



# МЕТОДИ АНАЛІЗУ ПРОСТОРОВОГО РОЗТАШУВАННЯ 3D-МОДЕЛЕЙ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий (магістерський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Інженерія авіаційних та ракетно-космічних систем</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Загальна кількість годин: 120; лекції – 36 год; практичні (семінарські) – 18 год; самостійна робота – 62 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>залік (усний)</i>
Розклад занять	<i>Згідно розкладу на сайті університету: roz.kpi.ua</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: к.т.н. Конотоп Дмитро Ігорович, konotop.dmitriy@gmail.com, тел. +38(050)7781208</i> <i>Лабораторні: к.т.н. Конотоп Дмитро Ігорович, konotop.dmitriy@gmail.com, тел. +38(050)7781208</i>
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/MTgwNzY1MjE5Nzcx?cjc=pcjv2p3">https://classroom.google.com/c/MTgwNzY1MjE5Nzcx?cjc=pcjv2p3</a>

### Програма навчальної дисципліни

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

Даний кредитний модуль призначений для надання студентам математичне уявлення про розташування будь-якого тривимірного об'єкту за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення. Вивчатиметься продукт моделювання – 3D-модель та методи аналізу просторового розташування 3D-моделей.

#### **Мета і завдання кредитного модуля**

Метою кредитного модуля є формування у студентів здатностей:

- створювати складні технічні об'єкти (ТО), використовуючи математичне моделювання та обчислювальні методи моделювання тіл та поверхонь, що є основою розуміння складових будь-якого складного ТО;
- освоєння методів та підходів теоретичного 3D-моделювання з метою розташування об'єктів з уникнути багатьох помилок до початку створення реальних компонентів складних ТО.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння кредитного модуля мають продемонструвати такі результати навчання:

- **компетентності:** навички використання новітніх інформаційних технологій при створенні складних ТО та здатність аналізувати існуючий рівень конструкторських та наукових розробок в своїй професійній галузі та визначати існуючі проблеми і напрями підвищення якості розробок.

- **знання:** методів визначення екстремумів довільних функцій за допомогою числового диференціювання; методів розробки програмного забезпечення, інтегрованого в систему керування проектними даними; формоутворення поверхонь та тіл складних ТО.

- **уміння:** вирішувати задачу багатовимірної оптимізації з обмеженнями з урахуванням спеціальних вимог і особливостей процесу проектування механічних систем складних ТО.

- **досвід:** застосування апарату класичної математики для вирішення задач оптимізації – варіаційного обчислення та задачі розміщення компонентів моделей складних ТО; освоєння методу послідовно-одиначного розміщення при розташуванні компонентів геометричного моделювання складних ТО. Отримані знання потрібні для роботи на переважній більшості конструкторсько-інженерних посад підприємств розвинутих країн світу, які виробляють сучасні складні ТО.

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Вивчення цієї дисципліни вимагає наявності у студентів знань і вмінь, які вони отримали під час вивчення дисциплін підготовки за спеціальністю 134 "Авіаційна та ракетно-космічна техніка", зокрема: «Автоматизація проектування ЛА».

Вивчення цієї дисципліни забезпечує проведення науково-дослідної роботи за темою магістерської дисертації, подальше виконання науково-дослідної практики та безпосередню роботу над магістерською дисертацією.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (семінарські)	Лабораторні (Комп'ютерний практикум)	СРС
Тема 1. Математичне забезпечення аналізу розташування тіл і поверхонь різних етапів створення складних ТО із використанням CAD/CAM/CAE та PLM систем.	56	18	-	10	28
Тема 2. Практична реалізація основних аспектів розташування поверхонь та твердих тіл складних ТО у системах Pro/Engineer, Creo, Autodesk Fusion 360, Solid Works тощо.	55	18	-	8	29
Контрольна робота	5	-	-	-	5
Залік	4	-	-	-	-
<b>Всього годин:</b>	<b>120</b>	<b>36</b>	<b>-</b>	<b>18</b>	<b>62</b>

