

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова
КОРАБЛЕБУДІВНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
КАФЕДРА БУДІВЕЛЬНОЇ МЕХАНІКИ ТА КОНСТРУКЦІЇ КОРПУСУ
КОРАБЛЯ



"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Проректор з науково-педагогічної роботи
Сергій СЛОБОДЯН

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Program of the discipline

Механіка і міцність конструкцій із композиційних матеріалів

Mechanics and strength of composite structures

рівень вищої освіти: *перший (бакалаврський)*

тип дисципліни: *обов'язкова*

мова викладання: *українська*

Робоча програма навчальної дисципліни «Механіка і міцність конструкцій із композиційних матеріалів» є однією із складових комплексної підготовки фахівців галузі знань G "Інженерія, виробництво та будівництво" спеціальності G12 "Авіаційна та ракетно-космічна техніка".
«16» 04 2025 року. – 22 с.

Розробник:

Соломонюк Н.С. – кандидат технічних наук, доцент кафедри будівельної механіки та конструкції корпусу корабля.

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Механіка і міцність конструкцій із композиційних матеріалів» узгоджено з гарантом освітньої програми.

Гарант освітньої програми, канд техн. наук, доцент  Наталя СОЛОМОНЮК

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Механіка і міцність конструкцій із композиційних матеріалів» розглянуто на засіданні кафедри БМ та ККК.
Протокол № 9 від 13.05 2025 року.

Завідувач кафедри д.т.н, професор



Леонтій КОРОСТИЛЬОВ

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Механіка і міцність конструкцій із композиційних матеріалів» розглянуто Навчально-методичною комісією кораблебудівного навчально-наукового інституту.
Протокол № 6 від 20.05 2025 року.

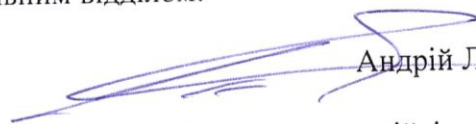
Голова НМК КННІ, к.т.н., доцент



Олексій ЯСТРЕБА

Проект робочої програми навчальної дисципліни «Механіка і міцність конструкцій із композиційних матеріалів» погоджено з навчальним відділом.

Голова відділу



Андрій ЛАБАРТКАВА

Робоча програма навчальної дисципліни «Механіка і міцність конструкцій із композиційних матеріалів» затверджена Навчально-методичною радою НУК.
Протокол № 6 від «25» 06 2025 р.

Голова НМР НУК



Сергій СЛОБОДЯН

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Опис навчальної дисципліни	5
2. Мета вивчення навчальної дисципліни	6
3. Передумови для вивчення дисципліни	6
4. Очікуванні результати навчання	6
5. Програма навчальної дисциплін	7
6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування.....	15
7. Форми поточного та підсумкового контролю	16
8. Критерії оцінювання результатів навчання	18
9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна	19
10. Рекомендовані джерела інформації	19

ВСТУП

Анотація

У дисципліні вивчаються властивостей ізотропних та анізотропних матеріалів та методи розрахунку їх зовнішніх і внутрішніх навантажень, фізико-механічних характеристик багат шарових армованих структур. Формуються базові теоретичні знання механіки композиційних матеріалів (КМ).

Після вивчення дисципліни здобувач буде знати найбільш поширені моделі КМ, які використовуються для визначення їх фізичних та механічних властивостей; методи розрахунку напружено-деформованого стану КМ та конструкцій з них; основні теорії та критерії міцності ортотропних матеріалів, які використовуються у розрахунку КМ на міцність; вимоги, що пред'являються до конструкцій з КМ та їх елементів.

Здобувачі вмітимуть визначати деформаційні властивості та характеристики міцності композиційних матеріалів, оцінювати їх міцність при складному механічному та термомеханічному навантаженні.

Дисципліна «Механіка і міцність конструкцій із композиційних матеріалів» є базовою дисципліною при підготовці фахівців з композиційних матеріалів, в якій при розрахунках на міцність, стійкість й жорсткість використовуються не тільки методи опору матеріалів і теорії пружності, а також спеціальні методи теорії пружності та будівельної механіки.

Ключові слова: *міцність, жорсткість, модуль пружності, композиційний матеріал, анізотропія, деформація, напруження, пружне тіло, балка, стрижень, пластина, вібрація, амплітуда, частота.*

Abstract

The discipline studies the properties of isotropic and anisotropic materials and methods of calculating their external and internal loads, physical and mechanical characteristics of multilayer reinforced structures. Basic theoretical knowledge of the mechanics of composite materials (CM) is developed.

After studying the discipline, the student will know the most common models of CMs used to determine their physical and mechanical properties; methods for calculating the stress-strain state of CMs and structures made of them; basic theories and strength criteria for orthotropic materials used in the calculation of CMs for strength; requirements for CM structures and their elements.

Students will be able to determine the deformation properties and strength characteristics of composite materials, evaluate their strength under complex mechanical and thermomechanical loading.

