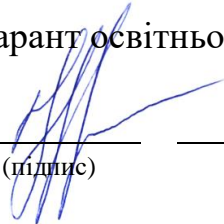


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра Конструкції авіаційних двигунів (№ 203);
Технології виробництва авіаційних двигунів (№ 204)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


Сергій НИЖНИК

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« 21 » 08 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА *ОБОВ'ЯЗКОВОЇ*
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ РОЗРОБКИ
ТА ВИРОБНИЦТВА АВІАЦІЙНИХ ДВИГУНІВ**

(назва навчальної дисципліни)

(назва вибіркового блоку)

Галузь знань:

13 «Механічна інженерія»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність:

134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма:

«Авіаційні двигуни та енергетичні установки»

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти:

Перший (бакалаврський)

(рівень освіти)

Харків 2024

Розробник ст. викл. каф. 203 Євген МАРЦЕНЮК,
доц., к.т.н. каф. 204 Олександр ШОРИНОВ
 (посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище)


 (підпис)

Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
 (№ 203) Конструкції авіаційних двигунів
 (назва кафедри)

Протокол № 1 від « 30 » серпня 2024.

Завідувач кафедри д.т.н, професор  Сергій СПИФАНОВ
 (науковий ступінь і вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище)

Робочу програму навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
 №(204) Технології виробництва авіаційних двигунів
 (назва кафедри)

Протокол № 4 від « 21 » серпня 2024 р.

В.о. завідувача
 кафедри

к.т.н, доцент
 (науковий ступінь і вчене звання)



Сергій НИЖНИК
 (ім'я та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

| Найменування показників | Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти | Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання) |
|---|--|---|
| Кількість кредитів – 4,5 | <p>Галузь знань: <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і найменування)</p> <p>Спеціальність: <u>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</u> (код і найменування)</p> <p>Освітня програма: <u>«Авіаційні двигуни та енергетичні установки»</u> (найменування)</p> <p>Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u></p> | Обов'язкова |
| Кількість модулів – 2 | | Навчальний рік 2024 / 2025 |
| Кількість змістових модулів – 2 | | Семестр 7 -й |
| Індивідуальне завдання: «Визначення, організація та публікація інформації про виробництво деталі АД (РМІ) в програмному пакеті SolidWorks MBD» (назва) | | Лекції * 32 год. |
| Загальна кількість годин – 64*/135 | | Практичні, семінарські * 16 год. |
| Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 4,4375 | | Лабораторні * 16 год. |
| | | Самостійна робота 71 год. |
| | | Вид контролю іспит |

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить 64 / 71

* Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: дати знання, навички і уміння, необхідні для кваліфікованого моделювання та виготовлення деталей і вузлів авіаційних двигунів та енергетичних установок.

Завдання: визначення методів та підходів тривимірного моделювання конструкцій авіаційних двигунів, а також особливостей виконання інженерних розрахунків в програмному комплексі SolidWorks. Вивчити основні методи побудови траєкторій переміщення робочих органів верстата та одержати навички в підготовці керуючих програм.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей:**

Загальні компетентності:

Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій;

Здатність працювати в команді;

Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для відпочинку та ведення здорового способу життя.

Спеціальні (фахові) компетентності:

Здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність;

Здатність розробляти і реалізовувати технологічні процеси виробництва елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки;

Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціального програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності.

Програмні результати навчання:

Володіти засобами сучасних інформаційних та комунікаційних технологій в обсязі, достатньому для навчання та професійної діяльності;

Пояснювати свої рішення і підґрунтя їх прийняття фахівцям і нефахівцям в ясній і однозначній формі;

Володіти навичками самостійного навчання та автономної роботи для підвищення професійної кваліфікації та вирішення проблем в новому або незнайомому середовищі;

Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу;

Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів та надійність систем ракетно-космічної техніки.

