

Міністерство освіти і науки України

Національний аерокосмічний університет ім.. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра теоретичної механіки, машинознавства та
роботомеханічних систем (202)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи


(підпис)

Назін В.І.
(ініціали та прізвище)

«30» червня 2023 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Комп'ютерна механіка

(назва навчальної дисципліни)

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

Спеціальності: 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 Наріжний О.Г., доцент, к.т.н., доцент

(прізвище та ініціали, посада, наукова ступінь та вчене звання)



Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри №202 – теоретичної механіки, машинознавства та роботомеханічних систем.

Протокол № _10_ від «30» _червня_ 2023 р.

Завідувач кафедри докт. техн. наук, проф.

(науковий ступінь та вчене звання)



(підпис)

О.О. Баранов

(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показ- ників	Галузь знань, спеціаль- ність, освітня програма, рі- вень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів–6	Галузь знань <u>13 «Механічна інжене- рія»</u> (шифр та найменування) Спеціальність <u>133 «Галузеве машино- будування»</u> (код та найменування) Освітня програма <u>«Комп’ютерний ін- жиніринг»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Цикл професійної підго- товки
Кількість модулів 1		Навчальний рік
Кількість змістових модулів 2		2023/ 2024
Індивідуальне за- вдання (назва)		Семестр
Загальна кількість годин –80/180		2_-й
		Лекції ¹⁾
Кількість тижневих годин для денної фо- рми навчання: аудиторних – 5 самостійної роботи студента – 6,25		32 годин
		Практичні, семінарські¹⁾
		48 годин
		Лабораторні ¹⁾
		_____ годин
		Самостійна робота
		100 годин
		Вид контролю
		іспит

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
для денної форми навчання –80/100.

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

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – опанувати закони покою та руху механічних систем та методів аналітичного і числового дослідження таких систем.

Завдання: вивчення основних понять та законів покою та руху механічних систем, зокрема, пластин, оболонок, балок а також аналітичних та числових методів вирішення рівнянь динаміки, зокрема, шляхом розкладу за власними формами та методом виважених нев'язок.

Міждисциплінарні зв'язки: переддипломна практика та дипломування.

Фахові компетентності спеціальності (ФК)

ФК1 - Здатність удосконалювати аналітичні методи та комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності.

ФК3 - Здатність застосовувати та вдосконалювати наявні кількісні математичні, наукові й технічні методи, а також комп'ютерні програмні засоби для розв'язування інженерних завдань галузевого машинобудування.

ФК4 - Здатність втілювати передові інженерні розробки для отримання практичних результатів.

ФК5 - Здатність вирішувати перспективні завдання сучасного виробництва, спрямовані на задоволення потреб споживачів.

ФК6 - Здатність визначати техніко-економічну ефективність машин, процесів, устаткування й організації галузевого машинобудування та їхніх складників на основі застосовування аналітичних методів і методів комп'ютерного моделювання.

ФК7 - Здатність демонструвати творчий і новаторський потенціал у проектних розробках.

ФК9 - Здатність розробляти плани й проекти, спрямовані на досягнення поставленої мети і зорієнтовані на наявні ресурси, розпізнавати та керувати чинниками, що впливають на витрати у планах і проектах.

ФК10 - Здатність застосовувати норми галузевих стандартів.

ФК11 - Здатність використовувати знання в розв'язуванні завдань підвищення якості продукції та її контролювання.

ФК13 - Здатність застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних завдань.

ФК14 - Здатність керувати проектами та оцінювати їхні результати.

ФК15 - Здатність демонструвати розуміння вимог до інженерної діяльності щодо забезпечування сталого розвитку..

Результати навчання. В результаті засвоєння курсу «Комп'ютерна механіка» студент повинен бути мати:

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);

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Технічна теорія пластин

Тема 1. Вступ до дисципліни. (Л.2, пр.. 4)

Предмет курсу. Розповсюдженість тонкостінних конструкцій в ракето-, літако-, судо-, авто- будіванні, в будівництві та інше. Переваги тонкостінних конструкцій. Особливості та недоліки.

Зміст та структура курсу.

Зв'язок з іншими учбовими та науковими дисциплінами.

Основні рівняння теорії пружності. Рівняння рівноваги. Закон парності дотичних напруг. Рівняння рівноваги на границі (граничні умови в напругах). Рівняння деформацій. Умови нерозривності. Фізичний закон (закон Гука). Граничні умови в переміщеннях. Загальна характеристика рівнянь.