## 4. Навчальні матеріали та ресурси

## Рекомендована література

### Базова:

1. Konotop D. I. 3D-models design concept of complex technical objects using knowledge-based technology/ D. I. Konotop, V. P. Zinchenko // Механіка гіроскопічних систем. – 2017. – № 34. – С. 5–13.
2. Зінченко В. П. Інформаційні технології моделювання компоновки складного технічного об'єкта / В. П. Зінченко, Д. І. Конотоп, О. П. Сидоренко, В. В. Борисов // Інформаційні системи, механіка та керування. – 2011. – № 6. – С. 27–35.
3. Ванін В.В. Теоретичні основи комп'ютерного геометричного моделювання авіаційної техніки: навч. посіб. / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко, О.В. Збруцький. – К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 124 с.
4. Каханер Д., Моулер К., Нэш С. «Численные методы и программное обеспечение», М.: Мир, 2001.
5. Ванін В.В. Теоретичні основи геометричного моделювання в машинобудівних САПР із прикладами в КОМПАС-3D: навч. посіб. / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко. – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 140 с.
6. Ванін В.В. Теоретичні основи комп'ютерного геометричного моделювання авіаційної техніки: навч. посіб. / В.В. Ванін, Г.А. Вірченко, О.В. Збруцький. – К.: НТУУ "КПІ", 2013. – 124 с.

### Додаткова:

7. Вірченко Г.А. Розробка комп'ютерних моделей базової геометрії несучих поверхонь літака. Метод. вказівки до комп'ют. практикуму / Г. А. Вірченко, Р.В. Карнаушенко, В. В. Борисов, Ю.І. Бондар. – К.: НТУУ "КПІ", 2014. – 44 с.
8. Проектування елементів літальних апаратів у системах CAD/CAM/CAE. Комп'ютерне моделювання елементів конструкції крила літака. Метод. вказівки / В.В. Борисов, Г. А. Вірченко – К.: НТУУ "КПІ", 2008. – 32 с.
9. Комп'ютерне моделювання типових елементів складальних пристроїв. Метод. вказівки / Г.А. Вірченко – К.: НТУУ "КПІ", 2007. – 24 с.
10. Konotop D. I. 3D-models design concept of complex technical objects using knowledge-based technology/ D. I. Konotop, V. P. Zinchenko // Механіка гіроскопічних систем. – 2017. – № 34. – С. 5–13.
11. Зінченко В. П. Інформаційні технології моделювання компоновки складного технічного об'єкта / В. П. Зінченко, Д. І. Конотоп, О. П. Сидоренко, В. В. Борисов // Інформаційні системи, механіка та керування. – 2011. – № 6. – С. 27–35.
12. Конотоп Д. І. Створення контрольної базової моделі в інформаційних технологіях проектування складного технічного об'єкта / Д. І. Конотоп, В. П. Зінченко // Наукові вісті Національного технічного університету України "Київський політехнічний інститут". – 2012. – № 6 (86). – С. 132–137.