The discipline 'Mechanics and Strength of Structures of Composite Materials' is a basic discipline in the training of specialists in composite materials, in which not only methods of material resistance and elasticity theory are used in calculations for strength, stability and stiffness, but also special methods of elasticity theory and structural mechanics.

Keywords: *strength, stiffness, elastic modulus, composite material, anisotropy, deformation, stress, elastic body, beam, rod, plate, vibration, amplitude, frequency.*

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність (освітня програма), освітній рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 15	Галузь знань G «Інженерія, виробництво та будівництво» (0716 Motor vehicles, ships and aircraft)	Обов'язкова
Модулів – 4		Рік підготовки:
Змістових модулів – 6		2,3,4-й
Електронний адрес РПНД <i>на сайті Університету</i>	Спеціальність G12 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» Освітня програма «Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів»	Семестри
		4, 5, 6, 7-й
		Лекції
Індивідуальне науково-дослідне завдання <i>курсowa робота</i>		120 год.-
		Практичні
Загальна кількість годин – 510		90 год.
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 години (IV-VI семестри); 5 годин (VII семестр).	Освітній рівень: перший (бакалаврський)	Самостійна робота
		300 год.
		Індивідуальні завдання: <i>90 год.</i>
		Форма контролю-письмова: 4-й семестр – екзамен; 5-й семестр – екзамен; 6-й семестр – екзамен; 7-й семестр – залік, курсова робота (КР).

2. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Механіка і міцність конструкцій із композиційних матеріалів» є формування у студентів відповідно до освітньо-професійної програми наступних компетентностей:

ІК. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані та практичні задачі і проблеми у сфері розробки, виробництва та сертифікації авіаційної та ракетно-космічної техніки або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог

К08. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

К14. Здатність проводити розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність, жорсткість та стійкість

К15. Здатність проектувати та проводити випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем (відповідно до спеціалізації).

1. Передумови для вивчення дисципліни

Передумовами для вивчення дисципліни «Механіка і міцність конструкцій із композиційних матеріалів» є дисципліни: «Вища математика І», «Вища математика ІІ», «Вища математика ІІІ», «Фізика І», «Фізика ІІ», «Теоретична механіка І», «Опір матеріалів», які за навчальним планом вивчаються в попередніх семестрах.

4. Очікуванні результати навчання

Вивчення дисципліни «Механіка і міцність конструкцій із композиційних матеріалів» передбачає формування у студентів таких результатів навчання:

ПР09. Застосовувати вимоги галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах її життєвого циклу

ПР16. Застосовувати сучасні методи проектування, конструювання та виробництва елементів та систем авіаційної та ракетно-космічної техніки

ПР17. Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки

5. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовий модуль 1. Розрахунки балок

Тема 1. *Розрахунок статично визначених балок.*

Нормальні напруження при чистому згинанні балок. Дотичні напруження при згинанні. Формула Журавського. Епюра напружень. Умова міцності. Вибір раціональної форми перерізу балки. Плоский напружений стан у двотаврової балці. Класичні теорії (критерії) міцності.

Проектування зварної двотаврової балки. Диференційне рівняння вигнутої осі балки. Інтегрування диференційного рівняння. Метод початкових параметрів. Універсальне рівняння пружної лінії балки.

Література: [1], с.265 – 282; [2] – с.36 – 47; [4] – с..

Тема 2. *Розрахунок статично невизначених балок.*

Статично невизначені (нерозрізні) балки. Загальна схема вирішення задачі з використанням узагальнених рівнянь епюр перерізуючи сил, згинаючих моментів, кутів повороту перерізів та прогинів. Алгоритм для комп'ютерної реалізації.

Література: [1] – с.340 – 363; [2] – с. 56 – 64.

Тема 3. *Косий згин балок*

Косий згин. Епюри силових факторів. Складання епюр. Нейтральна лінія перерізу. Епюра напружень. Згинання з крученням стрижня. Епюри розподілу напружень. Умови міцності та жорсткості

Література: [1] – с 303 – 317.

Змістовий модуль 2. Розрахунок стрижневих систем

Тема 4. *Розрахунок стрижнів на стійкість*

Стійкість стиснутих прямих стрижнів. Форми рівноваги. Критичне навантаження. Формула Ейлера для різних варіантів кінематичних умов закріплень стрижнів та границі його використання. Фактори, які позначаються на стійкості стрижня. Умова стійкості по методу допустимих напружень. Типові розрахунки на стійкість та методи їх реалізації.

Література: [1] – с. 447 – 509, [3] – с. 3 – 12.

Модуль 2

Змістовий модуль 3. Базові положення і поняття теорії пружності. Пряма і зворотна задачі для ізотропного тіла.

Тема 1. Вступ. Основні положення та поняття теорії пружності

Характеристика методів теорії пружності у порівнянні з методами опору матеріалів, їх роль та область використання. Геометричні поняття стосовно пружного тіла: осі координат, завдання форми і поверхні, волокно, лінійний елемент, елементарні площа́дка і об'єм, зовнішня і внутрішня нормалі. Властивості пружних тіл. Ідеально пружне тіло.

