


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

Кафедра Теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем

(№ 202)
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


(підпис) В. Й. Назін —
(ініціали та прізвище)
«30» 08 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Теоретичні основи інженерного аналізу
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 133 «Галузеве машинобудування»
(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: «Комп'ютерний інжиніринг»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2024 рік

Розробник: доцент кафедри теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем, к.т.н., доцент Нарижний О.Г.,



Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри 202 - теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем

Протокол № 10 від "27.06. 2024 р.

Завідувач кафедри 202 д.т.н., проф.



О.О. Баранов

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів –6,0	Галузь знань 13 «Механічна інженерія» (шифр і назва)	Обов’язкова
	Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування» (шифр і назва)	
Кількість модулів – 1	Освітня програма «Комп’ютерний інжиніринг»	Навчальний рік:
Кількість змістових модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання «Тензорні розрахунки»_ (назва)		Семестр
Загальна кількість годин –80/ 180 (кількість годин аудиторних занять ¹⁾ / загальна кількість годин)		1-й
		Лекції
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 5,0 самостійної роботи здобувача– 6,25	Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	32 год.
		Практичні, семінарські
		48 год.
		Лабораторні
		0 год.
		Самостійна робота
		100,0 год.
Вид контролю: модульний контроль, іспит		

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
(80/100)=0,80.

¹⁾ Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: підготовка фахівців, здатних розв'язувати складні задачі і проблеми галузевого машинобудування за допомогою методів механіки суцільних середовищ.

Завдання: вивчення основ механіки суцільних середовищ та механіки деформівних твердих тіл як теоретичних основ інженерного аналізу технічних та технологічних систем.

Компетентності, які набуваються:

Загальні компетентності

- ЗК1. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.
- ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- ЗК3. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.
- ЗК4. Здатність бути критичним і самокритичним.
- ЗК5. Здатність до адаптації та дії в новій ситуації.
- ЗК6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
- ЗК8. Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- ЗК9. Здатність працювати в команді.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності

- СК1. Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові й технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності.
- СК2. Критичне осмислення передових для галузевого машинобудування наукових фактів, концепцій, теорій, принципів та здатність їх застосовувати для розв'язання складних задач галузевого машинобудування і забезпечення сталого розвитку.
- СК3. Здатність створювати нові техніку і технології в галузі механічної інженерії.
- СК4. Усвідомлення перспективних завдань сучасного виробництва, спрямованих на задоволення потреб споживачів, володіння тенденціями інноваційного розвитку технологій галузі.
- СК5. Здатність розробляти і реалізовувати плани й проекти у сфері галузевого машинобудування та дотичних видів діяльності, здійснювати відповідну підприємницьку діяльність.

Очікувані результати навчання:

- РН1) Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі галузевого машинобудування відповідної галузі.
- РН4) Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні.
- РН5) Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.
- РН6) Відшукувати потрібну наукову і технічну інформацію в доступних джерелах, зокрема, іноземною мовою, аналізувати і оцінювати її.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Математичні основи. Тензори та їх властивості.

Тема 1. Вступ до дисципліни.

Системи координат. Перетворення координат. Метричний тензор. Ортогональні координати. Ортонормовані векторні базиси. Перетворення ортонормованого базиса. Перетворення компонент довільного вектора.

Тема 2. Полілінійні форми та тензори.

Полілінійні форми та їхні властивості. Загальне визначення тензора. Алгебраїчні операції над тензорами: складання тензорів, множення тензора на число, добуток тензорів, згортка тензорів, згортка добутку тензорів. Ознака тензорності. Перестановка індексів тензора.

Аналогія між тензорами та матрицями. Симетричні та кососиметричні тензори. Симетрування та альтернування тензорів.

Тема 3. Властивості симетричних тензорів.

Квадратичні форми та симетричні тензори. Геометрична інтерпретація симетричного тензора. Тензор Леві- Чивіті. Головні значення та головні напрямки симетричних тензорів другої валентності.