Пре-реквізити: Математичний аналіз, Фізика, Теоретична механіка та теорія машин і механізмів, Механіка матеріалів та конструкцій, Геометричне моделювання та графічні інформаційні технології, Термодинаміка і теплообмін, Технологія конструктивних матеріалів, Методи і параметри формоутворення поверхонь, Конструкція АД та ЕУ, Технологія двигунобудування

Ко-реквізити: Динаміка та міцність авіаційних двигунів та енергетичних установок, САЕ аналіз елементів авіаційних двигунів та енергетичних установок, Конструкція, динаміка та міцність авіаційних двигунів та енергетичних установок (курсний проект), Конструкція і динаміка авіаційних двигунів та енергетичних установок, Основи програмування обладнання з ЧПК, Технологія двигунобудування (КП), Програмування верстатів з ЧПК з використанням CAD/CAM систем (КП), Автоматизація виробничих систем.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1

ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ

ТЕМА 1. Історія розвитку CAE систем. Стисла характеристика систем-лідерів: їх основні переваги і недоліки. Місце студійованої CAE системи та її можливості.

ТЕМА 2. Роль числових методів в розрахунках на міцність. Основні етапи числового дослідження міцності конструкції. Ідея і галузь застосування метода скінчених елементів (МСЕ). Основні етапи практичної реалізації. Типи скінчених елементів.

ТЕМА 3. Випробування матеріалів: діаграма “напруження-деформації”. Бібліотека матеріалів в програмному комплексі ANSYS. Створення та налаштування власної бібліотеки матеріалів.

ТЕМА 4. Етапи створення скінчено-елементної сітки. Вільна та впорядкована сітка. Інструменти керування процесом створення сітки.

ТЕМА 5. Найпростіший структурний аналіз конструкції на прикладі консольної балки – різні підходи до вирішення однієї проблеми. Методика постановки, розв’язання задач та аналіз результатів розрахунків напружено-деформованого стану деталей в програмному комплексі ANSYS.

ТЕМА 6. Типи граничних умов в теплових задачах. Задавання граничних умов. Стаціонарні і нестационарні задачі теплопровідності. Формування функціональних залежностей теплофізичних характеристик матеріалів від температури.

ТЕМА 7. Особливості структурного аналізу тіл обертання. Визначення напружено-деформованого стану дисків компресорів і турбін. Методика виконання розрахунку тепло напруженого стану деталі. Особливості задавання граничних умов на поверхнях диска турбіни.

Модуль 2

Змістовий модуль 2

АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

ТЕМА 8. Загальні положення про автоматизацію проєктування в авіадвигунобудуванні. Класифікація систем автоматизованого проєктування.

ТЕМА 9. Функції систем автоматизованого проєктування.

ТЕМА 10. Технологічне підготовлення виробництва.

ТЕМА 11. Структура та види забезпечення системи автоматизованого проєктування технологічних процесів/

ТЕМА 12. Автоматизація підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК

Індивідуальне завдання. Розрахунково-графічна робота на тему: «Визначення, організація та публікація інформації про виробництво деталі АД (РМІ) в програмному пакету SolidWorks MBD»

4. Структура навчальної дисципліни

| Назви змістових модулів і тем | Кількість годин | | | | |
|--|-----------------|--------------|-----|------|---|
| | денна форма | | | | |
| | усього | у тому числі | | | |
| л | | п | лаб | с.р. | |
| <i>1</i> | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Модуль 1 | | | | | |
| Змістовий модуль 1 (ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ) | | | | | |
| ТЕМА 1. Загальні відомості про CAE системи | 4 | 2 | - | - | 2 |

| | | | | | |
|--|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| ТЕМА 2. Основні положення методу скінчених елементів | 10 | 4 | - | - | 6 |
| ТЕМА 3. Модель поведінки матеріалу | 8 | 2 | - | 2 | 4 |
| ТЕМА 4. Створення скінчено-елементної сітки | 8 | 2 | 2 | - | 4 |
| ТЕМА 5. Розрахунок балок та рам на міцність | 8 | - | 2 | 2 | 4 |
| ТЕМА 6. Задачі поширення тепла | 12 | 2 | - | 2 | 8 |
| ТЕМА 7. Розрахунок дисків компресорів і турбін на міцність | 23 | 4 | 4 | 2 | 13 |
| Модульний контроль | 2 | - | - | - | 2 |
| Разом за змістовим модулем 1 | 75 | 16 | 8 | 8 | 43 |
| Модуль 2 | | | | | |
| Змістовий модуль 2 (АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ) | | | | | |
| ТЕМА 8. Загальні положення про автоматизацію проєктування в авіадвигунобудуванні. Класифікація систем автоматизованого проєктування | 4 | 2 | - | - | 2 |
| ТЕМА 9. Функції систем автоматизованого проєктування | 4 | 2 | - | - | 2 |
| ТЕМА 10. Технологічне підготовлення виробництва | 16 | 4 | 4 | 4 | 4 |
| ТЕМА 11. Структура та види забезпечення системи автоматизованого проєктування технологічних процесів | 12 | 4 | 2 | 2 | 4 |
| ТЕМА 12. Автоматизація підготовки керуючих програм для верстатів з ЧПК | 10 | 4 | 2 | 2 | 2 |
| Індивідуальне завдання (РГР) | 14 | - | - | - | 14 |
| Разом за змістовим модулем 2 | 60 | 16 | 8 | 8 | 28 |
| Усього годин | 135 | 32 | 16 | 16 | 71 |