## Навчальний контент

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

#### Лекційні заняття

№ з/п	Назва теми лекції та перелік основних питань (перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	<i>Тема 1. Математичне забезпечення аналізу розташування тривимірних об'єктів із використанням CAD/CAM/CAE та PLM систем</i>
1	<i>Лекція 1.</i> Математичний опис розташування будь-якого тривимірного об'єкту із використанням CAD/CAM/CAE та PLM систем. Завдання для СРС: Проаналізувати наявний математичний апарат розташування будь-якого тривимірного об'єкту із використанням CAD/CAM/CAE та PLM систем. Література: [1, 2, 4]
2	<i>Лекція 2.</i> Методи аналізу просторового розташування 3D-моделей. Завдання для СРС: Опишіть методи аналізу просторового розташування 3D-моделей. Література: [1, 2, 4]
3	<i>Лекція 3.</i> Компонування компонентів всередині складного ТО на прикладі літального апарату. Завдання для СРС: Опишіть основні принципи конструювання компонентів літального апарату. Література: [10, 13]
4	<i>Лекція 4.</i> Використання кривих для формоутворення деталей, вузлів та агрегатів літальних апаратів. Складені криві. Завдання для СРС: Охарактеризуйте визначення у векторній параметричній формі. Література: [2, с. 39-40, с. 58-61]
5	<i>Лекція 5.</i> Визначення обмежень при розташуванні моделей (геометричні, центрувальні, вагові, функціональні, і т. д.) Завдання для СРС: Опишіть основні види обмежень при розташуванні моделей. Література: [1, 6]
6	<i>Лекція 6.</i> Критерії ефективності моделей компонентів складних ТО. Завдання для СРС: Опишіть основні критерії ефективності моделей компонентів складних ТО. Література: [1, 7]
7	<i>Лекція 7.</i> Розробка узагальненої моделі складних ТО. Завдання для СРС: Опишіть основні складові та зв'язки всередині узагальненої моделі складних ТО. Література: [1, 12]
8	<i>Лекція 8.</i> Використання декомпозиції та синтезу при побудові компонентів складних ТО. Завдання для СРС: Наведіть приклади використання декомпозиції та синтезу при побудові компонентів складних ТО. Література: [10, 13]
9	<i>Лекція 9.</i> Технологія паралельного проектування PLM. Завдання для СРС: Опишіть, яким чином використовується технологія паралельного проектування PLM при створенні складних ТО. Література: [11, 12]
	<i>Тема 2. Практична реалізація основних аспектів забезпечення розташування тривимірних об'єктів із використанням програм Pro/Engineer, Creo, Autodesk Fusion 360, Solid Works тощо</i>
10	<i>Лекція 10.</i> Схема дерева проекту складного технічного об'єкта в системі PLM. Завдання для СРС: Опишіть основний принцип ведення дерева проекту в різноманітних системах PLM. Література: [8, 12]
11	<i>Лекція 11.</i> Створення контрольної базової моделі в інформаційних технологіях проектування складного технічного об'єкта. Завдання для СРС: Опишіть принцип створення контрольної базової моделі в інформаційних технологіях проектування складного технічного об'єкта. Література: [14]
12	<i>Лекція 12.</i> Розробка методу знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів. Завдання для СРС: Опишіть метод знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів. Література: [12]

13	<p><i>Лекція 13.</i> Модифікації методу знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів.</p> <p>Завдання для СРС: Поясніть основні модифікації методу знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів.</p> <p>Література: [12]</p>
14	<p><i>Лекція 14.</i> Онтологічний опис процесу створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів.</p> <p>Завдання для СРС: Виконайте онтологічний опис процесу створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів.</p> <p>Література: [12]</p>
15	<p><i>Лекція 15.</i> Розробка бази даних та бази знань створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів.</p> <p>Завдання для СРС: Опишіть основний принцип розробки бази даних та бази знань створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів.</p> <p>Література: [12]</p>
16	<p><i>Лекція 16.</i> Розробка системи програмних модулів зв'язку складових інформаційної технології.</p> <p>Завдання для СРС: Наведіть компоненти системи програмних модулів зв'язку складових інформаційної технології.</p> <p>Література: [12, 15]</p>
17	<p><i>Лекція 17.</i> Інформаційна система створення та супроводження узагальненої моделі складних технічних об'єктів.</p> <p>Завдання для СРС: Опишіть складові інформаційної системи створення та супроводження узагальненої моделі складних технічних об'єктів</p> <p>Література: [12, 13]</p>
18	<p><i>Лекція 18.</i> Оглядова.</p>

#### **Лабораторні заняття**

Основним завданням лабораторних занять є закріплення знань, отриманих на лекціях. Кредитний модуль містить наступні лабораторні заняття.

