

ПВНЗ УНІВЕРСИТЕТ КОРОЛЯ ДАНИЛА
Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Робоча програма навчальної дисципліни
Опір матеріалів

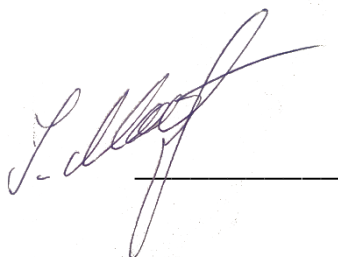
ОБОВ'ЯЗКОВА ДИСЦИПЛІНА

Освітньо-професійної програми першого рівня вищої освіти
за спеціальністю 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

Розробник:

Артим В.І. – доктор технічних наук, професор

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри будівництва та цивільної інженерії факультету архітектури, будівництва та дизайну 30 серпня 2018 року (протокол № 1).



Завідувач кафедри
К.т.н., доц. Масляк І.М.
30.серпня 2018 р.

ВСТУП

Мета вивчення дисципліни: формування у майбутніх фахівців будівництва і цивільної інженерії знань про опір матеріалів; геометричні характеристики плоских перерізів; зовнішні й внутрішні сили; метод перерізів; епюри внутрішніх сил; розтяг і стиск; механічні характеристики матеріалів; розрахунок на міцність і жорсткість при розтяганні й стисканні; основи теорії напруженого і деформованого стану; критерії міцності; зсув; кручення; згин; додаткові питання теорії згинання; складний опір; загальні теореми, пружні системи, загальні методи визначення переміщень; статично невизначувані системи; розрахунок плоских кривих брусів; розрахунок товстостінних циліндрів і обертових дисків; елементи теорії тонкостінних оболонок; розрахунок конструкції за граничними станами; стійкість стиснутих стрижнів; пружні коливання; опір матеріалів дії повторно-змінних напружень; розрахунки при ударних навантаженнях; контактні напруження; основи механіки руйнування.

Завдання: Ознайомити студентів з основами опору матеріалів.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати: метод перерізів; епюри поздовжніх сил; епюри крутних моментів; балки та їхні опори; поперечні сили і моменти в перерізах балки; узагальнений закон Гука; теорему про взаємність робіт і переміщень; метод Мора; теорему Кастільяно; теорему Лагранжа;

вміти: проводити побудову епюр внутрішніх зусиль для рам; побудову епюр внутрішніх зусиль для криволінійних стрижнів; розрахунок гнучких ниток; розрахунок валів на міцність і жорсткість при крученні; розрахунок гвинтових циліндричних пружин; розрахунок балок змінного перерізу на міцність і жорсткість; розрахунок на дію сил інерції при згинанні; розрахунок балок на пружній основі; обчислення інтегралів Мора способом Верещагіна; розрахунок на міцність кривих брусів; розрахунок складених циліндрів; розрахунок обертових дисків; розрахунки при розтяганні й стисканні; розрахунки при крученні; розрахунки при згинанні; розрахунки на стійкість за допомогою коефіцієнтів зменшення основного допустимого напруження; розрахунок на міцність при повторно-змінних навантаженнях; розрахунок при осьовій дії ударного навантаження.

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Освітньо-професійна програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів ESTS – 4	Освітньо-професійна програма початкового рівня вищої освіти зі спеціальності 192 “Будівництво та цивільна інженерія”	Дисципліна з циклу професійної підготовки	
Кількість модулів – 3		Рік підготовки:	
Загальна кількість годин – 120		3-й	3-й
Тижневих годин для денної форми навчання: <ul style="list-style-type: none"> ▪ аудиторних – 3 год; ▪ самостійної роботи студента – 4,1 год 	Освітньо-кваліфікаційний рівень – бакалавр	Лекції	
		20 год.	
		Семінарські, практичні	
		24 год.	
		Самостійна робота	
76 год.			
		Вид контролю – екзамен	

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:

для денної форми навчання – 40%:60%

КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Поточне оцінювання студентів на семінарських заняттях здійснюється за чотирьох бальною шкалою, де “2” – незадовільно; “3” - задовільно; “4” – добре; “5” – відмінно.

Підсумковий контроль у вигляді екзамену проводиться у тестовій формі і оцінюється відповідно до шкали оцінювання знань студентів за ЄКТС

Шкала в балах	Національна шкала	Шкала ЄКТС
90-100 балів	5 «відмінно»	A
83-89 балів	4 «дуже добре»	B
76-82 балів	4 «добре»	C
68-75 бали	3 «задовільно»	D
60-67 бали	3 «достатньо»	E
35-59 балів	2 «незадовільно»	FX
1-34 бали	2 «неприйнятно»	F

МЕТОДИ НАВЧАННЯ ТА ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

При вивченні навчальної дисципліни для активізації навчального-пізнавальної діяльності студентів передбачене застосування як активних, так і інтерактивних навчальних технологій, серед яких: лекції пояснювально-ілюстративного характеру; проблемні лекції; лабораторні дослідження; мозкові атаки; заняття дискусійного характеру.