5. Теми практичних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|--|-----------------|
| Модуль 1 | | |
| Змістовий модуль 1 (ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ) | | |
| 1 | Створення скінчено-елементної сітки | 2 |
| 2 | Структурний аналіз консольної балки | 2 |
| 3 | Розрахунок напружено-деформованого стану диска компресора, враховуючи його циклічну симетрію | 4 |
| Модуль 2 | | |
| Змістовий модуль 2 (АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ) | | |
| 4 | Створення тривимірних видів для визначення на основі моделі | 2 |
| 5 | Створення динамічних видів приміток | 4 |
| 6 | Створення вихідного файлу в форматах 3D PDF і eDrawings | 2 |
| | Разом | 16 |

6. Теми лабораторних занять

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|---|-----------------|
| Модуль 1 | | |
| Змістовий модуль 1 (ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ) | | |
| 1 | Робота з бібліотекою матеріалів | 2 |
| 2 | Розрахунок рам з сортаментом користувача | 2 |
| 3 | Стаціонарна задача теплопровідності | 2 |
| 4 | Розрахунок термонапруженого стану диска турбіни ГТД | 2 |
| Модуль 2 | | |
| Змістовий модуль 2 (АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ) | | |
| 5 | Оформлення плану оброблення технологічного процесу виготовлення деталі АД | 2 |
| 6 | Розроблення операцій механічного оброблення деталі: токарної, свердлильної, фрезерної | 6 |
| | Разом | 16 |

7. Самостійна робота

| № з/п | Назва теми | Кількість годин |
|---|--|-----------------|
| Модуль 1 | | |
| Змістовий модуль 1 (ЧИСЕЛЬНІ МЕТОДИ В ІНЖЕНЕРНИХ РОЗРАХУНКАХ) | | |
| 1 | Основні положення метода кінцевих елементів | 6 |
| 2 | Графічний інтерфейс, командний рядок програмного комплексу ANSYS | 2 |
| 3 | Налаштування моделі поведінки матеріалів: робота з бібліотекою та створення власної моделі | 4 |
| 4 | Створення скінчено-елементної сітки | 4 |
| 5 | Методика роботи з програмою. Рішення інженерних задач (міцності, поширення тепла) | 25 |
| Модуль 2 | | |
| Змістовий модуль 2 (АВТОМАТИЗОВАНЕ ПРОЄКТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ОБРОБЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ) | | |
| 6 | Типові і групові технологічні процеси виготовлення деталей | 2 |
| | Методи автоматизованого проєктування | 2 |
| | Рівні автоматизації проєктування технологічних процесів | 2 |
| | Схема алгоритму комп'ютерного проєктування технологічного процесу | 2 |
| | CALS-технології. | 4 |
| | Принципи побудови операцій на верстатах з ЧПК | 2 |
| | Індивідуальна розрахунково-графічна робота | 14 |
| | Разом | 71 |

8. Індивідуальне завдання

Розрахунково-графічна робота на тему: «Визначення, організація та публікація інформації про виробництво деталі АД (РМІ) в програмному пакету SolidWorks MBD»
Розділи роботи:

1. Створення 3D моделі деталі АД.
2. Створення динамічних видів приміток (довідкові розміри, виноски, позначення шорсткості поверхні, позначення геометричних допусків та ін.).
3. Налаштування шаблону 3D-PDF
4. Створення вихідного файлу в форматах 3D PDF і eDrawings
5. Складання пояснювальної записки

9. Методи навчання

Основні форми навчання:

- лекційна;
- практичні роботи;
- лабораторні роботи;
- самостійна робота студента;
- розрахунково-графічна робота;
- іспит.

На лекціях студентів даються основні поняття, основи теорії, закономірності, необхідні для підготовки до практичних занять, виконання самостійної роботи.