Тема 4. Властивості тензорів другої валентності.

Цілі ступені тензорів другої валентності. Теорема Гамільтона- Келі. Властивості власних векторів та власних значень тензора другої валентності.

Тема 5. Диференціювання та інтегрування тензорів.

Тензорне поле. Диференціювання тензорного поля за просторовими координатами. Диференціальний оператор Гамільтона «набла». Дивергенція поля. Ротор поля. Диференціювання тензорного поля за часом. Інтегрування тензорного поля. Формула Гаусса-Остроградського.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Теорія деформацій. Теорія напруг. Закони механіки суцільних середовищ.

Тема 6. Теорія деформацій.

Вектор переміщень. Деформування в координатах Лагранжа. Відносне подовження. Тензор скінчених деформацій Гріна. Геометричні властивості тензора деформацій Гріна. Тензор малих деформацій. Градієнт швидкості переміщень. Тензор швидкостей деформацій. Тензор обертання. Головні деформації. Головні напрямки тензора деформацій. Еліпсоїд деформацій. Інваріанти тензора деформацій

Тема 7. Теорія напруг.

Поняття про механічні напруги. Напруги на похилій площинці. Рівності Коши. Індексні позначення. Нормальні та дотичні напруги. Правило знаків. Диференціальні рівняння руху та рівноваги середовища. Закон парності дотичних напруг. Симетрія тензора напруг. Головні напруги. Інваріанти напруженого стану. Головні площинки. Види напруженого стану. Екстремальні значення дотичних напруг. Круги Мора. Шаровий тензор та девіатор напруг. Плоский напружений стан.

Тема 8. Загальні закони механіки суцільних середовищ

Рівняння суцільності. Лагранжевий та ейлеровий підходи. Матеріальна похідна. Конвективна похідна. Загальна зміна інтеграла. Швидкість в поверхневому шарі. Теорема Гаусса-Остроградського. Маса частинки. Рівняння суцільності в індексній формі. Рівняння суцільності в інваріантній формі.

Рівняння руху. Вектор кількості руху частинки. Закон зміни кількості руху. Головний вектор об'ємно- розподілених зовнішніх сил. Локальний закон руху в індексній формі. Локальний закон руху в інваріантній формі.

Закон балансу енергії деформівного тіла. Перший закон термодинаміки. Природний термодинамічний стан. Закон збереження механічної енергії. Адіабатичний процес. Потужність об'ємних та поверхневих сил. Похідна за часом от кінетичної енергії. Швидкість зміни внутрішньої енергії. Закон зміни механічної енергії деформівного тіла. Закон зміни енергії для довільного термодинамічного процесу. Потік тепла.

Огляд курсу

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Математичні основи. Тензори та їх властивості.					
Тема 1. Вступ до дисципліни	14	2	6		6
Тема 2. Полілінійні форми та тензори	20	6	6		8
Тема 3. Властивості симетричних тензорів	18	2	6		10
Тема 4. Властивості тензорів різної валентності	18	2	6		10
Тема 5. Диференціювання та інтегрування тензорів	14	2	4		8
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 1	86	14	30		42
Змістовний модуль 2. Теорія деформацій. Теорія напруг. Закони механіки суцільних середовищ.					
Тема 6. Теорія деформацій	24	4	6		14
Тема 7. Теорія напруг	26	6	6		14
Тема 8. Загальні закони механіки суцільних середовищ та механіки деформівного твердого тіла	32	8	4		20
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 2	84	18	18		48
Модуль 2					
Індивідуальне завдання	10				10
Усього годин	180	32	48		100

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ до дисципліни	6
2	Полілінійні форми та тензори	6
3	Властивості симетричних тензорів	6
4	Властивості тензорів другої валентності	6