Пластини. Основні поняття та означення. Тонка пластина. Серединна поверхня. Контур пластини. Прогин пластини.

Основні припущення. Гіпотеза прямих нормалей (гіпотеза Кірхгофа- Лява) та її наслідки. Гіпотеза про нерозтяження серединної площини та наслідки її. Гіпотеза про відсутність тиски шарів пластини.

Тема 2. Особливості переміщень, деформацій та напруг пластини (Л. 2. пр..

Залежність переміщень точок от прогину пластини. Залежність деформацій от прогину.

Залежність напруг от прогину. Протириччя між функціями напруг та граничними умовами.

Уточнення (модифікація) функцій напруг.

Тема 3. Особливості внутрішніх зусиль та їх зв'язок з напругами (Л. 4

Погонна сила розтягу. Погонний момент згину. Погонна дотична сила. Погонний крутний момент. Циліндрична жорсткість пластини. Залежність внутрішніх зусиль от функції прогину.

Вираз напруг пластини через внутрішні сили та моменти.

Тема 4. Диференційне рівняння зігнутої серединної поверхні пластини (рівняння Софі- Жермен) (Л.4, пр..4)

Виведення диференційного рівняння відносно функції прогину.

Різновиди граничних умов для диференційного рівняння. Жорстке защемлення. Шарнірне спираання. Вільний край.

Вивід рівняння руху за методом кінетостатики.

Вивід рівняння руху балки.

Тема 5. Защемлена за контуром еліптична пластина, навантажена однорідною силою Л.2

Опис пластини та її навантаження. Граничні умови. Визначення констант інтегрування рівняння. Рішення ДР. Аналіз рішення: прогин, моменти згину, моменти крутіння, поперечні сили.

Тема 6. Прямокутна пластина з вільним навантаженням та шарнірним спираанням. Рішення Нав'є (Л.4, пр..8)

Опис пластини та її навантаження. Форма рішення для прогину у вигляді подвійного тригонометричного ряду. Граничні умови. Подання рішення у вигляді ряду. Подання навантаження у вигляді ряду. Визначення коефіцієнтів в рішенні.

Різновид пластини із рівномірно розгалуженим навантаженням. Аналіз рішення. Внутрішні розподілені моменти, внутрішні сили.

Різновид пластини із зосередженою силою. Використання функції Дірака. Рішення у вигляді подвійного ряду. Внутрішні сили та моменти.

Тема 7. Прямокутна пластина із довільним навантаженням. Рішення Леві (Л.2, пр..16)

Обмеженість рішення Нав'є. Особливості спирання пластини. Форма рішення. Особливості процедури рішення. Визначення констант. Аналіз рішення. Зауваження..

Коливання пластин.

Нестійкість деформування пластин.

Ударне навантаження. Руйнування пластини.

Тема 8. Основні рівняння згину груглої пластини (Л.2)

Диференційне рівняння прогину пластини в полярній системі координат. Математичні вирази для поперечних сил, моментів кручення та згину в полярній системі координат. Приведені поперечні сили в полярній системі координат.

Тема 9. Осесиметричні задачі згину пластинки у вигляді кола (Л.2)

Диференційне рівняння згину пластини. Моменти згину. Крутні моменти. Поперечні та приведені поперечні сили.

Рішення неоднорідного диференційного рівняння згину.

Випадок шарнірно-спертої рівномірно навантаженої пластинки.

Випадок жорстко защемленої на зовнішньому контурі рівномірно навантаженої пластинки.

Модульний контроль.

Змістовий модуль 2. Технічна теорія осесиметричних оболонок

Тема 10. Елементи теорії тонкошарових оболонок. (Л.2, пр..8)

Поняття оболонки.. Приклади. Відмінність от пластин. Система координат. Внутрішні сили та моменти. Осесиметричні оболонки, Класифікація оболонок. Приклади.

Напружено-деформований стан (НДС) безмоментної осесиметричної оболонки. Припущення щодо НДС. Умова рівноваги для елемента оболонки. Рівняння Лапласа. Умова міцності.

Нестійкість деформування оболонки

Тема 11. Визначення напруг в деяких безмоментних осесиметричних оболонках (Л.2)

Напруги у сферичному балоні. Умова міцності.

Напруги у циліндричному балоні.

Напруги у сферичному сегменті, наповненому вагомою рідиною.

Напруги у куполі, який має вид сферичного сегменту.

