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

Керівник проектної групи

(підпис) В. І. Назін
(ініціали та прізвище)

«30» червня 2023 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 2023 рік

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

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

Протокол № 10 від " 30 " червня 2023 р.

Завідувач кафедри 202 д.т.н.,проф. _____ О.О. Баранов

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td>Найменування показників</td><td>Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень</td><td>Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Кількість кредитів – 5,0</td><td>Галузь знань
13 «Механічна інженерія»
(шифр і назва)</td><td rowspan="2">Цикл професійної підготовки</td></tr>
<tr><td>Спеціальність
133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)</td></tr>
<tr><td>Модулів – 2</td><td rowspan="5">Освітня програма
«Комп’ютерний інжиніринг»</td><td>Навчальний рік:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>2023/2024</td></tr>
<tr><td>Індивідуальне завдання «Тензорні розрахунки»
(назва)</td><td>Семестр</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин –72/ 150
(кількість годин аудиторних занять[1)]/ загальна кількість годин)</td><td>1-й</td></tr>
<tr><td>Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="9">Кількість тижневих годин для денної форми навчання:
аудиторних – 4,5
самостійної роботи студента – 4,875</td><td rowspan="9">Рівень вищої освіти:
<u>другий (магістерський)</u></td><td>32 год.</td></tr>
<tr><td>Практичні, семінарські</td></tr>
<tr><td>40 год.</td></tr>
<tr><td>Лабораторні</td></tr>
<tr><td>0 год.</td></tr>
<tr><td>Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>78 год.</td></tr>
<tr><td>Вид контролю:</td></tr>
<tr><td>іспит</td></tr>
</table>

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: (72/138)=0,52.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення: надати необхідні додаткові знання в галузі сучасних методів розробки і проектування сучасних машин і механізмів з використанням інтегрованих комп'ютерних технологій, що дозволяє більш ефективно проводити проектувальні розрахунки та створювати конструкції з високими споживчими характеристиками.

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

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- операції алгебри та аналізу тензорів, основні властивості симетричних двохвалентних тензорів;
- основи теорії деформацій;
- основи теорії напруг;
- основні закони механіки суцільних середовищ;
- основи математичної теорії пружності;
- основи математичної теорії пластичності.

вміти:

- проводити тензорні розрахунки;
- формулювати математичні моделі типових технічних систем.

Результати навчання:

ПРН1 - Знання і розуміння засад фундаментальних математичних методів моделювання та оптимізації.
ПРН2 - Знання з механіки і машинобудування та спроможність окреслювати перспективи їхнього розвитку.
ПРН4 - Вміння ставити та розв`язувати завдання, застосовуючи передові інженерні методи розрахунку (CAE).
ПРН5 - Вміння системно аналізувати інженерні об'єкти, процеси і методи.
ПРН7 - Навички експериментування та аналізування результатів.
ПРН10 - Вміння поєднувати теорію та практику для розв'язування інженерного завдання.
ПРН11 - Фахові майстерність і навички.
ПРН15 - Вміння розробляти машини та устаткування галузевого машинобудування на базі систем автоматизованого проектування (CAD).
ПРН20 - Навички розв'язування завдань з підвищення якості продукції.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. Математичні основи. Теорія деформацій.

Тема 1. Вступ до дисципліни.
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- Чивіти. 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.

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.

Змістовний модуль 2. Основні закони механіки суцільних середовищ. Математичні моделі деформуємих матеріалів при навантаженні

Тема 8. Загальні закони механіки суцільних середовищ та механіки деформівного твердого тіла.

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 внутрішної енергії. Закон зміни механічної енергії деформівного тіла. Закон зміни енергії для довільного термодинамічного процесу. Потік тепла.

Тема 8. Теорія пружності.

Лінійна теорія пружності. Ізотропні та анізотропні середовища. Види пружної симетрії. Пружні сталі ізотропного середовища. Постановка статичних та динамічниз задач теорії пружності. Властивості рішень теорії пружності. Гиперпружність та гипопружність. Лінійна термопружність.

Плоскі задачі теорії пружності. Функція напруг Ері. Двовимірні статичні задачі теорії пружності в полярних координатах. Рівняння сумісності для лінійних деформацій. Швидкість деформацій. Завихренність. Однина рішення статичної задачі теорії пружності.

Тема 9. Теорія пластичності. Огляд курсу

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. Теорія деформацій					
Тема 1. Вступ до дисципліни	12	2	4		6
Тема 2. Полілінійні форми та тензори	14	4	4		6
Тема 3. Властивості симетричних тензорів	12	2	4		6
Тема 4. Властивості тензорів другої валентності	12	2	4		6
Тема 5. Диференціювання та інтегрування тензорів	10	2	2		6
Тема 6. Теорія деформацій	16	2	4		10
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 1	78	14	24		40
Змістовний модуль 2. Основні закони механіки суцільних середовищ. Математичні моделі деформуємих матеріалів при навантаженні					
Тема 7. Теорія напруг	22	6	6		10
Тема 8. Загальні закони механіки суцільних середовищ та механіки деформівного твердого тіла	16	4	2		10
Тема 9. Теорія пружності	18	4	4		10
Тема 10. Теорія пластичності. Огляд курсу	14	4	2		8
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовним модулем 2	72	18	16		38
Усього годин	150	32	40		78

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	4
2	Полілінійні форми та тензори	4
3	Властивості симетричних тензорів	4

4	Властивості тензорів другої валентності	4
5	Диференціювання та інтегрування тензорів	2
6	Теорія деформацій	4
7	Теорія напруг	6
8	Загальні закони механіки суцільних середовищ та механіки деформівного твердого тіла	4
9	Теорія пружності	4
10	Теорія пластичності. Огляд курсу	4
	Разом	40

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	6
3	Властивості симетричних тензорів	6
4	Властивості тензорів другої валентності	6
5	Диференціювання та інтегрування тензорів	6
6	Теорія деформацій	10
7	Теорія напруг	10
8	Загальні закони механіки суцільних середовищ та механіки деформівного твердого тіла	10
9	Теорія пружності	10
10	Теорія пластичності. Огляд курсу	8
	Разом	78

9. Індивідуальні завдання

Індівідуальне завдання на тему «Тензорні розрахунки».

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, письмового модульного контролю, захист індивідуального завдання, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

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

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…2	11	0…22
Модульний контроль			0…12
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0…1	9	0…9
Робота на практичних заняттях та захист практичних робіт	0…2	7	0…14
Модульний контроль			0…16
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 студента 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

Роздавальний матеріал на кожному практичному занятті для виконання практичних робіт.

14. Рекомендована література

Базова

1. Будак В.Д.Механіка суцільних середовищ [Текст] : навч. посіб. для студ. вищ. навч.закл. / В. Д. Будак, 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. КарвацькийА. 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.

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 http://k202.khai.edu/ru/**