№ з/п	Назва теми заняття та перелік основних питань (перелік дидактичного забезпечення, посилання на літературу та завдання на СРС)
1	<p>Розробка схеми дерева проекту складного технічного об'єкта в системі CAD/CAM/CAE та PLM. (Тема 2)</p> <p>Завдання для СРС: Розробити дерево проекту складного ТО в системі CAD/CAM/CAE.</p> <p>Література: [8, 12]</p>
2	<p>Створення контрольної базової моделі в системі CAD/CAM/CAE та PLM. (Тема 2)</p> <p>Завдання для СРС: Створіть контрольну базову модель в системі CAD/CAM/CAE та PLM.</p> <p>Література: [14]</p>
3	<p>Розробка методу знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів. (Тема 2)</p> <p>Завдання для СРС: Розробити приклад керування моделями згідно методу знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів.</p> <p>Література: [12]</p>
4	<p>Створення модифікацій методу знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів. (Тема 2)</p> <p>Завдання для СРС: Розробити основні модифікації методу знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів.</p> <p>Література: [12]</p>
5	<p>Виконання онтологічного опису процесу створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів. (Тема 2)</p> <p>Завдання для СРС: Виконати онтологічний опис процесу створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів.</p> <p>Література: [12]</p>
6	<p>Розробка бази даних та бази знань створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів. (Тема 2)</p> <p>Завдання для СРС: Розробити спрощений приклад бази даних та бази знань створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів.</p> <p>Література: [12]</p>

7	Розробка системи програмних модулів зв'язку складових інформаційної технології. (Тема 2) Завдання для СРС: Розробити компоненти системи програмних модулів зв'язку складових інформаційної технології. Література: [12, 15]
8	Розробка інформаційної системи створення та супроводження узагальненої моделі складних технічних об'єктів. (Тема 2) Завдання для СРС: Розробити основні складові інформаційної системи створення та супроводження узагальненої моделі складних технічних об'єктів Література: [12, 13]
9	Реалізація системи програмних модулів зв'язку складових інформаційної технології. (Тема 2) Завдання для СРС: Реалізувати систему програмних модулів зв'язку складових інформаційної технології. Література: [13, 14]
10	Усний залік.

## 6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студентів полягає у підготовці до аудиторних занять згідно з отриманими завданнями на попередніх лекційних або практичних заняттях.

### Політика та контроль

## 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

В рамках проведення дисципліни ставиться наступний перелік вимог перед студентом:

- обов'язкове відвідування занять (як лекцій, так і практичних);
- на заняттях уважно та добросовісно ставитись до отриманого матеріалу, проявляти активність та показувати небайдужість до предмету.
- дозволяється використання засобів зв'язку для пошуку інформації на гугл-дискі групи та в Інтернеті.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- індивідуальну роботу під час практичних занять;
- модульну контрольну роботу.

### Умови позитивної проміжної атестації у семестрі.

Для отримання "зараховано" з першої проміжної атестації (8 тижень) студент повинен мати не менш, ніж 20 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має 40 балів).

Для отримання "зараховано" з другої проміжної атестації (14 тижень) студент повинен мати не менш, ніж 40 балів (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів "ідеальний" студент має 80 балів).

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

### **Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання**

#### 1. Лабораторні заняття

Ваговий бал практичного заняття – 8.

Критерії оцінювання:

- повне виконання – 8 балів;
- виконання, але теоретичні знання недостатні – 6 ... 7 балів;
- не підготовлений – 0 балів.

Максимальна кількість балів за всі практичні заняття: 8 балів  $\cdot$  9 = 72 бали.

#### 2. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 28.

Максимальна кількість балів дорівнює 28 балів  $\cdot$  1 = 28 балів.

Критерії оцінювання:

- повне виконання завдання – 25 ... 28 балів;
- неповне виконання завдання – 16...24 бали;
- незадовільне виконання – 0 балів.

**Штрафні та заохочувальні бали:**

- творчий підхід, активна участь в обговоренні тем: +1...+6 балів;
- відсутність пропусків лекцій без поважних причин: +2...+4 бали;
- відсутність на занятті без поважної причини: –1...–10 бал.

Максимальна кількість заохочувальних та штрафних балів дорівнює 10.

#### **Розрахунок шкали (RD) рейтингу:**

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$RD = 72 + 28 = 100 \text{ балів.}$$

Якщо наприкінці семестру після проходження всіх контрольних заходів з кредитного модулю студент отримав не менше ніж 60 рейтингових балів, а також виконав умови допуску до семестрового контролю з цього кредитного модулю, він отримує позитивну оцінку.

У разі, якщо сума рейтингових балів менша ніж 60, але виконані умови допуску до семестрової контролю з цього семестрового контролю, студент виконує на останньому за розкладом занятті залікову контрольну роботу. За бажанням, студент має право на участь у заліковій контрольній роботі з метою підвищення попередньої оцінки. При цьому, в якості залікових, беруться бали, отримані за залікову роботу, або бали, накопичені за семестр, в залежності від їх кількості.