Тема 12. Особливості НДС оболонок, обумовлені зломом утворюючої та кільцями розпору (Л.2, пр..4)

Приклади (днище, звуження). Схема НДС поблизу зламу утворюючої. Виникнення стискаючих напруг, небезпека нестійкості.

Роль кілець розпору. Приклад розрахунку на міцність циліндричного резервуару із сферичним днищем та кільцями розпору.

Тема 13. Особливості НДС тонкої циліндричної моментної оболонки (Л.2)

Аналіз НДС смужки за схемою балки із обмеженням деформації. Виведення диференційного рівняння згину оболонки за умов дії внутрішнього тиску. Рішення диференційного рівняння. Визначення констант. Визначення функцій НДС. Приклад-визначення зони впливу зовнішнього моменту, діючого на торці труби, на НДС труби (кінцевий ефект).

НДС оболонки при дії стискаючого коаксіального навантаження.

Вплив тонкого кільця на НДС оболонки.

Модульний контроль.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1. Технічна теорія пластин					
Тема 1 Вступ до дисципліни.	14	2	4		8
Тема 2 Особливості переміщень, деформацій та напруг пластини	8	2			6
Тема 3. Особливості внутрішніх зусиль та їх зв'язок з напругами.	12	4			8
Тема 4. Диференційне рівняння зігнутої серединної поверхні пластини (рівняння Софі- Жермен)	18	4	4		10
Тема 5. Защемлена за контуром еліптична пластина, навантажена однорідною силою	12	2			10
Тема 6. Прямокутна пластина з вільним навантаженням та шарнірним спиранням. Рішення Нав'є	20	4	8		8
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовим модулем 1	86	18	18		50
Змістовий модуль 2. Технічна теорія осесиметричних оболонок					
Тема 7. Прямокутна пластина із довільним навантаженням. Рішення Леві	28	2	16		10
Тема 8. Основні рівняння згину колової пластини	10	2			8
Тема 9. Осесиметричні задачі згину пластинки у вигляді кола	8	2			6
Тема 10. Елементи теорії тонкошарових оболонок.	16	2	8		6
Тема 11. Визначення напруг в деяких безмоментних осесиметричних оболонках	10	2			8
Тема 12. Особливості НДС оболонок, обумовлені зломом утворюючої та кільцями розпору	14	2	4		8
Тема 13. Особливості НДС тонкої циліндричної моментної оболонки	6	2			4
Модульний контроль	2		2		
Разом за змістовим модулем 2	94	14	30		50
Усього годин	180	32	48		100
Індивідуальне завдання					
Контрольний захід					
Усього годин					

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Можливості пакету MathCAD	4
2	Визначення функцій НДС еліптичної пластини на базі аналітичного рішення рівняння Софі-Жермен за допомогою MathCAD	4
	Визначення функцій НДС прямокутної пластини на базі аналітичного рішення рівняння Софі-Жермен за допомогою MathCAD	4
	Знайомство з пакетом LS-DYNA. Вікно головного менеджера пакету. Знайомство з МСЕ. Препроцесор. Розробка скінчено-елементної моделі прямокутної пластини. Розробка вхідного набору даних для обчислювального ядра. Керування розрахунковим процесом. Постпроцесор. Вихідні набори даних. Порівняльний аналіз аналітичного та числового рішення.	4
	Аналіз вимушених коливань прямокутної пластини. Аналіз за допомогою LS-DYNA	4
	Аналіз власних коливань пластини. Аналіз за допомогою LS-DYNA	4
	Аналіз втрати стійкості пластини.	4
	Аналіз НДС та міцності пластини при ударі.	4
	Стискання циліндричної оболонки. Явище нестійкості форми. Аналіз за допомогою LS-DYNA	4
	Крутіння циліндричної оболонки. Явище нестійкості форми. Аналіз за допомогою LS-DYNA	4
	Аналіз складної оболонки на жорсткість та міцність	4
	Разом	44

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	2	3

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
Тема 1	Вступ до дисципліни.	8
Тема 2	Особливості переміщень, деформацій та напруг пластини	6
Тема 3.	Особливості внутрішніх зусиль та їх зв'язок з напругами	8
Тема 4.	Диференційне рівняння зігнутої серединної поверхні пластини (рівняння Софі- Жермен)	10
Тема 5.	Защемлена за контуром еліптична пластина, навантажена однорідною силою.	10