Напруження. Повне напруження, нормальне і дотичне напруження, складові напружень за координатними осями. Тензор напружень. Правило знаків. Достатність тензора напружень для характеристики напруженого стану тіла. Повне переміщення точок та його складові. Лінійні і кутові деформації. Тензор деформацій. Правило знаків. Фактори, які спричиняють деформування тіла (сили, температурне поле).

Література: [4] – с. 8-29; [6] – с. 5-10.

Тема 2. Основні рівняння теорії пружності

Рівняння рівноваги тіла в цілому. Загальне формулювання основної задачі теорії пружності. Рівняння рівноваги елементарного тетраедра у середині тіла та на його границі. Парність дотичних напружень. Рівняння рівноваги елементарного паралелепіпеда. Статична невизначеність основної задачі теорії пружності.

Рівняння закону Гука з урахуванням температурного поля. Зв'язок між переміщеннями і деформаціями (залежності Коші). Рівняння сумісності деформацій Сен-Венана. Визначення переміщень при заданих деформаціях.

Література: [4] – с. 29-53, 77 – 97; [6] – с. 16 – 21.

Тема 3. Пряма і зворотна задачі теорії пружності

Достатність основних рівнянь для розв'язання задач теорії пружності. Пряма і зворотна задача теорії пружності. Варіанти розв'язання зворотної задачі. Пряма задача в переміщеннях. Рівняння Ляме. Пряма задача в напруженнях. Рівняння Бельтрамі-Мітчелла. Граничні умови. Напівзворотний метод Сен-Венана та його роль у практичному розв'язанні задач.

Література: [6] – с. 23 – 30.

Тема 4. Прості задачі теорії пружності

Розтягування-стискання призматичного стрижня без урахування та з урахуванням власної ваги. Чистий згин призматичного стрижня. Загальна оцінка гіпотез опору матеріалів та в цілому інженерних рішень. Плaskий напружений стан.

Література: [6] – с. 31 – 47.

Тема 5. Залежності напруженого стану в точці пружного тіла

Напружений стан у точці тіла шаровий тензор напружень та девіатор напружень. Головні площадки та головні напруження у точці тіла. Характеристичне рівняння та його корні. Інваріанти тензору напружень. Найбільші дотичні напруження та їх площини. Октаедричні площини та октаедричні напруження. Інтенсивність напружень.

Література: [4] – с. 29 – 77.

Тема 6. Залежності деформованого стану і критерії міцності

Деформований стан у точці тіла. Шаровий тензор деформацій та девіатор деформації. Узагальнений закон Гука у тензорній формі. Головні деформації. Характеристичне рівняння. Закон Гука для головних напружень та деформацій. Площини максимальних зсувів та максимальні зсуви. Октаедричні площини напруження та деформацій. Питома потенціальна енергія деформації у точці тіла: енергія об'єму форми тіла та повна. Теорії міцності.

Література: [4] – с. 78 – 97.

Модуль 3

Змістовий модуль 4. Плоска задача теорії пружності. Розрахунки циліндрів.

Тема 1. Плоска задача теорії пружності

Плоский напружений стан та пласка деформація. Головні співвідношення плоскої задачі ТП. Загальне розв'язання плоскої задачі ТП у декартових координатах. Пласка задача ТП у полярних координатах. Рівняння рівноваги. Рівняння Коши. Закон Гука. Функція напружень. Загальне рішення плоскої задачі для напружень. Розв'язання для переміщень. Одно – та двох зв'язане тіло. Умови на межах. Методика знаходження сталих інтегрування (загальний підхід).

Література: [6] с. 30 – 36.

Тема 2. Визначення деформацій і напружень у циліндрі від зовнішнього та внутрішнього тиску.

Розрахунок міцності товстостінних циліндрів. Навантаження внутрішнім та зовнішнім тиском. Випадок внутрішнього тиску. Допустимий тиск.

Тонка оболонка. Епюри напружень та переміщень. Циліндр завантажений зовнішнім тиском. Допустимий тиск (глибина). Суцільний циліндр та оболонка

Розрахунок складених циліндрів. Вибір температур посадок. Контактний тиск від посадок. Дія тільки внутрішнього тиску. Підсумок напружень та переміщень. Побудова епюр. Оптимізація циліндру.

Література: [1], с. 410 – 438.

Тема 3. Технічна теорія пластин.

Технічна теорія пластин. Гіпотези Кірхгофа-Лява. Геометрична сторона задачі. Рівняння сумісності деформацій для серединної поверхні. Статична сторона задачі. Рівняння рівноваги елемента пластини. Фізична сторона задачі. Погонні зусилля і моменти в пластині. Епюри

Рівняння згину та стійкості пластин. Класифікація пластин. Граничні умови. Загальне рішення задачі згинання жорсткої пластини.

Література: [6] с. 37 – 46.

Тема 4. Концентрація напружень у пластинах з отворами.