Діагностика (моніторинг і перевірка) результатів навчання здійснюється шляхом: усного контролю, письмовий контроль, звіти про виконання індивідуальних завдань завдань, дидактичний тест.

ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Основи теорії напруженого і деформованого стану. Розтяг і стиск.

Тема 1. Вступ.

Наука про опір матеріалів.
Об'єкти вивчення.
Види деформацій стрижня.
Поняття про деформований стан матеріалу.
Основні гіпотези науки про опір матеріалів.

Тема 2. Геометричні характеристики плоских перерізів.

Статичні моменти площі. Центр ваги перерізу.
Моменти інерції плоских фігур. Моменти інерції складних перерізів. Моменти інерції відносно паралельних осей.
Залежність між моментами інерції при повороті координатних осей.
Визначення напрямку головних осей інерції.
Головні моменти інерції. Графічне зображення моментів інерції.
Поняття про радіус і еліпс інерції. Порядок розрахунку.

Тема 3. Зовнішні й внутрішні сили. Метод перерізів. Епюри внутрішніх сил.

Класифікація зовнішніх сил. Внутрішні сили. Метод перерізів.
Епюри. Епюри поздовжніх сил. Епюри крутних моментів.
Балки та їхні опори. Визначення реакцій. Поперечні сили і моменти в перерізах балки. Побудова епюр Q і M у балках.
Диференціальні залежності при згинанні. Деякі особливості епюр Q і M .
Побудова епюр внутрішніх зусиль для рам.
Побудова епюр внутрішніх зусиль для криволінійних стрижнів.
Диференціальні залежності при згинанні плоских криволінійних стрижнів.
Побудова епюр внутрішніх зусиль для просторових рам. Напруження в перерізі.

Тема 4. Розтяг і стиск. Механічні характеристики матеріалів.

Напруження і деформації при розтяганні й стисканні.
Розрахунок на міцність і жорсткість. Умови міцності і жорсткості. Види розрахунків.
Випробування матеріалів на розтягання. Деякі інші види механічних випробувань.
Поняття про механізм утворення деформацій.
Поняття про концентрацію напружень.
Вплив різних факторів на механічні властивості матеріалів.
Допустимі напруження.

Тема 5. Розрахунок на міцність і жорсткість при розтяганні й стисканні.

Приклади розрахунків при дії зосереджених сил.
Урахування власної ваги і сил інерції.

Статично невизначувані конструкції.
Розрахунок гнучких ниток.

Тема 6. Основи теорії напруженого і деформованого стану.

Напруження в точці.

Закон парності дотичних напружень.

Головні площадки і головні напруження.

Лінійний напружений стан.

Плоский напружений стан. Пряма задача в плоскому напруженому стані.

Круг напружень. Обернена задача в плоскому напруженому стані.

Об'ємний напружений стан. Напруження на довільній площадці. Деформації при об'ємному напруженому стані.

Узагальнений закон Гука.

Потенціальна енергія деформації.

Змістовий модуль 2. Критерії міцності. Зсув; кручення; згин.

Тема 7. Критерії міцності.

Завдання теорії міцності.

Класичні критерії міцності (теорії міцності).

Поняття про нові теорії міцності.

Тема 8. Зсув.

Зсув.

Розрахунок на зріз.

Чистий зсув.

Тема 9. Кручення.

Напруження і деформації при крученні.

Умови міцності й жорсткості.

Аналіз напруженого стану і руйнування при крученні.

Розрахунок валів на міцність і жорсткість при крученні.

Кручення стрижнів некруглого перерізу.

Кручення тонкостінних стрижнів.

Розрахунок гвинтових циліндричних пружин.

Концентрація напружень при крученні.

Тема 10. Згин.

Нормальні напруження при плоскому згинанні прямого стрижня.

Дотичні напруження при згинанні.

Розрахунок на міцність при згинанні.

Про раціональну форму перерізу балки.

Повний розрахунок балок на міцність.

Концентрація напружень при згинанні.

Диференціальне рівняння зігнутої осі балки.

Приклади визначення переміщень інтегруванням диференціального рівняння зігнутої осі балки.

Визначення переміщень у балках за методом початкових параметрів.