Лекція, розв'язує тільки одну дидактичну задачу – дає первісне знайомство з темою, організовує первісне сприйняття матеріалу, формулює основні проблеми.

Проведення практичних занять і лабораторних робіт базується на індивідуальному виконанні студентами: 1) розрахунків деталей газотурбінних двигунів на міцність, теплових розрахунків с подальшим аналізом і поясненням отриманих результатів; 2) технологічної підготовки виробництва з використанням комп'ютерних технологій проектування технологічних процесів виготовлення деталей АД та ЕУ.

Основною формою навчання є самостійна робота. До неї не можна приступати без певного багажу знань, які даються на лекції. Під час самостійної роботи студенти поглиблено вивчають лекційний матеріал, готуються до проведення практичних і лабораторних робіт, виконують індивідуальне завдання (розрахунково-графічну роботу).

10. Методи контролю

10.1. Тестування

Матеріал дисципліни складається з двох змістових модулів:

1. Чисельні методи в інженерних розрахунках;
2. Автоматизоване проектування технологічних процесів оброблення деталей.

Складання модулів – на 9-му та 16-му тижні 7-го семестру (один раз).

До складання модулів студент допускається за умови виконання всіх видів обов'язкових робіт, передбачених у модулях.

Оформлення практичних і лабораторних робіт – *електронний звіт*, захист – *усно*.

Оформлення розрахунково-графічної роботи – *електронний звіт*.

Семестр 7 – *іспит*.

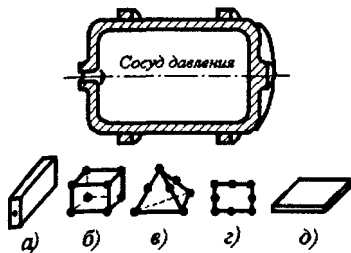
10.2. Питання для контролю та самостійної роботи студентів

Модуль 1

Змістовий модуль 1

1. Чим зумовлена необхідність появи метода скінчених елементів (МСЕ)?
2. Основні поняття та принципи метода скінчених елементів.
3. Етапи вирішення задач за допомогою МСЭ.
4. Порівняльний аналіз програм-лідерів за колом задач, границь застосування і т. ін..

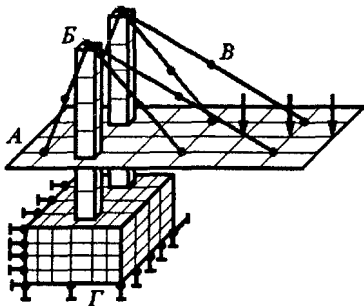
5. Перелік задач, що можуть бути вирішені за допомогою програмного комплексу ANSYS: вихідні дані та отримані результати.
6. Структура інтерфейсу ANSYS та загальна характеристика меню.
7. Перелік та властивості геометричних примітивів.
8. Типи скінчених елементів: призначення точок, балок та оболонок.
9. Особливості елементів, що застосовуються для моделювання вісесиметричних задач.
10. Різниця між елементами першого та другого порядку.
11. Поняття системи координат: різні типи і їх призначення (для побудови складної геометрії, фіксації, навантаження).
12. Особливості побудови сітки: основні характеристики якісної сітки; «вільна» і впорядкована сітка.
13. Процес побудови сітки: контрольований користувачем, та автоматичний. Переваги та недоліки різних підходів.
14. Який вплив має орієнтованість сторін елементів на точність рішення?
15. Чим зумовлені похибки інтерполяції результатів чисельного рішення: різниця між по-вузловому та по-елементному представленню результатів (на прикладі напружено-деформованого стану конструкції).
16. Розглядається наступний розрахунковий випадок: в одній і тій самій моделі одночасно присутні елементи першого та другого порядків. Чи є можливим такий варіант з точки зору МСЕ? Поясніть, чому, та наведіть приклад.
17. Розглядається наступний розрахунковий випадок: в одній і тій самій моделі одночасно присутні лінійні, балочні й поверхневі (оболонкові) елементи. Чи є можливим такий варіант з точки зору МСЕ? Поясніть, чому, та наведіть приклад.
18. Який із перерахованих елементів є найбільш вдалим для моделювання симетричної тонкостінної ємності під тиском – дивись рисунок.



- а) балочний елемент;
 б) тримірний гексагональний елемент;
 в) тримірний тетрадральний елемент;
 г) 8-ми вузловий прямокутний двомірний елемент;
 е) поверхневий (оболонковий) елемент?