Тема 6.	Прямокутна пластина з вільним навантаженням та шарнірним спиранням. Рішення Нав'є	8
Тема 7.	Прямокутна пластина із довільним навантаженням. Рішення Леві	10
Тема 8.	Основні рівняння згину колової пластини	8
Тема 9.	Осесиметричні задачі згину пластинки у вигляді кола	6
Тема 10.	Елементи теорії тонкошарових оболонок	6
Тема 11.	Визначення напруг в деяких безмоментних осесиметричних оболонках	8
Тема 12.	Особливості НДС оболонок, обумовлені зломом утворюючої та кільцями розпору	8
Тема 13.	Особливості НДС тонкої циліндричної моментної оболонки	4
	Разом	100

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, 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	9	0...9
Робота на практичних заняттях	0...2	8	0...16
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	7	0...7
Робота на практичних заняттях	0...2	14	0...28
Модульний контроль	0...22	1	0...15
Виконання та захист РГР			
Всього за семестр			0...100

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

Білет для іспиту/заліку складається з двох теоретичних питань та однієї задачі. Максимальна кількість балів за одне теоретичне питання –20, за задачу –60. Загальна максимальна кількість балів дорівнює 100 балів

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

1. Диференційні рівняння рівноваги. Дати математичне формулювання.
2. Закон парності дотичних напруг. Дати математичне формулювання.
3. Рівняння рівноваги на границі (граничні умови в напругах). Дати математичне формулювання.
4. Рівняння деформацій. Дати математичне формулювання.
5. Умови нерозривності. Дати математичне формулювання.
6. Фізичний закон (закон Гука). Дати математичне формулювання.
7. Граничні умови в переміщеннях. Дати математичне формулювання.
8. Загальна характеристика рівнянь пружного твердого тіла
9. Основні поняття та означення пластин. Тонка пластина. Середина поверхня. Контури пластини. Прогин пластини.
10. Гіпотеза прямих нормалей (гіпотеза Кірхгофа-Лява) та її наслідки.
11. Гіпотеза про нерозтяження середньої площини та наслідки її.
12. Гіпотеза про відсутність тиску шарів пластини.
13. Залежність переміщень точок от прогину пластини. Дати математичне формулювання.
14. Залежність деформацій от прогину пластини. Дати математичне формулювання.
15. Залежність напруг от прогину пластини. Дати математичне формулювання.
16. Протиріччя між функціями напруг та граничними умовами. Уточнення (модифікація) функцій напруг. Виведення математичних залежностей.
17. Погонна сила розтягу пластини. Виведення математичних залежностей.
18. Погонний момент згину пластини. Виведення математичних залежностей.
19. Погонна дотична сила пластини. Виведення математичних залежностей.
20. Погонний крутний момент. Виведення математичних залежностей.
21. Циліндрична жорсткість пластини.
22. Залежність внутрішніх зусиль от функції прогину. Виведення математичних залежностей.
23. Вираз напруг пластини через внутрішні сили та моменти. Виведення математичних залежностей.
24. Виведення диференційного рівняння рівноваги пластини відносно функції прогину. Виведення математичних залежностей.
25. Різновиди граничних умов для диференційного рівняння. Жорстке защемлення. Виведення математичних залежностей.
26. Різновиди граничних умов для диференційного рівняння. Шарнірне спирання. Виведення математичних залежностей.
27. Різновиди граничних умов для диференційного рівняння. Вільний край. Виведення математичних залежностей.
28. Опис еліптичної пластини та її навантаження. Граничні умови. Дати математичне формулювання.