Пластина з круглим отвором при радіальному розтягуванні. коефіцієнт концентрації напружень. Пластина з круглим отвором при вістовому розтягуванні. Розтягування пластин з круглим жорстким диском. . Пластина з еліптичним отвором при розтягуванні. Пластина з круглим та еліптичним отвором при зсуві. Інші випадки концентрації напружень у пластин.

Оптимальне підкріплення отворів при зсуві. Ефективний коефіцієнт концентрації напружень. Чутливість матеріалів до концентрації напружень. Роль концентраторів напружень при втомленості матеріалів. Засоби боротьби з концентрацією напружень.

Література: [6] с. 47 – 66.

Модуль 4

Змістовий модуль 5. Механіка композиційних матеріалів

Тема 1. Структурна механіка КМ

Елементарні відомості із механіки анізотропних середовищ. Ефективні пружні характеристики КМ. Прогнозування границі міцності однонапрямого КМ. Міцнісні характеристики шаруватих КМ. Термопружні характеристики моношару.

Термопружні характеристики симетрично армованого шару і площині армування. Термопружні характеристики симетрично армованого шару у площинах, які перпендикулярні площині армування. Інші схеми армування. Математичне моделювання та управління термопружними характеристиками КМ.

Література: [7] с. 34 – 74, 91 – 125.

Тема 2. Розрахунок міцності й жорсткості композиційних балок на жорстких та пружних опорах при плоскому поперечному згинанні

Композиційні шаруваті балки. Рівняння рівноваги. Рівняння Коши та сумісності деформацій. Нормальні напруження. Епюри. Узагальнені геометричні характеристики перерізу. Умова міцності. Узагальнені жорсткості композитної балки (КБ). Дотичні напруження міжшарового зсуву. Умови міцності. Нормальні напруження міжшарового відриву.

Вигнута вісь балки. Умови жорсткості. Стійкість пружного стиснутого композитного стрижня. Задача Ейлера. Критична сила. Вплив деформації зсуву на критичне зусилля. Основні поняття і положення технічної теорії згинання балок. Визначення нормальних і дотичних напружень.

Література: [7] с. 306 – 338.

Тематичний план навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	усього	у тому числі			
		лек.	практ.	лаб.р.	с.р.
Модуль 1 (M1)					
Змістовий модуль 1. Розрахунки балок (ЗМ1)					
Тема 1. Вступ. Розрахунок статично визначених балок.	20	8	4	—	8
Тема 2. Розрахунок статично невизначених балок.	20	8	4	—	8
Тема 3. Косий згин балок.	20	8	4	—	8
Разом за ЗМ1	60	24	12	—	24
Змістовий модуль 2. Розрахунок стрижневих систем (ЗМ2)					
Тема 4. Розрахунок стрижнів на стійкість	15	6	3	—	6
Разом за ЗМ2	15	6	3	—	6
Підготовка до екзамену	15	—	—	—	15
Разом за M1	90	30	15	—	45
Модуль 2 (M2)					
Змістовий модуль 3. Базові положення і поняття теорії пружності. Пряма і зворотна задачі для ізотропного тіла. (ЗМ3)					
Тема 1. Основні положення та поняття теорії пружності	10	4	2	—	4
Тема 2. Основні рівняння теорії пружності	10	4	2	—	4
Тема 3. Пряма і зворотна задачі теорії пружності	12	6	2	—	4
Тема 4. Прості задачі теорії пружності	14	4	4	—	6
Тема 5. Залежності напруженого стану в точці пружного тіла	15	6	3	—	6
Тема 6. Залежності деформованого стану і критерії міцності	14	6	2	—	6
Разом за ЗМ3	75	30	15	—	30
Підготовка до екзамену	15	—	—	—	15
Разом за M2	90	30	15	—	45
Модуль 3 (M3)					
Змістовий модуль 4.Плоска задача теорії пружності (ЗМ4)					
Тема 1. Плоска задача теорії пружності (ТП).	13	6	1		6
Тема 2. Визначення деформацій і напружень у циліндрі від зовнішнього та внутрішнього тиску.	24	10	6	—	8

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Денна форма				
	усього	у тому числі			
		лек.	практ.	лаб.р.	с.р.
Тема 3. Технічна теорія пластин.	24	10	6	–	8
Тема 4. Концентрація напружень у пластинах з отворами.	14	4	2	–	8
Разом за ЗМ4	75	30	15	–	30
<i>Підготовка до екзамену</i>	15	–	–	–	15
Разом за М3	90	30	15	–	45
Модуль 4 (М4)					
Змістовий модуль 5. Розрахунки композиційної балки					
Тема 1. Структурна механіка КМ	59	14	18	–	27
Тема 2. Розрахунок міцності й жорсткості композиційних балок на жорстких та пружних опорах при плоскому поперечному згині	76	16	27	–	33
Разом за ЗМ5	135	30	45	–	60
<i>Підготовка до ПМК</i>	15	–	–	–	15
Разом за М4	150	30	45	–	75
<i>Курсова робота</i>	90	–	–	–	90
Разом	510	120	90	–	300