Поясніть свій вибір.

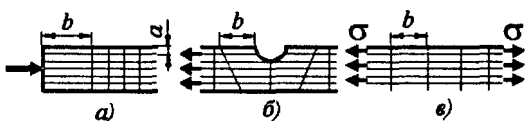
19. На разі статичного аналізу конструкції моста збільшення кількості яких із застосованих елементів може максимально підвищити точність результатів (дивись рисунок):



- А – оболонкових;
 Б – балочних;
 В – стрижневих;
 Г) тримірних?

Поясніть, чому.

20. У якій із наведених схем можливе застосування «довгих» елементів ($b/a > 2$):



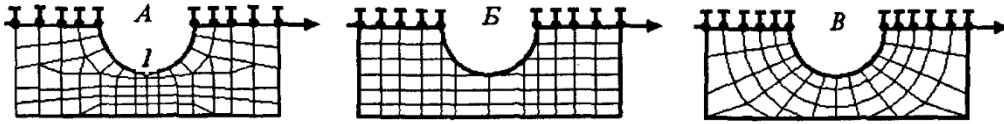
- а) на границі дії сили та/або граничних умов;
 б) у зонах концентрації напружень;
 в) в зоні постійних напружень;
 г) застосування таких елементів завжди призводить до помилок?

Поясніть, чому.

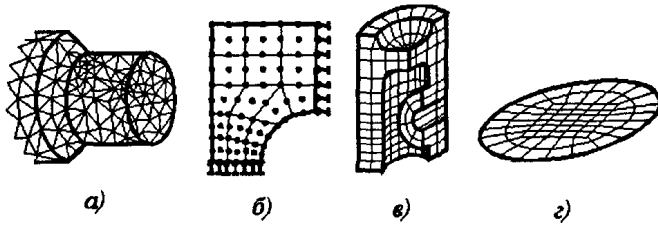
21. Які з елементів 1...5, зображених на рисунку, не є вірними? Чому?



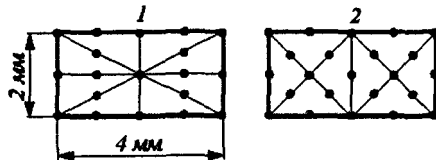
22. Яка з наведених на рисунку сіток A...B не є раціональною? Поясніть, чому.



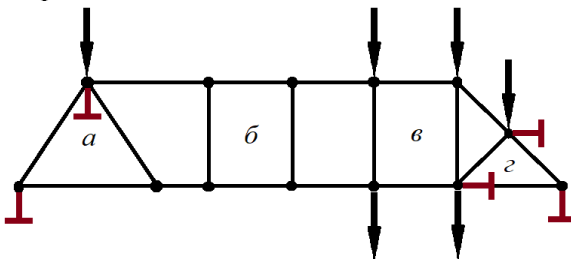
23. Які з наведених схем a...г відповідають довільній сітці, а які – впорядкованій? Поясніть, чому.



24. Яка з двох схем є переважною з точки зору точності результатів?



25. В якому з елементів a...г граничні умови застосовано не вірно? Поясніть, чому і наведіть вірний варіант.



26. Призначення властивостей матеріалу, побудова залежностей одних властивостей від інших (наприклад, теплопровідності від температури, напруження від деформації і т. ін.).

27. Розглядається наступний розрахунковий випадок: в моделі присутні елементи з нульовою жорсткістю ($E=0$). Чи є можливим такий варіант з точки зору МКЕ? Поясніть, чому та наведіть приклад

28. Розглядається наступний розрахунковий випадок: в моделі присутні елементи з нескінченною жорсткістю ($E=\infty$). Чи є можливим такий варіант з точки зору МКЕ? Поясніть, чому та наведіть приклад

29. Типи навантажень: локальні, розподілені, об'ємні, теплові, механічні і т. ін..

30. Способи призначення навантажень і закріплень: до примітивів скінчено-елементної моделі (вузлів та елементів) або до геометричних примітивів (точок, ліній, поверхонь, об'ємів).

31. Що може спричинити нелінійність розрахункової моделі?

32. Особливості та порядок виконання розрахунку напружено-деформованого стану конструкції.

33. Особливості та порядок виконання розрахунку теплового стану конструкції.

34. Використання результатів попередньо виконаного розрахунку, як навантажень у поточному аналізі.

