмірність Хаусдорфа-Безікевіча та Мінковського. Розрахунок розмірності фрактальних об'єктів.  | 2 |

### Лабораторні роботи

| N | Назва лабораторних робіт                          | Кільк. ауд.год |
|---|---|----------------|
| 1 | Розробка підсистеми перетворення плоских об'єктів | 2              |
| 2 | Моделювання чудових кривих                        | 2              |
| 3 | Моделювання криволінійного контуру                | 3              |

|   |  |   |
|---|--|---|
| 4 | Моделювання криволінійних контурів з гладкістю першого та другого порядків           | 2 |
| 5 | Побудова гранованих тіл за допомогою проєкціювання                                   | 3 |
| 6 | Моделювання поверхонь другого порядку. Нанесення рисунку на поверхню другого порядку | 4 |
| 7 | Моделювання фракталу   | 2 |

## 6. Самостійна робота

Самостійна робота студента (66 годин) передбачає підготовку до аудиторних занять та контрольних заходів, проведення розрахунків та підготовка вхідних даних до роботи.

Розподіл годин СРС: підготовка до екзамену – 30 годин; підготовка до лабораторної роботи – 10.5 (1.5 години на кожну); підготовка до МКР( дві частини) – 4 години; підготовка до лекції – 16 годин (1 година на кожну лекцію, починаючи з другої), опанування додаткової літератури - 5.5 години.

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

- Відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Відвідування лабораторних занять є обов'язковою складовою вивчення матеріалу;

- При захисті лабораторних робіт студент має продемонструвати розроблений програмний код та результати його виконання на тестах, як заздалегідь підготованих, так і запропонованих викладачем. У випадку дистанційної форми навчання захист відбувається на відповідній конференції шляхом демонстрації екрана.

- Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

- Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

1. Стартовий рейтинг (виконання робіт в семестрі) оцінюється у 50 балів. Розподіл балів наведено в таблиці:

| Роботи                     | Максимальна кількість балів за виконання однієї роботи | $\Sigma$ |
|----------------------------|--|----------|
| Лабораторні роботи 2,4,7   | 5  | 15       |
| Лабораторні роботи 1,3,5   | 5+2  | 21       |
| Лабораторна робота 6       | 5+2+2  | 9        |
| Модульна контрольна робота | 5  | 5        |
|                            |  | 50       |

Бали за лабораторні роботи 1,3,5 складаються з письмового виконаного завдання 2б. і здачі роботи 5 б.

Бали за лабораторну роботу 6 складаються з двох письмових виконаних завдань 4б. і здачі роботи 5 б.

Бали віднімаються за:

- 1) неоптимальний алгоритм – 10% від максимальної кількості балів;
- 2) неоптимальні структури представлення інформації – 10% від максимальної кількості балів;
- 3) ненадану або невірну відповідь на запитання – 20% від максимальної кількості балів при захисті лабораторної роботи або 100% - на контрольній роботі.

2. Календарний контроль проводиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу:

| Критерій                     | Перший календарний контроль | Другий календарний контроль |
|------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Термін календарного контролю | Тиждень 7-8                 | Тиждень 14-15               |

|  |             |              |
|--|-------------|--------------|
| <b>Умови отримання позитивної оцінки</b> | ≥ 12.5 бали | ≥ 32.5 балів |
|--|-------------|--------------|

3. Умови допуску до екзамену: відсутність заборгованостей з лабораторних робіт 1 - 7 та стартовий рейтинг не менше 30 балів.

4. Екзаменаційний рейтинг (відповідь на екзамені) оцінюється в 50 балів. На екзамені студенти виконують письмову контрольну роботу. Екзаменаційний білет складається з двох теоретичних питань та одного практичного завдання. Ваговий бал кожного теоретичного питання – 15 балів, завдання – 20 балів.

Теоретична частина оцінюється таким чином:

- правильна чітко викладена, повна відповідь – (не менше 90% потрібної інформації) – 13-15 балів;
- достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) – 11-12 балів;
- неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) – 9-10 балів;
- незадовільна відповідь – 0 балів.

Практичне завдання оцінюється таким чином:

- повне, безпомилкове розв'язування завдання – 18-20 балів;
- повне, розв'язування завдання із несуттєвими невідповідностями – 15-17-балів;
- завдання виконане з певними недоліками – 12-14 балів;
- завдання не виконано – 0 балів.

5. Рейтингова оцінка за освітній компонент розраховується як сума балів стартового та екзаменаційного рейтингів (50 + 50 = 100 балів) і визначається згідно з таблицею переведення рейтингових балів у оцінку за університетською шкалою:

| Бали:<br>практичні роботи<br>+ екзаменаційна контрольна робота | Оцінка       |
|--|--------------|
| 100...95   | Відмінно     |
| 94...85  | Дуже добре   |
| 84...75  | Добре        |
| 74...65  | Задовільно   |
| 64...60  | Достатньо    |
| Менше 60   | Незадовільно |
| Є не зараховані лабораторні роботи                             | Не допущено  |

### 9. **Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)**

Розділ 2 освітнього компонента 2 містить основи моделювання кривих та поверхонь та може бути зарахований за наявності сертифікатів відповідних курсів з комп'ютерної графіки. В якості прикладу опанування фундаментальними основами можна взяти курс Justin Solomon <https://www.youtube.com/c/justinmsolomon/featured>

#### **Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):**

**Складено** зав.каф. ЦТЕ, д.т.н., проф. Аушевою Наталією Миколаївною, асист. Кардашовим Олександром Вадимовичем

**Ухвалено** кафедрою ЦТЕ (протокол № 22 від 25.06.2025)

**Погоджено** Методичною комісією НН ІАТЕ КПІ ім. Ігоря Сікорського (протокол № 9 від 27.06.25)