Контрольне завдання залікової роботи складається з теоретичного питання, яке перевіряє знання теорії, та задачі, що перевіряє практичні навички студента. Максимальна кількість балів за контрольну роботу дорівнює 100.

#### Теоретична частина.

- вільне володіння матеріалом, відповідь на усі додаткові питання – 46...50 балів;
- досить впевнене володіння матеріалом, неповні відповіді на додаткові питання – 36 ... 44 бали;
- невпевнена відповідь на основне питання, неповні відповіді на додаткові питання – 30 ... 34 бали;
- не має відповіді на основне питання – 0 балів.

#### Лабораторна частина.

- впевнене та швидке вирішення задачі, впевнені відповіді на додаткові питання – 46 ... 50 балів;
- повне вирішення задачі, але невпевнені відповіді на додаткові питання – 36... 44 бали;
- неповне розв'язання задачі – 30 ... 34 бали;
- задача не розв'язана – 0 балів.

Сума балів переводиться до залікової оцінки згідно з таблицею.

Рейтингові бали, RD	Оцінка за університетською шкалою
$95 \leq RD \leq 100$	Відмінно
$85 \leq RD \leq 94$	Дуже добре
$75 \leq RD \leq 84$	Добре
$65 \leq RD \leq 74$	Задовільно
$60 \leq RD \leq 64$	Достатньо
$RD < 60$	Незадовільно
Невиконання умов допуску до семестрового контролю	Не допущено

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

По закінченні вивчення кредитного модуля студенти виконують письмову модульну контрольну роботу тривалістю 2 учбові години. Завдання отримують у вигляді контрольного теоретичного питання (Перелік питань у Додатку).

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

Складено ст. викладачем., к.т.н. Конотопом Дмитром Ігоровичем

Ухвалено кафедрою авіа- та ракетобудування (протокол № 7 від 22.09.2023)

Погоджено Методичною комісією ІАТ (протокол № \_7/23 від 25.09.2023)

**Додаток**

Питання до модульної контрольної роботи

1. Математичний опис розташування будь-якого тривимірного об'єкту із використанням CAD/CAM/CAE та PLM систем.

2. Методи аналізу просторового розташування 3D-моделей.
3. Компонування компонентів всередині складного ТО на прикладі літального апарату.
4. Використання кривих для формоутворення деталей, вузлів та агрегатів літальних апаратів. Складені криві.
5. Визначення обмежень при розташуванні моделей (геометричні, центрувальні, вагові, функціональні, і т. д.)
6. Критерії ефективності моделей компонентів складних ТО.
7. Використання декомпозиції та синтезу при побудові компонентів складних ТО.
8. Розробка узагальненої моделі складних ТО.
9. Технологія паралельного проектування PLM.
10. Схема дерева проекту складного технічного об'єкта в системі PLM.
11. Створення контрольної базової моделі в інформаційних технологіях проектування складного технічного об'єкта.
12. Розробка методу знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів.
13. Модифікації методу знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів.
14. Онтологічний опис процесу створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів.
15. Розробка бази даних та бази знань створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів.
16. Розробка системи програмних модулів зв'язку складових інформаційної технології.
17. Інформаційна система створення та супроводження узагальненої моделі складних технічних об'єктів.
18. Розробка схеми дерева проекту складного технічного об'єкта в системі CAD/CAM/CAE та PLM.
19. Створення контрольної базової моделі в системі CAD/CAM/CAE та PLM.
20. Розробка методу знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів.
21. Створення модифікацій методу знання-орієнтованого створення складних технічних об'єктів.
22. Виконання онтологічного опису процесу створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів.
23. Розробка бази даних та бази знань створення узагальненої моделі складних технічних об'єктів.
24. Розробка системи програмних модулів зв'язку складових інформаційної технології.
25. Реалізація системи програмних модулів зв'язку складових інформаційної технології.
26. Розробка інформаційної системи створення та супроводження узагальненої моделі складних технічних об'єктів.