Модуль 2

Змістовий модуль 2

1. За рахунок чого використання систем автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП) може дозволити різко зменшити терміни підготовки виробництва та підвищити експлуатаційні якості ГТД?
2. Чим визначається вибір методів систем автоматизованого проектування технологічних процесів та їх поєднання?
3. В чому полягає особливість адаптивної автоматизації ТП на базі систем автоматизованого проектування ТП?
4. Яким міркуваннями керується технолог при виборі типу верстату, оснащення та режимів різання при розробленні операцій?
5. Яким чином розраховуються операційні припуски?
6. Які основні види технологічної документації?
7. Як впливає технологічність конструкції на проектування технологічного процесу?
8. Що входить до технологічної підготовки виробництва?
9. Назвіть методи проектування технологічних процесів.
10. Які види забезпечення САПР виділяють?
11. Назвіть вимоги до технології автоматизованого проектування.
12. Класифікація систем автоматизованого проектування.
13. Яка мета та сутність формалізації етапів проектування технологічних процесів?
14. Сутність методу прямого проектування в САПР ТП.
15. Сутність методу аналізу, який використовується в САПР ТП.
16. Сутність методу синтезу, який використовується в САПР ТП.
17. Рівні автоматизації проектування ТП.
18. Склад програмно-технічного і програмно-методичного комплексів САПР ТП.
19. Що таке структурна та параметрична оптимізація?
20. Основні етапи комп'ютерного проектування ТП.

11. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

11.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

| Складові навчальної роботи | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|--|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Модуль 1 | | | |
| Змістовий модуль 1 | | | |
| Робота на лекціях | 0...0,5 | 8 | 0...4 |
| Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт | 2...3,25 | 8 | 16...26 |
| Модульний контроль | 14...20 | 1 | 14...20 |
| Модуль 2 | | | |
| Змістовий модуль 2 | | | |
| Робота на лекціях | 0...0,5 | 8 | 0...4 |
| Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт | 1...2 | 8 | 8...16 |
| Модульний контроль | 14...20 | 1 | 14...20 |
| Розрахунково-графічна робота | 8...10 | 1 | 8...10 |
| Усього за семестр 7 | | | 60...100 |

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Допуск до іспиті надається за умов відпрацювання та здачі усіх практичних робіт і РГР.

Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з трьох теоретичних запитань та одного практичного завдання. Питання по білетах розподілені таким чином:

11.2. Розподіл питань у білетах іспиту

| Семестр | 7-й |
|--|----------------------------|
| Тип контролю | Іспит |
| Теоретичні питання (<i>перше, друге</i>) | Змістовий модуль 1, 2 |
| <i>Третє та четверте</i> питання | Тематика практичних занять |

Максимальна кількість балів за кожне теоретичне питання – 30, за практичне завдання – 20.

11.3. Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки студент повинен

знати:

- основи методу скінчених елементів;
- рекомендації щодо побудови якісної сітки скінчених елементів;
- основні правила обмеження ступенів свободи та/або навантаження розрахункової моделі;
- принципи та порядок виконання різних типів інженерних розрахунків методом скінчених елементів в програмному пакеті ANSYS;
- принципи технологічного підготовки виробництва;
- основи автоматизованого проектування технологічних процесів.

вміти:

- створювати розрахункові моделі деталей і вузлів АД та ЕУ на базі балочних, оболонкових, тримірних елементів або їх комбінації для виконання інженерних розрахунків у програмному пакеті ANSYS;
- виконувати розрахунки двовимірного та тривимірного температурного та напруженого стану деталей із використанням відповідних програмних засобів;
- виконувати критичний аналіз отриманих результатів щодо їх достовірності, тобто теорії або реального фізичного експерименту;
- розробляти технологічні процеси виробництва з використанням систем автоматизованого виробництва технологічних процесів;
- розробляти технологічну документацію з використанням сучасних систем автоматизованого проектування.

11.4. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати необхідний мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі практичні заняття. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати, які типи інженерних задач можуть бути вирішені програмними продуктами на базі методу скінчених елементів. Знати основну ідею методу скінчених елементів. Розуміти різницю між елементами та вузлами. Орієнтуватися у інтерфейсі програмного продукту ANSYS та вміти пояснити, для чого призначені різні вікна та різні процесори програми. Бути спроможним виконувати прості міцнісні та теплові розрахунки окремих деталей типу балка або пластина за допомогою рекомендацій з навчальних посібників. Виконати та захистити розрахунково-графічну роботу. Знати основи функціонування систем автоматизованого проектування

технологічних процесів. Вміти розробляти технологічні процеси виготовлення деталей з використанням комп'ютерних технологій.