5	Диференціювання та інтегрування тензорів	4
6	Теорія деформацій	6
7	Теорія напруг	6
8	Загальні закони механіки суцільних середовищ та механіки деформівного твердого тіла	4
	Разом	44

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
	Разом	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вступ до дисципліни	6
2	Полілінійні форми та тензори	8
3	Властивості симетричних тензорів	10
4	Властивості тензорів другої валентності	10
5	Диференціювання та інтегрування тензорів	8
6	Теорія деформацій	14
7	Теорія напруг	14
8	Загальні закони механіки суцільних середовищ та механіки деформівного твердого тіла	20
9	Індивідуальне завдання	10
	Разом	100

9. Індивідуальні завдання

Індивідуальне завдання на тему «Тензорні розрахунки».
Видача на 7 практичному занятті.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, конспектування, виконання та захист індивідуального завдання..

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю на практичних заняттях та лекціях, письмового модульного контролю, захист індивідуального завдання, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
----------------------------	---------------------------------	----------------------------	-------------------------

Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Робота на практичних заняттях та захист практичних робіт	0...1	14	0...14
Модульний контроль			0...22
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	9	0...9
Робота на практичних заняттях та захист практичних робіт	0...1	8	0...8
Модульний контроль			0...20
Змістовний модуль 3			
Виконання та захист індивідуального завдання			0...20
Всього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування та за наявності допуску до іспиту. При складанні семестрового іспиту/заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з двох теоретичних питань (максимальна кількість балів 30 за кожне питання) та практичного рішення задачі (максимальна кількість балів 40).

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь, необхідний для подальшого навчання та роботи за фахом. Справлятися з поточними завданнями та відпрацювати всі практичні роботи, володіти необхідними знаннями для усунення помилок, що виникли при їх виконанні, а також здати модульне тестування.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум, виконати всі практичні завдання в обумовлений викладачем строк, здати дві модульні роботи у вигляді тестів. Показати систематичний характер знань по дисципліні.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно», та правильно виконати всі практичні завдання. Досконально знати всі теми та уміти застосовувати їх. Мати всебічне, систематичне та глибоке знання матеріалу та вміти вільно виконувати завдання, проявляти творчі здібності в розумінні, викладанні та використанні матеріалів дисципліни.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

Методичні матеріали проведення лекцій, практичних та виконання індивідуального завдання за робочим планом учбового курсу –<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2683>.

14. Рекомендована література

Базова

1. Будає В.Д. Механіка суцільних середовищ [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. / В. Д. Будає, Я. О. Жук; Миколаїв. нац. ун-т ім. В. О. Сухомлинського, Ін-т механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України. - Миколаїв: Іліон, 2011. - 160 с.
2. Дудик М.В., Діхтяренко Ю.В. Сучасні методи теорії пружності. Навчальний посібник. – Умань, 2015 – 108 с.
3. Карвацький А. Я. Метод скінченних елементів у задачах механіки суцільних середовищ. Програмна реалізація та візуалізація результатів [Текст]: навч. посіб. / А. Я. Карвацький — К. : НТУУ «КПІ» ВПІ ВПК «Політехніка», 2015. — 392 с

Допоміжна

1. Карвацький А. Я. Механіка суцільних середовищ. Розв'язання задач [Текст]: навч. посіб. / А. Я. Карвацький — К.: НТУУ «КПІ» Вид-во «Політехніка», 2016. — 392 с.
2. Mase G.E. Theory and problem of continuum mechanics.-MacGrow-Hill book company, 1970.- 320 p.
3. Aklonis M.A., Goldberg V.V. Tensor calculus with applications, New Jersey: World scientific, 2003.- 364 p.

15. Інформаційні ресурси

1. Карвацький А. Я. Механіка суцільних середовищ [Електронний ресурс]: навч. посіб. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2016. – 290с. <https://core.ac.uk/download/pdf/81629729.pdf>
2. Сайт кафедри 202 <http://k202.khai.edu/ru/>