Розрахунок балок змінного перерізу на міцність і жорсткість.

Розрахунок на дію сил інерції при згинанні.

Тема 11. Додаткові питання теорії згинання.

Про розрахунок складених балок.

Дотичні напруження при згинанні балок тонкостінного профілю.

Центр згинання.

Розрахунок балок на пружній основі.

Згинання балок, матеріал яких не відповідає закону Гука.

Тема 12. Складний опір.

Складне і косо згинання.

Згинання з розтяганням (стисканням).

Згинання з крученням.

Змістовий модуль 3. Загальні теореми про пружні системи. Загальні методи визначення переміщень.

Тема 13. Загальні теореми про пружні системи. Загальні методи визначення переміщень.

Узагальнені сили і переміщення.

Робота зовнішніх сил. Робота внутрішніх сил.

Застосування принципу початку можливих переміщень до пружних систем.

Теореми про взаємність робіт і переміщень.

Загальна формула для визначення переміщень.

Метод Мора.

Переміщення, спричинені дією температури.

Обчислення інтегралів Мора способом Верещагіна.

Застосування способу Верещагіна до стрижнів змінного поперечного перерізу.

Потенціальна енергія деформації. Теорема Кастільяно. Теорема Лагранжа.

Теорема про мінімум потенціальної енергії.

Тема 14. Статично невизначувані системи.

Основні поняття та визначення.

Етапи розрахунку статично невизначуваної системи.

Розрахунок простих статично невизначуваних балок.

Канонічні рівняння методу сил.

Багатопрогонові нерозрізні балки. Рівняння трьох моментів. Вплив неточного розміщення опор по висоті.

Розрахунок статично невизначуваних криволінійних стрижнів.

Визначення переміщень у статично невизначуваних системах.

Контроль правильності розв'язання статично невизначуваної системи.

Про розрахунок просторових рамних систем.

Тема 15. Розрахунок плоских кривих брусів.

Визначення напружень у кривих брусах.

Розрахунок на міцність кривих брусів.

Визначення переміщень у кривих стрижнях.

Тема 16. Розрахунок товстостінних циліндрів і обертових дисків.

Товстостінний циліндр, що зазнає дії внутрішнього і зовнішнього тисків.

Розрахунок складених циліндрів.

Температурні напруження в товстостінних циліндрах.

Приклади розрахунку товстостінних циліндрів.

Розрахунок обертових дисків.

Тема 17. Елементи теорії тонкостінних оболонок.

Напруження у вісесиметричній оболонці.

Розпирні кільця в оболонках.

Крайова задача для тонкостінної циліндричної оболонки.

Приклади врахування згинальних напружень в оболонках.

Тема 18. Розрахунок конструкції за граничними станами.

Основні відомості про граничний стан.

Розрахунки при розтяганні й стисканні.

Розрахунки при крученні.

Розрахунки при згинанні.

Тема 19. Стійкість стиснутих стрижнів.

Стійка та нестійка пружна рівновага.

Формула Ейлера для визначення критичної сили стиснутого стрижня. Вплив умов закріплення кінців стрижня на значення критичної сили.

Поняття про втрату стійкості при напруженнях, що перевищують границю пропорційності.

Розрахунки на стійкість за допомогою коефіцієнтів зменшення основного допустимого напруження.

Про добір матеріалу і раціональних форм поперечних перерізів для стиснутих стрижнів.

Поздовжньо-поперечне згинання.

Тема 20. Пружні коливання.

Класифікація механічних коливань.

Власні гармонічні коливання пружної системи з одним ступенем вільності.

Змушені коливання пружних систем з одним ступенем вільності.

Власні коливання з в'язким демпфуванням. Змушені коливання механічної системи з в'язким демпфуванням.

Критична швидкість обертання вала.

Власні коливання системи з двома або кількома ступенями вільності.

Крутильні коливання валів і систем передач.
Поперечні коливання стрижнів із зосередженими масами.
Колівання пружних тіл з розподіленими масами.
Поперечні коливання призматичних стрижнів.

Тема 21. Опір матеріалів дії повторно-змінних напружень.

Явище втоми матеріалів.
Методи визначення границі витривалості. Діаграма втоми.
Вплив конструктивно-технологічних факторів на границю витривалості.
Розрахунок на міцність при повторно-змінних навантаженнях.

Тема 22. Розрахунки при ударних навантаженнях.

Розрахунок при осьовій дії ударного навантаження. Напруження при скручувальному ударі. Напруження і деформації при згинальному ударі. Механічні властивості матеріалів при ударі.

Тема 23. Контактні напруження.

