



ІНЖЕНЕРНІ ОСНОВИ ОБ'ЄМНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</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>Обов'язкова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>Загальна кількість годин: 120; лекції – 36 год; лабораторні заняття – 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: ст. викладач, к.т.н. Конотоп Дмитро Ігорович, konotop.dmitriy@gmail.com, тел. +38(050)7781208 Лабораторні заняття: ст. викладач, к.т.н. Конотоп Дмитро Ігорович, konotop.dmitriy@gmail.com, тел. +38(050)7781208</i>
Розміщення курсу	https://classroom.google.com/c/MTY0OTk0MzA3OTM0

Програма навчальної дисципліни

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

Даний кредитний модуль призначений для надання студентам знань у галузі вивчення основних інструментів та прийомів комп'ютерного моделювання тіл та поверхонь, а також способів подання моделей геометричних об'єктів. Розглядаються елементи топології і проективної геометрії. Вивчаються завдання геометричного пошуку і локалізації точки, розбиття поверхонь, моделювання кривих ліній, поверхонь і тіл.

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;
- самостійно виконати опис геометричних об'єктів та опис математичних моделей геометрії 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:** геометричного моделювання, моделювання поверхонь та тіл складних ТО; освоєння операцій над кривими і поверхнями; здатність опису математичних моделей тіл та поверхонь 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 моделювання 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 моделювання поверхонь і тіл складних ТО у системах Pro/Engineer, Creo, Autodesk Fusion 360, Solid Works тощо.	55	18	-	8	29
Контрольна робота	5	-	-	-	5
Залік	4	-	-	-	-
Всього годин:	120	36	-	18	62

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

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
---	----------------------------------------------

з/п	(перелік дидактичних засобів, посилання на літературу та завдання на СРС)
	<i>Тема 1. Математичне забезпечення моделювання тіл і поверхонь різних етапів створення складних ТО із використанням CAD/CAM/CAE та PLM систем</i>
1	<i>Лекція 1.</i> Сутність наявного процесу створення складних ТО із використанням CAD/CAM/CAE та PLM систем. Завдання для СРС: Проаналізувати наявний процес створення складних ТО із використанням CAD/CAM/CAE та PLM систем. Література: [1, 3]
2	<i>Лекція 2.</i> Математичні основи опису ліній і поверхонь. Завдання для СРС: Проаналізуйте аналітичне визначення прямої лінії, кола, еліпса, гіперболи та параболи. Література: [2, 3, 4]
3	<i>Лекція 3.</i> Відображення на площині. Завдання для СРС: Проаналізуйте аналітичні вирази для композицій паралельного перенесення, поворотів і масштабування на площині з використанням однорідних координат. Література: [3, с. 18-27]
4	<i>Лекція 4.</i> Використання еліпсів, парабол та гіпербол при побудові компонентів складних ТО. Завдання для СРС: Доведіть зручність та простоту геометричного моделювання складених обводів першого порядку гладкості за допомогою кривих другого порядку у векторній параметричній формі. Література: [3, с. 39-40, с. 58-61]
5	<i>Лекція 5.</i> В-сплайни та криві Безьє. Завдання для СРС: Опишіть порядок побудови складених кривих Безьє. Наведіть та проаналізуйте рекурентну формулу Кокса і де Бура для визначення В-сплайна. Література: [3, с. 56-67]
6	<i>Лекція 6.</i> Лінійчасті оболонки. Поверхні обертання на основі різноманітних ліній. Поверхні Кунса. Завдання для СРС: Наведіть приклади лінійчастих поверхонь та поверхонь обертання на основі кривих Безьє та NURBS. Література: [3, с. 71-75]
7	<i>Лекція 7.</i> Оболонки Фергюсона й Безьє. В-сплайнові та NURBS поверхні. Завдання для СРС: Наведіть та проаналізуйте аналітичні вирази для В-сплайн поверхонь. Література: [3, с. 75-77]
8	<i>Лекція 8.</i> Використання параметрів при геометричному моделюванні компонентів складних ТО. Завдання для СРС: Наведіть декілька критеріїв параметричної оптимізації авіаційної техніки. Література: [6, с. 33-39]
9	<i>Лекція 9.</i> Структурне моделювання геометричних компонентів складних ТО. Завдання для СРС: Дайте загальний опис структурно-параметричної оптимізації та основні напрямки її застосування в авіації та космонавтиці. Література: [6, с. 33-39]
	<i>Тема 2. Реалізація основних аспектів моделювання поверхонь і тіл складних ТО у системах Pro/Engineer, Creo, Autodesk Fusion 360, Solid Works тощо</i>
10	<i>Лекція 10.</i> Визначення точок, відрізків, площин у сучасних CAD/CAM/CAE системах. Завдання для СРС: Проаналізуйте способи визначення точок у програмах Pro/Engineer, Autodesk Fusion 360. Література: [3, с. 90-97]
11	<i>Лекція 11.</i> Побудова прямолінійних відрізків у сучасних CAD/CAM/CAE системах. Завдання для СРС: Опишіть формування кривої Безьє третього порядку в програмі Pro/Engineer. Література: [3, с. 100; 7, с. 218-255]
12	<i>Лекція 12.</i> Побудова В-сплайна третього порядку з шістьма опорними точками системах CAD/CAM/CAE. Завдання для СРС: Опишіть засоби системи Pro/Engineer та визначення властивостей геометричних об'єктів. Література: [3, с. 101-103; 7, с. 256-296]