29. Визначення констант інтегрування рівняння рівноваги еліптичної пластини. Виведення математичних залежностей.
30. Рішення ДР рівноваги еліптичної пластини. Виведення математичних залежностей.
31. Аналіз рішення ДР рівноваги еліптичної пластини: прогин, моменти згину, моменти крутіння, поперечні сили. Закономірності розподілу.
32. Опис прямокутної пластини, її навантаження та спирання.
33. Форма рішення Нав'є для прогину прямокутної пластини у вигляді подвійного тригонометричного ряду. Граничні умови.
34. Подання рішення Нав'є у вигляді ряду. Визначення коефіцієнтів в рішенні. Виведення математичних залежностей.
35. Різновид прямокутної пластини із рівномірно розгалуженим навантаженням. Аналіз рішення Нав'є. Внутрішні розподілені моменти, внутрішні сили. Виведення математичних залежностей.
36. Різновид прямокутної пластини із зосередженою силою. Використання функції Дірака. Рішення Нав'є у вигляді подвійного ряду. Внутрішні сили та моменти. Виведення математичних залежностей.
37. Обмеженість рішення Нав'є. Особливості спирання пластини в випадку Леві. Форма рішення Леві.
38. Особливості процедури рішення рівняння рівноваги за Леві. Визначення констант. Виведення математичних залежностей.
39. Аналіз рішення Леві. Зауваження.
40. Диференційне рівняння прогину круглої пластини в полярній системі координат. Виведення математичних залежностей.
41. Математичні вирази для поперечних сил, моментів кручення та згину для круглої пластини в полярній системі координат. Виведення математичних залежностей.
42. Приведені поперечні сили в полярній системі координат. Виведення математичних залежностей.
43. Диференційне рівняння згину круглої пластини. Моменти згину. Крутні моменти. Поперечні та приведені поперечні сили. Виведення математичних залежностей.
44. Рішення неоднорідного диференційного рівняння згину круглої пластини. Виведення математичних залежностей.
45. Випадок шарнірно-спертої рівномірно навантаженої круглої пластинки. Надати рішення. Виведення математичних залежностей. Аналіз особливостей.
46. Випадок жорстко защемленої на зовнішньому контурі рівномірно навантаженої круглої пластинки. Надати рішення. Виведення математичних залежностей. Аналіз особливостей.
47. Поняття оболонки. Приклади. Відмінність от пластин. Система координат. Внутрішні сили та моменти. Осесиметричні оболонки, Класифікація оболонок. Приклади.
48. Напружено-деформований стан (НДС) безмоментної осесиметричної оболонки.
49. Припущення щодо НДС. Умова рівноваги для елемента оболонки безмоментної осесиметричної оболонки.
50. Рівняння Лапласа безмоментної осесиметричної оболонки.
51. Умова міцності безмоментної осесиметричної оболонки.
52. Напруги у сферичному балоні. Умова міцності.
53. Напруги у циліндричному балоні.
54. Напруги у сферичному сегменті, наповненому вагомою рідиною.
55. Напруги у куполі, який має вид сферичного сегменту.
56. Схема НДС поблизу зламу утворюючої. Приклади (днище, звуження). Виникнення стискаючих напруг, небезпека нестійкості.
57. Роль кілець розпору. Приклад розрахунку на міцність циліндричного резервуару із сферичним днищем та кільцями розпору.

58. Крайова задача для тонкої моментної оболонки.
59. Аналіз НДС смужки за схемою балки із обмеженням деформації для задачі для тонкої моментної оболонки.
60. Виведення диференційного рівняння згину оболонки за умов дії внутрішнього тиску для задачі для тонкої моментної оболонки.
61. Рішення диференційного рівняння рівноваги для задачі для тонкої моментної оболонки.
62. Визначення констант в задачі для тонкої моментної оболонки.
63. Визначення функцій НДС в задачі для тонкої моментної оболонки.
64. Визначення зони впливу зовнішнього моменту, діючого на торці труби, на НДС труби (кінцевий ефект).
65. НДС оболонки при дії стискаючого коаксіального навантаження.
66. Вплив тонкого кільця на НДС оболонки.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

Визначити розподіл переміщень шарніро-спертої тонкої пружної еліптичної пластини за рахунок рішення рівняння Софі Жермен. Використати пакет MathCAD.

1. Визначити розподіл внутрішніх сил та моментів для шарніро-спертої тонкої пружної еліптичної пластини за рахунок рішення рівняння Софі Жермен. Використати пакет MathCAD.
2. Визначити розподіл напруг шарніро-спертої тонкої пружної еліптичної пластини за рахунок рішення рівняння Софі Жермен. Використати пакет MathCAD.
3. Визначити розподіл переміщень шарніро-спертої тонкої пружної пластини у вигляді кола за рахунок рішення рівняння Софі Жермен. Використати пакет MathCAD.
4. Визначити розподіл внутрішніх сил та моментів для шарніро-спертої тонкої пружної пластини у вигляді кола за рахунок рішення рівняння Софі Жермен. Використати пакет MathCAD.
5. Визначити розподіл напруг шарніро-спертої тонкої пружної пластини у вигляді кола за рахунок рішення рівняння Софі Жермен. Використати пакет MathCAD.
6. Визначити розподіл переміщень шарніро-спертої тонкої пружної прямокутної пластини за рахунок рішення рівняння Софі Жермен в формі Нав'є. Використати пакет MathCAD.
7. Визначити розподіл внутрішніх сил та моментів для прямокутної шарніро-спертої тонкої пружної пластини за рахунок рішення рівняння Софі Жермен. Використати пакет MathCAD.
8. Визначити розподіл напруг шарніро-спертої тонкої пружної пластини у вигляді кола за рахунок рішення рівняння Софі Жермен. Використати пакет MathCAD.
9. Виконати розрахунок на міцність шарніро-спертої прямокутної тонкої пружної пластини за рахунок рішення рівняння Софі Жермен.
10. Диференційні рівняння рівноваги. Дати математичне формулювання.
11. Закон парності дотичних напруг. Дати математичне формулювання.
12. Рівняння рівноваги на границі (граничні умови в напругах). Дати математичне формулювання.
13. Рівняння деформацій. Дати математичне формулювання.
14. Умови нерозривності. Дати математичне формулювання.
15. Фізичний закон (закон Гука). Дати математичне формулювання.
16. Граничні умови в переміщеннях. Дати математичне формулювання.
17. Загальна характеристика рівнянь пружного твердого тіла
18. Різновиди граничних умов для диференційного рівняння. Жорстке защемлення. Виведення математичних залежностей.