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Модуль 1		
1	Побудова епюр перерізуючих сил та згинаючих моментів статично визначених балок. Небезпечні перерізи. Побудова епюр нормальних і дотичних напружень в небезпечному перерізі балки. Ефективні форми перерізів балок. Умова міцності балки.	2
2	Побудова епюр переміщень для статично визначених балок. Універсальне рівняння вигнутої осі балки.	2
3	Розв'язання задач для статично невизначених балок. Побудова епюр та їх аналіз. Підбір перерізів. Вигнута вісь балки.	2
4	Косий згин балок. Проектування просторово навантаженого валу.	2
5	Стійкість поздовжньо стиснутого стрижня: перевірочний розрахунок; розрахунок допустимих навантажень; конструкторський розрахунок.	4
Модуль 2		
1	Напружений стан у точці тіла. Тензор напружень. Повне нормальне і дотичне напруження. Деформації у точці тіла.	2

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Тензор деформації. Переміщення точок тіла.	
2	Рівняння рівноваги елементарного тетраедра. Поверхневі сили. Побудова епюр розподілу поверхневих сил.	2
3	Рівняння рівноваги паралелепіпеду. Об'ємні сили та їх пошук при розв'язанні зворотної задачі. Побудова епюр розподілу напружень, деформацій, переміщень та поверхневих сил для різних тіл та граничних поверхонь.	2
4	Зворотна задача теорії пружності. Розв'язання зворотної задачі, якщо задані переміщення точок тіла.	2
5	Розв'язання зворотної задачі, якщо задані компоненти тензору напружень. Розв'язання зворотної задачі, якщо задані компоненти тензору деформації.	2
6	Аналіз напружено-деформованого стану у точці тіла. Головні площини, напруження, деформації. Інваріанти напружень та деформацій. Розв'язання характеристичного рівняння. Знаходження напрямів головних осей. Площини максимальних дотичних напружень і зсувів. Еліпсоїд напружень.	2
7	Теорії міцності. Практичні задачі на оцінку міцності у небезпечних точках тіл із різних матеріалів.	3
Модуль 3		
1	Плоска задача теорії пружності (ТП). Загальне рішення у поліномах.	2
2	Загальне рішення плоскої задачі ТП у полярних координатах.	2
3	Напруження і переміщення для товстостінних циліндрів при загальному навантаженню. Циліндр навантажений тільки внутрішнім тиском. Епюри. Допустимі навантаження.	2
4	Тонкостінна оболонка під внутрішнім тиском. Допустимий тиск. Тонкостінний циліндр навантажений зовнішнім тиском. Епюри. Допустимий тиск.	2
5	Розрахунки напесовок багатошарових циліндрів. Вибір температур посадки. Двошаровий циліндр під дією внутрішнього тиску. Оптимізація двошарового циліндра	2
6	Розрахунки напружень в ізотропних пластинах.	2
7	Розрахунки напружень в пластинах з отворами. Оптимальне підкріплення отворів пластин	3
Модуль 4		
1	Тришарова балка. Узагальнені характеристики жорсткості. центр тяжіння.	4
2	Епюра розподілу нормальних повздовжніх напружень у багатошарових балках. Умови міцності	4

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
3	Епюра розподілу дотичних напружень між шарового зсуву. Клейові прошарки. Умови міцності.	4
4	Епюра розподілу трансверсальних нормальних напружень між шарового відриву. Умови міцності.	4
5	Комплексна перевірка міцності багатошарових балок на міцність за критеріями міцності.	4
6	Переміщення при згинанні композитних балок. Урахування деформації зсуву. Оцінка вкладу зсуву.	4
7	Стійкість композитних (багатошарових) балок. Критичне навантаження.	4
8	Пружні характеристики моношару	4
9	Математичне моделювання термопружних характеристик моношару у вісях армування.	4
10	Термопружні характеристики моношару у довільних вісях навантаження	4
11	Термопружні характеристики симетрично армованого шару	2
12	Практичні можливості управління фізичними властивостями композиційних матеріалів (на циліндрах).	3

Практичні роботи

№ з/п	Назва роботи	Кількість годин
Модуль 1		
1	Побудова епюр перерізуючих сил та згинаючих моментів статично визначених балок. Побудова епюр переміщень для статично визначених балок.	5
2	Побудова епюр та аналіз статично невизначених балок.	4
3	Косий згин балок. Проектування просторово навантаженого валу.	4
4	Визначення стійкості поздовжньо стиснутого стрижня.	2
Модуль 2		
1	Визначення тензору напружень і деформацій у точці тіла	2
2	Побудова епюр розподілу поверхневих сил для елементарного тетраедра.	4
3	Розв'язання зворотної задачі теорії пружності.	4
4	Розв'язання прямої задачі теорії пружності з оцінкою міцності у небезпечних точках тіл із різних матеріалів. Еліпсоїд напружень	5
Модуль 3		
1	Розрахунки напружень і переміщень у товстостінних і тонкостінних циліндрах. Застосування критеріїв міцності.	4
2	Розрахунки напесовок багатошарових циліндрів.	4