Основні поняття.
Формули для визначення контактних напружень.
Перевірка міцності при контактних напруженнях.

Тема 24. Основи механіки руйнування.

Загальні поняття.
Крихке руйнування. Теорія Гріффітса.
Силові критерії руйнування.
Оцінювання розмірів пластичної зони вздовж тріщини.
Методика експериментального визначення тріщиностійкості конструкційних матеріалів

ТЕМАТИЧНИЙ ПЛАН

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	усього	у тому числі					усього	у тому числі				
		л	п	лаб	ін д	с.р.		л	п	лаб	інд	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Модуль 1												
Змістовий модуль 1. Основи теорії напруженого і деформованого стану. Розтяг і стиск.												
Тема 1. Вступ						3						
Тема 2. Геометричні характеристики плоских перерізів.						3						
Тема 3. Зовнішні й внутрішні сили. Метод перерізів. Епюри внутрішніх сил.						3						
Тема 4. Розтяг і стиск. Механічні характеристики матеріалів.		4	6			3						
Тема 5. Розрахунок на міцність і жорсткість при розтяганні й стисканні.						3						
Тема 6. Основи теорії напруженого і деформованого стану.						3						
Змістовий модуль 2. Критерії міцності. Зсув; кручення; згин.												
Тема 7. Критерії міцності.						3						
Тема 8. Зсув.						3						
Тема 9. Кручення.						3						
Тема 10. Згин.						3						
Тема 11. Додаткові питання теорії згинання.		4	6			3						
Тема 12. Складний опір.						3						
Змістовий модуль 3. Загальні теореми про пружні системи. Загальні методи визначення переміщень.												
Тема 13. Загальні теореми про пружні системи. Загальні методи визначення переміщень.						6						
Тема 14. Статично невизначувані системи.						3						
Тема 15. Розрахунок плоских кривих брусів.						3						
Тема 16. Розрахунок товстостінних циліндрів і обертових дисків.		8	7			3						
Тема 17. Елементи теорії тонкостінних оболонок.						3						
Тема 18. Розрахунок конструкції за граничними станами.						3						
Тема 19. Стійкість стиснутих стрижнів.						3						

Тема 20. Пружні коливання.					3						
Тема 21. Опір матеріалів дії повторно-змінних напружень.					3						
Тема 22. Розрахунки при ударних навантаженнях.					3						
Тема 23. Контактні напруження.					5						
Тема 24. Основи механіки руйнування.		5	5		5						
Усього годин	120	20	24		76						