13	<i>Лекція 13.</i> Побудова тора в системах CAD/CAM/CAE. Завдання для СРС: Поясніть спосіб порівняння аналітично отриманих координат поверхонь обертання та одержаних за допомогою довідкових команд сучасних комп'ютерних систем автоматизованого конструювання. Література: [3, с. 104-108]
14	<i>Лекція 14.</i> Моделювання бікубічної оболонки Безье в системах CAD/CAM/CAE. Завдання для СРС: Окресліть можливі напрямки використання кінематичного формоутворення в сучасних комп'ютерних системах автоматизованого конструювання під час розробки авіаційної та космічної техніки. Література: [3, с. 108-113]
15	<i>Лекція 15.</i> Зміна форми, розмірів та положення існуючих геометричних об'єктів. Завдання для СРС: Наведіть засоби керування формою та розмірами геометричних фігур, визначених на основі застосування NURBS. Література: [3, с. 111-113]
16	<i>Лекція 16.</i> Якість автоматизованого формоутворення різноманітних фігур. Завдання для СРС: Обґрунтуйте особливу важливість забезпечення в системах CAD/CAM/CAE якості геометричного моделювання під час розробки авіаційної та космічної техніки. Література: [7, с. 463-467]
17	<i>Лекція 17.</i> Побудова складених об'єктів у CAD/CAM/CAE системах. Завдання для СРС: Опишіть структурний характер геометричного моделювання теоретичної поверхні крила сучасного літака. Література: [11, с. 14-16]
18	<i>Лекція 18.</i> Оглядова.

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	Аналіз результатів дослідів (Тема 2) Завдання для СРС: Орієнтуватися в підходах з аналізу результатів дослідів. Література: [15, с.282-289]
2	Варіанти побудови систем координат у тривимірному просторі (Тема 2) Завдання для СРС: Опишіть математичний апарат побудови систем координат у тривимірному просторі. Література: [3, с. 18-27]
3	Математичні основи опису ліній (Тема 2) Завдання для СРС: Вивчити основні характеристики кривих у CAD/CAM/CAE системах. Література: [4, с.22-32, 34-38]
4	Розробка аеродинамічних профілів CAD/CAM/CAE системах. (Тема 2) Завдання для СРС: Ознайомитись із побудовою різних видів кривих у CAD/CAM/CAE системах. Література: [3, с.39-40, с.56-58, с.61-69]
5	Моделювання поперечних перерізів поверхонь літака, ракети тощо (Тема 2) Завдання для СРС: Ознайомитись із побудовою поперечних перерізів у CAD/CAM/CAE системах. Література: [15, с.28-31]
6	Розробка лінійчастих оболонок (Тема 2) Завдання для СРС: Наведіть приклади лінійчастих оболонок та поверхонь обертання. Література: [3, с. 71-73]
7	Моделювання поверхонь обертання на основі різноманітних ліній. (Тема 2) Завдання для СРС: Опишіть типи поверхонь літальних апаратів. Література: [16, с.137-146]
8	Моделювання лінійчастих поверхонь літака (крила, оперення, передкрилків, закрилків, елеронів тощо) за експериментальними даними (Тема 2) Завдання для СРС: Ознайомитись із побудовою лінійчастих поверхонь літака в CAD/CAM/CAE системах.

	Література: [3, с.71-73]
9	Моделювання криволінійних поверхонь літака (фюзеляжу, гондол двигунів, обтічників тощо) за експериментальними даними (Тема 2) Завдання для СРС: Ознайомитись із побудовою криволінійних поверхонь у CAD/CAM/CAE системах. Література: [3, с.73-77]
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-диску 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 \times 9 = 72 бали.

2. Модульна контрольна робота

Ваговий бал – 28.

Максимальна кількість балів дорівнює 28 балів \times 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)

Питання до модульної контрольної роботи

1. Математичні основи опису ліній і поверхонь.
2. Сутність наявного процесу створення складних ТО із використанням CAD/CAM/CAE та PLM систем.
3. Відображення на площині.
4. Використання еліпсів, парабол та гіпербол при побудові компонентів складних ТО.
5. В-сплайни та криві Безьє.
6. Лінійчасті оболонки.
7. Поверхні обертання на основі різноманітних ліній.
8. Поверхні Кунса.
9. Оболонки Фергюсона й Безьє.
10. В-сплайнові поверхні.
11. NURBS поверхні.
12. Використання параметрів при геометричному моделюванні компонентів складних ТО.
13. Структурне моделювання геометричних компонентів складних ТО.
14. Визначення точок у сучасних CAD/CAM/CAE системах.
15. Визначення відрізків, площин у сучасних CAD/CAM/CAE системах.
16. Визначення площин у сучасних CAD/CAM/CAE системах.
17. Побудова прямолінійних відрізків у сучасних CAD/CAM/CAE системах.
18. Побудова В-сплайна третього порядку з шістьма опорними точками системах CAD/CAM/CAE.
19. Моделювання бікубічної оболонки Безьє в системах CAD/CAM/CAE.
20. Побудова тора в системах CAD/CAM/CAE.
21. Зміна форми, розмірів та положення існуючих геометричних об'єктів.
22. Якість автоматизованого формоутворення різноманітних фігур.
23. Побудова складених об'єктів у CAD/CAM/CAE системах.
24. Моделювання лінійчатих поверхонь літальних апаратів.
25. Моделювання криволінійних поверхонь літальних апаратів.