№ з/п	Назва роботи	Кількість годин
3	Розрахунки напружень і переміщень в ізотропних пластинах.	4
4	Розрахунки напружень в пластинах з отворами. Оптимальне підкріплення отворів пластин	3
Модуль 4		
1	Розрахунки узагальнених характеристик жорсткості та центру тяжіння для тришарової балки.	4
2	Епюри розподілу нормальних повздовжніх напружень і дотичних напружень міжшарового зсуву у багатошарових балках. Умови міцності	4
3	Стійкість композитних балок. Критичне навантаження.	3
4	Математичне моделювання термопружних характеристик моношару у вісях армування. Термопружні характеристики моношару у довільних вісях навантаження	4

Самостійна робота

№ з/п	Вид роботи	Кількість годин
		Денна форма
1	Підготовка до лекцій	45
2	Виконання практичних робіт	75
3	Підготовка до екзамену	60
4	Підготовка до ПМК	30
5	Курсова робота	90
Разом		300

Індивідуальне науково дослідне завдання

Курсова робота (КР) є результатом перевірки знань, засвоєних здобувачем впродовж викладання курсу. КР виконується здобувачем під керівництвом викладача. Тема КР видається здобувачу на початку семестру.

Виконання КР створює умови для реалізації творчих можливостей студентів і має на меті поглиблення, узагальнення та закріплення знань, які здобувачі одержують у процесі навчання, а також застосування знань на практиці. Викладач контролює виконання індивідуального завдання на консультаціях.

Для КР вибирається конструкція, яка виготовлятиметься з композиційного матеріалу. Для неї розраховуються фізико-механічні характеристики, як для моношару так і для всього пакету композиційного матеріалу. Оптимізуються її властивості та працездатність у відповідних умовах експлуатації згідно умов жорсткості і міцності, що передбачені для композиційних матеріалів.

Приклади тем на курсову роботу:

1. Визначення характеристик міцності настилу пішохідного мосту із композиційного матеріалу.
2. Визначення характеристик жорсткості хвостового оперення планера.

3. Визначення характеристик жорсткості автомобільної ресори з вуглепластику.
4. Визначення характеристик жорсткості лонжерона крила літака.
5. Визначення характеристик жорсткості корпусу човна для академічної греблі.
6. Визначення характеристик міцності люкового закриття для палубі суховантажу.
7. Визначення характеристик міцності балону тиску, виконаного намотуванням.
8. Визначення характеристик міцності корпусу судна з базальтофібробетону.
9. Визначення характеристик жорсткості профілів для теплиць.
10. Визначення характеристик міцності силосів для зберігання зерна зі склопластику для портової інфраструктури.

6. Методи навчання, засоби діагностики результатів навчання та методи їх демонстрування

Методи навчання:

- для всіх видів навчання робота з літературою; пояснення; дискусія; демонстрування.
- для лекційних занять: лекція; бесіда; ілюстрування; відеометоди.
- для практичних занять: вправа; практична робота; графічна перевірка.

Методи контролю і самоконтролю:

- фронтальне опитування;
- практичні роботи;
- екзамен
- залік
- курсова робота.

7. Форми поточного та підсумкового контролю

Досягнення студента оцінюється за 100-бальною системою Університету.

Підсумкова оцінка навчального курсу включає в себе оцінки з проміжного контролю за захист практичних робіт оцінки заключного екзамену (заліку) в кожному семестрі і оцінки за курсову роботу.

Питома вага заключного екзамену (4, 5, 6 семестри) або заліку (7 семестрі) складає 40 балів в загальній системі оцінок. Для екзамену – це 4 письмових питання по 10 балів. Залік проводиться у вигляді тесту, що складається з 10 питань по 4 бали. Право здавати заключний екзамен (залік) надається студенту, який з урахуванням максимальних балів проміжних оцінок набирає не менше 40 балів. Підсумкова оцінка за навчальний курс в семестрі є сумою проміжних оцінок і екзамену (заліку).

Поточний контроль проводиться за виконання завдань практичної роботи. Він передбачає оцінювання теоретичної підготовки здобувача із зазначеної теми.

Курсова робота оцінюється окремо за 100 бальною системою.

Зарахування кредитів навчального курсу дисципліни можливо тільки після досягнення результатів, запланованих РПНД, що виражається в одній з позитивних оцінок передбаченим чинним законодавством.

Форми контролю результатів навчальної дисципліни студентів та їх оцінювання

Практичні роботи	Критерії оцінювання
13 – 15	Завдання виконане у встановлений термін, самостійно, чітко сформований алгоритм розв'язання завдання. Застосовувалися коректні методи отримання результатів, виконаний їх аналіз.
10 – 12	Завдання виконане з порушенням встановлених термінів. Студент виконав завдання після консультації викладача. Завдання виконане в цілому правильно, але містить помилки, які суттєво не впливають на кінцевий результат.
6 – 9	Завдання виконане з порушенням встановлених термінів. Студент виконав завдання під керівництвом викладача. Отримані результати містять помилки, аналіз результатів відсутній.
0	Завдання не виконувалося.