Індивідуальні завдання

1. Багатожильний мідний провід перерізом $F=120 \text{ мм}^2$ підвішують при температурі $T_0=15^\circ\text{C}$ до опор, які розміщені на одному рівні на відстані $l=100 \text{ м}$.
2. Визначити: а) яку стрілу провисання f_0 потрібно надати проводу, щоб напруження в найбільш небезпечному стані дорівнювала допустимому; б) висоту точок підвішування проводу, щоб відстань його найнижчої точки від землі була не менша за $b \text{ м}$.
3. Визначити, на скільки процентів збільшиться максимальне напруження вала при крученні, якщо у валу зроблено аксіальний отвір $d_B=0,4 d_3$ ($\alpha=0,4$).
4. Замінити суцільний вал діаметром $d=300 \text{ мм}$ порожнистим рівномічним валом із зовнішнім діаметром $d_3=350 \text{ мм}$. Знайти внутрішній діаметр порожнистого вала d_B та порівняти вагу цих валів.
5. Знайти потужність у кіловатах, яка передається валом діаметром $d=150 \text{ мм}$ з частиною обертання $n=120 \text{ хв}^{-1}$. Модуль зсуву $G=8,4 \cdot 10^4 \text{ МПа}$, кут закручування відрізка вала завдовжки $7,5 \text{ м}$ дорівнює $1/15 \text{ рад}$.
6. Побудувати епюру N для східчастого стрижня з урахуванням його власної ваги. Площу перерізу верхньої частини стрижня – F_1 , нижньої – F_2 . Питому вагу $\gamma, \text{ Н/м}^3$.
7. Побудувати епюру N для конічного стрижня від його власної ваги.
8. Визначити опорні реакції балки.
9. Побудувати епюру G та M для простої балки.
10. На головних площадках діють розтягальні напруження 90 МПа і 60 МПа . Потрібно знайти нормальні й дотичні напруження на гранях елемента, одна з яких нахилена до горизонталі під кутом 20° .
11. Визначити кількість заклепок діаметром $d=23 \text{ мм}$ для закріплення розкосу ферми, яка складається з двох нерівномірних кутників $90 \times 56 \times 8$, до фасонного листа (косинки) завтовшки $\delta=1,2 \text{ см}$. Розтягальне зусилля в розкосі $N=300 \text{ кН}$, матеріал – Ст3 , отвори для заклепок продавлено.
12. Вал передає крутний момент $M_{кр}=27 \text{ кН}\cdot\text{м}$ за допомогою шліцьового з'єднання. Діаметр вала $D=80 \text{ мм}$, внутрішній діаметр $d=68 \text{ мм}$, висота шліця $h=6 \text{ мм}$, ширина шліця $b=12 \text{ мм}$, довжина з'єднання $l=100 \text{ мм}$. Кількість шліців $z=6$. Визначити напруження зрізу та зминання шліцу.
13. Сталевий стрижень прямокутного перерізу передає крутний момент $M_{кр}=1000 \text{ Н}\cdot\text{м}$. Знайти розміри перерізу стрижня, коли відомо, що допустиме напруження на кручення $[\tau]=40 \text{ МПа}$, а співвідношення $h/b=2,5$.
14. На балку діє навантаження 100 кН , рівномірно розподілене по прогону. Матеріал балки Ст3 ($[\sigma]=160 \text{ МПа}$).
15. Для балки побудуємо епюри G, M, O та ω ; доберемо двотавровий переріз з умов міцності та жорсткості, якщо $M=160 \text{ кН}\cdot\text{м}$; $a=2 \text{ м}$; $[\sigma]=160 \text{ МПа}$; $[f]=10 \text{ мм}$.
16. Ресора завдовжки 100 см , яка складається із схеми штаб перерізом $60 \times 8 \text{ мм}$, навантажена силою $P=7,5 \text{ кН}$. Перевірити міцність ресори ($[\sigma]=450 \text{ МПа}$) та знайдемо максимальний прогин.
17. Побудувати повну епюру дотичних напружень для перерізу двотаврової балки, в якому діє поперечна сила $G=100 \text{ кН}$.
18. Добрати двотавровий переріз рами при $[\sigma]=160 \text{ МПа}$.

19. Для круглого перерізу побудувати ядро перерізу.
20. Користуючись теоремою про мінімум потенціальної енергії деформації, визначити реакцію шарнірно рухомої опори стрижня малої кривини.
21. Побудувати епюри силових факторів у елементах рами. Рама навантажена рівномірно розподіленим навантаженням ρ , прикладеним до горизонтального стрижня (ригеля).
22. Розрахувати ферму, в припущенні що всі стрижні виготовлені з одного матеріалу і мають однакові перерізи.
23. Побудувати епюри загальних моментів та поперечних сил для балки.
24. Визначити напруження, що виникають у сталевому валу, встановленому на трьох підшипниках при зміщенні вниз на 2 мм крайнього правого підшипника. Діаметр вала $d=4\text{ см}$. Відстань між підшипниками $l=50\text{ см}$. Підшипники розглядати як шарнірні опори.
25. Визначити положення нейтрального шару для двотаврового перерізу.

Рекомендована література

Основна

1. Биргер И.А., Мавлютов Р.Р. Сопротивление материалов. - М.: Наука, 2006. - 560 с.
2. Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. - М.: Наука, 1986. - 512 с.
3. Сопротивление материалов / Г.С. Писаренко, В.А. Агарев, А.Л. Квитка и др.; Под ред. акад. АН УССР Г.С. Писаренко. - К.: Вища шк., 1986. - 775 с.
4. Сборник задач по сопротивлению материалов/ Н.М, Беляев, Л.А. Беляевский, Я.И. Кипнис и др; Под ред. В.К. Качурина. - М.: Наука, 2000. - 431 с.
5. Пособие к решению задач по сопротивлению материалов / И.Н. Миролюбов, С.А. Енгальчев, Н.О. Сергиевский и др. - М.: Высш. шк., 2005. - 398 с.

Допоміжна

6. Писаренко Г.С, Яковлев А.П, Матвеев В.В. Справочник по сопротивлению материалов. - К.: Наук, думка, 1988. - 736 с.
7. Барданов Ю.М. Курс сопротивления материалов в структурно-логических схемах. - К.: Вища шк. / Головное изд-во, 1988. - 215 с.
8. Цурпал И.А. Краткий курс сопротивления материалов. - К.: Вища шк. Головное изд-во, 2001. - 311 с.
9. Прочность, устойчивость, колебания: Справ.: В 3 т. / Под ред. И.А. Биргера, Я.Г. Пановко. - М.: Машиностроение, 2000. - Т. 1. - 831 с.