19. Різновиди граничних умов для диференційного рівняння. Шарнірне спирання. Виведення математичних залежностей.

20. Різновиди граничних умов для диференційного рівняння. Вільний край. Виведення математичних залежностей.

21. Особливості процедури рішення рівняння рівноваги за Леві. Визначення констант. Виведення математичних залежностей.

22. Напруги у сферичному балоні. Умова міцності.

23. Напруги у циліндричному балоні.

24. Напруги у сферичному сегменті, наповненому вагомою рідиною.

25. Напруги у куполі, який має вид сферичного сегменту.

26. Рішення диференційного рівняння рівноваги для задачі для тонкої моментної оболонки.

27. Визначення констант в задачі для тонкої моментної оболонки.

28. Визначення функцій НДС в задачі для тонкої моментної оболонки.

29. НДС оболонки при дії стискаючого коаксіального навантаження.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Знати основні поняття теорії пластин та оболонок, особливості розподілу переміщень та внутрішніх сил. Знати закон рівноваги Софі- Жермен. Мати уяви про пакет LS-DYNA. Вміти за допомогою викладача формулювати, вирішувати та інтерпретувати рішення задачі визначення переміщень, деформацій та напруг в пластинах та оболонках.

Добре (75 - 89). Крім попереднього вміти самостійно вирішувати задачі теоретичним методом за допомогою пакету MathCAD. Вміти самостійно формулювати та за допомогою викладача вирішувати задачі з використанням пакету LS-DYNA і інтерпретувати рішення задачі динаміки, а також пояснювати результати, отримані в результаті вирішення задач.

Відмінно (90 - 100). Повно знати основний матеріал курсу. Вміти самостійно:

- розшукувати та усвідомлювати теоретичний матеріал з літературних джерел;
- формулювати, вирішувати та інтерпретувати рішення задачі динаміки за допомогою пакетів MathCAD та LS-DYNA
- ;аналізувати та пояснювати отримані результати рішення задач.

Розподіл балів, які отримують студенти за виконання курсової роботи (проекту)

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
до ____	до ____	до ____	100

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

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

3. Методичне забезпечення

1. Несвіт В.Ф. Комп'ютерні технології проектування: Навч.-метод. Посіб (рукопис.)/ В.Ф. Несвіт; Нац. аерокосм.ун-т ім. М. Є. Жуковського. –Харків, ХАІ, 2017 – 52 с.
http://library.khai.edu/library/fulltexts/metod/Menshukov_Dunamika_Mehanizmov.pdf

14. Рекомендована література

Базова

1. Коливання стержнів, пластин та оболонок [Електронний ресурс] : підручн. для студ. спец. 131 «Прикладна механіка» / А. Є. Бабенко, О. О. Боронко, Я. І. Лавренко, С. І. Трубачев ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 252 с.
2. Григоренко, Я. М. Основи теорії пластин та оболонок з елементами магнітопружності : підручник / Я. М. Григоренко, Л. В. Мольченко. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2009. –403 с.
3. Теорія пластин і оболонок: конспект лекцій / укладач І.В. Павленко.– Суми: Видавництво СумДУ, 2010.– 67 с.

Допоміжна

1. Timoshenko S., Woinowsky- Krieger S. Theory of plates and shells.- McGraw-Hill Education (India), 2010/-580 p/

15. Інформаційні ресурси

1. <http://www.khai202.ho.ua/uk/index.html>.
2. <http://k202.khai.edu/ru/site/istoriya-kafedri.html>