Екзамен (залік)	Критерії оцінювання 1 питання
8 – 10	Відповідь на питання повна, представлена у встановлений термін, самостійно, чітко сформована. Застосовано коректні методи для необхідних розрахунків
6 – 7	Відповідь на питання повна, виконане у встановлений термін, в цілому правильна, але містить помилки, які суттєво не впливають на кінцевий результат.
4 – 5	Відповідь представлена порушенням встановлених термінів. Здобувач потребував консультації викладача. Відповідь в цілому є правильною але недостатньо повною.
3	Відповідь представлена з порушенням встановлених термінів. Здобувач потребував керівництва викладача. Відповідь є правильною але не повною.
0	Відповіді на питання немає.
<i>Максимальна оцінка студента за даний компонент програми 4 питання × 10 = 40 балів</i>	

Оцінювання виконання курсової роботи (КР)

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за 100-бальною шкалою
Пояснювальна записка	40	Зміст роботи відповідає обраній темі; проблема чітко сформульована; правильно виділено мету і задачі розрахунку; розрахунки проведено інженерно грамотно; графічна частина коректно відображає проведені розрахунки. Оформлення роботи відповідає стандарту; висновки відповідають меті та завданню дослідження. Робота виконувалась систематично та вчасно була подана на перевірку науковому керівнику у відповідності із планом виконання курсової роботи.
	35	Зміст роботи відповідає обраній темі; проблема чітко сформульована; адекватно сформульовано об'єкт, предмет, мета та задачі роботи; розрахунки проведено інженерно грамотно; графічна частина коректно відображає проведені розрахунки; наявні посилання на використану літературу та оформлення роботи відповідає стандарту, висновки відповідають меті та завданням дослідження. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи.
	30	Зміст роботи відповідає обраній темі; але має поверхневий аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано, розрахунки проведено з незначними помилками; у графічній частині є несуттєві недоліки. Робота виконувалась не систематично та подана на перевірку науковому керівнику з порушенням плану виконання курсової роботи.
	20	Робота оформлена за вимогами, які пред'являються до курсових робіт, але має недостатньо критичний аналіз, матеріал викладено непослідовно та необґрунтовано. Основні тези роботи розкриті, але недостатньо обґрунтовані, розрахунки виконані з помилками, нечітко сформульовано висновки, пропозиції і рекомендації.
	15	Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень і лише за допомогою викладача може виправляти помилки, серед яких є значна кількість суттєвих; розрахунки не узгодженні з графічною частиною.

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за 100-бальною шкалою
	5	Робота містить значну кількість помилок при виконанні розрахунків, не має аналізу і не відповідає вимогам, які пред'являються до курсових робіт. У роботі немає висновків або вони носять декларативний характер.
Ілюстративна частина	20	Презентація організована послідовно згідно роботи, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, матеріали ілюстрації підготовлені відповідно до вимог що висуваються.
	15	Презентація організована згідно роботи, доповідь супроводжується ілюстративними матеріалами, на які не завжди дано посилання у доповіді або ілюстративні матеріали оформлені з незначними зауваженнями;
	10	Ілюстративні матеріали низької якості, в організації презентації спостерігається невпевненість.
	5	Ілюстративні матеріали низької якості, в доповіді немає посилань на ілюстративні матеріали.
Захист КП	40	Доповідь логічно побудована, студент чітко та стисло викладає основні результати розрахунків, показує глибокі знання з питань теми впевнено і докладно відповідає на поставлені запитання.
	35	Здобувач спроможний чітко та стисло викласти основні результати розрахунків, дає правильні відповіді на всі запитання, але не завжди упевнений в аргументації, чи не завжди коректно її формулює.
	30	Здобувач спроможний чітко викласти основні результати розрахунків, належно обґрунтовує положення роботи, але допускає неточності у відповідях на запитання.
	25	Здобувач спроможний чітко викласти основні результати розрахунків але допускає суттєві неточності у відповідях на запитання, не завжди належно обґрунтовує положення роботи.
	20	Здобувач невпорядковано викладає основні результати розрахунків, намагається дати відповідь на поставлені запитання і робить спроби аргументувати положення роботи.
	15	Здобувач невпорядковано викладає основні результати розрахунків; робить спроби аргументувати положення роботи, надає неповні, поверхові, необґрунтовані відповіді на поставлені питання.
	10	Здобувач демонструє задовільні знання з теми КП, але не може впевнено й чітко відповісти на додаткові запитання та обґрунтувати положення роботи.

Параметри оцінювання	Кількість балів	Критерії оцінювання за 100-бальною шкалою
	5	Здобувач неупорядковано викладає основні результати розрахунків, не спроможний дати відповідь на запитання.