Добре (75-89). Твердо опанувати мінімум знань та вмінь. Відпрацювати та захистити всі практичні заняття. Здати модульне тестування з позитивною оцінкою. Знати хто або що сприяв розвиненню метода скінчених елементів. Знати чим відрізняються елементи першого та другого порядків. Вміти самостійно налагоджувати прості моделі (типу балки, пластини тощо). Бути спроможним надавати оцінку вірності отриманих результатів – чи не протирічають вони теорії. Знати, що призводить до появи помилок у результатах розрахунків та розуміти їхнє чисельне співвідношення. Дати стабільні і компетентно умотивовані відповіді на контрольні питання до практичних занять і самостійної роботи, в т. ч. до всіх розділів РГР під час захисту на 90...100 балів в обумовлені строки графіка освітнього процесу. Вміти самостійно виконувати розроблення технологічного процесу виготовлення деталі з використанням систем автоматизованого проектування технологічних процесів.

Відмінно (90-100). Відпрацювати та захистити всі лабораторні та практичні роботи. Здати модульне тестування з відмінною оцінкою (припускається здати один з двох модулів з оцінкою «добре» і кількістю балів не менше 80). Повно знати основний та додатковий матеріал. Вміти робити вибір між елементами першого та другого порядків в залежності від отриманої задачі. Вміти самостійно налагоджувати складні моделі. Вміти пояснювати та аналізувати отримані результати, розрізняти у них механічні та методологічні помилки підготовки розрахункової моделі. Пояснювати фізику симульованих процесів та пропонувати заходи з оптимізації моделі щодо її «полегшення», тобто зменшення часу на підготовку та розрахункового часу, а також щодо підвищення точності результатів симулювання. Дати стабільні і компетентно умотивовані відповіді на контрольні питання до практичних занять і самостійної роботи, в т. ч. до всіх РГР під час захисту на 90...100 балів в обумовлені строки графіка освітнього процесу. Вміти самостійно виконувати розроблення технологічного процесу виготовлення деталі та формувати комплект технологічної документації з використанням систем автоматизованого проектування технологічних процесів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

| Сума балів за всі види навчальної діяльності | Оцінка за національною шкалою | |
|--|-------------------------------|---------------|
| | Для іспиту | Для заліку |
| 90-100 | Відмінно | Зараховано |
| 75-89 | Добре | |
| 60-74 | Задовільно | |
| 01-59 | Незадовільно | Не зараховано |

12. Методичне забезпечення

1. <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=9144>.

13. Рекомендована література

Базова

1. ANSYS Mechanical User's Guide

Допоміжна

2. Опір матеріалів: підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський [та інші]. – 2-ге вид., допов. і переробл. – К. : Вища шк., 2004. – 655 с.

3. Методи проектування технологічних процесів та обладнання: навчальний посібник для студентів за напрямом «Машинобудування» / [О.А. Науменко, С.І. Овсянніков, Т.О. Баньковська, М.М. Борис, С.А. Шевченко, Є.М. Чаплигін].-Харків: ТОВ «ЕДЕНА». – 2010. – 199 с.

4. Проектування технологічних процесів. Частина 1. Оброблення деталей-тіл обертання. [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка», спеціалізацій «Технології машинобудування» та «Технології виготовлення літальних апаратів» / Біланенко В.Г., Приходько В.П., Мельник О.О.; КПІ ім. Ігоря Сікорського.– Електронні текстові дані (1 файл: pdf - 12,8 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 232 с.

5. Основи автоматизації технологічних процесів. Конспект лекцій: навчальний посібник для студентів за освітньою програмою «Комп'ютерно-інтегровані системи та технології в приладобудуванні» за спеціальностями 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології та 174 Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка / В.В. Шевченко, Г.С. Тимчик // Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 111 с.

14. Інформаційні ресурси

1. Розрахункові та контрольні програми: **ANSYS STUDENT** (<https://www.ansys.com/academic/students/ansys-student>).
2. Файли та інтернет ресурси довідкової системи програмного комплексу ANSYS та SolidWorks MBD.