Сумарна кількість балів по формах проміжного контролю

Форма контролю	Максимальна кількість балів	
	Денна форма навчання	
	IV, V, VI семестри	VII семестр
Виконання ПР	4 × 15 балів = 60	4 × 15 балів = 60
Всього за семестр	60	60

8. Критерії оцінювання результатів навчання

Змістові модулі, теми		Денна форма навчання	
		Вид роботи	Кількість балів
Модуль 1			
ЗМ 1	Т 1	ПР 1	15
	Т 2	ПР 2	15
	Т 3	ПР 3	15
ЗМ 2	Т 4	ПР 4	15
Підсумковий контроль		екзамен	40
Разом за М1			100
Модуль 2			
ЗМ 3	Т 5	ПР 1	15
	Т 6		15
	Т 7		15
	Т 8		15
	Т 9	ПР 4	15
Т 10			
Підсумковий контроль		екзамен	40
Разом за М2			100
Модуль 3			
ЗМ 4	Т 11	ПР 1	15
	Т 12	ПР 2	15
	Т 13	ПР 3	15
	Т 14	ПР 4	15
Підсумковий контроль		екзамен	40
Разом за М3			100

Змістові модулі, теми		Денна форма навчання	
		Вид роботи	Кількість балів
Модуль 4			
ЗМ 5	Т 15 Т 16	ПР 1	15
		ПР 2	15
		ПР 3	15
		ПР 4	15
Підсумковий контроль		залік	40
Разом за М4			100

Виконання КР

Пояснювальна записка	Ілюстративна частина	Захист роботи	Сума
До 40	До 20	До 40	100

9. Інструменти, обладнання та програмне забезпечення, використання яких передбачає навчальна дисципліна

Технічні засоби

- Мультимедіа- та проекційна апаратура;
- Комп'ютери, комп'ютерні системи та мережі;
- Програмне забезпечення для підтримки дистанційного навчання,
- Бібліотечні фонди (підручники і навчальні посібники, методичні рекомендації).

10. Рекомендовані джерела інформації

Основна література

1. Опір матеріалів Підручник / Г. С Писаренко О Л Квітка, Е С Уманський За ред Г С Писаренка — К: Вища школа, 2004,- 655 с
2. Колосов Д.Л. Опір матеріалів у прикладах та завданнях: навч. посіб. М-во освіти і науки України, Нац.техн. ун-т “Дніпровська політехніка“. – Дніпро: НТУ “ДП”, 2021. – 106 с.
3. Методичні вказівки для практичних занять з курсу «Опір матеріалів» розділ «Стійкість стиснутих стержнів» /Харк. нац. акад. міськ. госп-ва; уклад.: Л. С. Андрієвська. – Х. : ХНАМГ, 2012.- 14 с
4. Теорія пружності. Частина 1: підручник– Київ : Основа, 2009. – 244 с.
5. Теорія пружності: конспект лекцій. Частина 1. Напружено-деформований стан у точці тіла. Плоска задача теорії пружності в декартових координатах /Укладач Ю.Я. Тарасевич. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 116 с.
6. Основи лінійної теорії пружності, пластичності та повзучості: Навч. посібник / Е.Д. Чихладзе, М.А. Веревічева, Є.І. Галагура та ін. – Харків: УкрДАЗТ, 2010. – 149 с.
7. Карпов Я.С. Проектування деталей та агрегатів із композитів: підручник / Я.С. Карпов. - Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т». - 2010. - 768 с.

Допоміжна література

1. В.М. Трач, А.В. Подворний. Опір матеріалів (спеціальний курс). Теорія пружості і пластичності. – Київ. «Каравелла».2016 – 436 с.
2. Савін Г.М. Розподіл напружень біля отворів. - К.: Наукова думка, 1998. - 888 с.
3. Карпов Я.С. Проектування оболонок обертання з КМ: навчальний посібник / Я.С. Карпов, П.М. Гагауз. - Х.: Нац. аерокосм. ун-т «Харк. авіац. ін-т», 2010. - 64 с.
4. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт з дисципліни «Опір матеріалів» для студентів галузі знань “Механічна інженерія”. Частина II / Укл.: В.Г. Шевченко, С.Л. Рягін, О.Г. Попович, О.С. Омельченко, Г.Д. Фурсіна, А.А. Скребцов. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». 2019. – 40 с
5. Карпов Я.С. Проектування і конструювання виробів з композиційних матеріалів. Теорія і практика: підручник. - Х. Нац. аерокосм. ун-т ім. М.Є.Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2015. - 672 с.

Інформаційні ресурси в інтернет

1. Електронна бібліотека кафедри БМ та ККК.
2. Журнали: "Mechanics and Advanced Technologies", "JEC composites", "Reinforced plastics", "Composites Fabrication".
3. Сайти (WEB-adresses):
 - <https://shevchenkove.org.ua/>
 - <http://lib.nuos.edu.ua/>
 - <http://posibnyky.vntu.edu.ua/>

Розробник



Соломонюк Н.С.