Міністерство освіти і науки України
Львівський національний університет природокористування
Факультет будівництва та архітектури
(назва , факультету)
Кафедра фізики та інженерної механіки
(назва кафедри)

"**ЗАТВЕРДЖУЮ**"
Проректор з навчально-виховної роботи
_____ проф. Віталій Боярчук
"_____"_____2024 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

ТЕОРІЯ ПРУЖНОСТІ
(назва навчальної дисципліни)

спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія

ОП «Будівництво та цивільна інженерія»

Дубляни 2024

Робоча програма дисципліни Опір матеріалів для студентів спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія.

Розробники:

Бурнаєв О.М. канд. фіз.-мат. наук, доцент
(вказати авторів, їхні посади, наукові ступені та вчені звання)

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри _ Фізики та інженерної механіки

Протокол №1 від 28 серпня 2024 року

Завідувач кафедри _____ *(_ Мягкота С.В. _)*
(підпис) (прізвище та ініціали)

Робочу програму схвалено на засіданні методичної комісії (ради) факультету

_____*будівництва та архітектури* _____

Протокол №2 від 29 серпня 2024 року

Голова методичної комісії факультету будівництва та архітектури
_____ (___Мазурак А.В. ___)
(підпис) (прізвище та ініціали)

© Львівський національний університет природокористування, 2024 рік

1.Опис навчальної дисципліни

Освітній ступінь, галузь знань, спеціальність

Освітній ступінь:___Бакалавр_____

Галузь знань____19 Архітектура та будівництво___

(шифр і назва)

Спеціальність:_____191 Архітектура та містобудування_____

(шифр і назва)

Освітньо-кваліфікаційний рівень: Бакалавр

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія» ОС Бакалавр

Характеристика навчальної дисципліни:

Нормативна (за вибором)

Кількість кредитів – 5

Загальна кількість годин – 150

Вид контролю: іспит

Тижневих аудиторних годин для денної форми навчання – 4

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить (%):

для денної форми навчання – 74

для заочної форми навчання – 12

Програмні компетентності

ЗК 2. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ЗК 5. Здатність приймати обґрунтовані рішення, здійснювати пошук та аналізувати інформацію з різних джерел.

СК 1. Здатність інтегрувати спеціалізовані концептуальні знання в галузі будівництва та цивільної інженерії, у поєднанні з дотриманням чинних нормативно-правових документів у сфері архітектури та будівництва, для вирішення складних інженерних задач.

СК 2. Здатність розробляти та реалізовувати проекти в галузі будівництва та цивільної інженерії, враховувати соціальні, екологічні, естетичні, економічні аспекти.

СК 6. Здатність використовувати комп'ютерні програми, що існують в галузі будівництва, при вирішенні складних інженерних задач.

СК 8. Здатність інтегрувати знання з інших галузей для розв'язання складних фахових задач в тому числі пов'язаних з розрахунком, проектуванням, будівництвом, реконструкцією і ремонтом будівельних конструкцій шляхом використання аналітичних методів і методів моделювання.

Програмні результати навчання

ПРН 2. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем в галузі будівництва та цивільної інженерії для розв'язування складних задач професійної діяльності. ПРН 8. Відслідковувати найновіші досягнення в обраній спеціалізації, застосовувати їх для створення інновацій.

ПРН 12. Збирати необхідну технічну інформацію за фахом, аналізувати і оцінювати її, використовувати науково-технічну літературу в проектуванні та виробництві.

ПРН 13. Дотримуватись норм академічної доброчесності, знати основні правові норми щодо захисту інтелектуальної власності, комерціалізації результатів науково-дослідної, винахідницької та проектної діяльності.
ПРН 14 Розв’язувати проблеми будівництва та цивільної інженерії у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності.

1. РІВЕНЬ СФОРМОВАНОСТІ ВМІНЬ ТА ЗНАНЬ

Шифр умінь та змістових модулів	Зміст умінь, що забезпечується
1	Студент повинен ґрунтовно засвоїти поняття теорії напруженого і деформованого стану тіл, понять лінійної та нелінійної теорії пружності, а також засадничих положень і методів теорії пластичності, повзучості та в’язкопружності. Повинні вивчити основні моделі ТП, теореми і методи, які дають можливість точно чи наближено визначити напружено-деформований стан у твердих деформівних тілах.
2	Студенти повинні вміти сформулювати задачу теорії лінійної та нелінійної пружності, теорії пластичності, повзучості та в’язкопружності у механічному сенсі та на рівні математичної моделі; знати основні способи побудови розв'язків сформульованих задач. Під час вивчення курсу студенти засвоять тензорну форму запису співвідношень, яка вживається у сучасній науковій літературі, і координатну форму, необхідну при здійсненні перетворень в ході розв'язування конкретних задач.

2. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ОБСЯГ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Лекційний курс

Шифр змістового модуля	Назва змістового модуля	Кількість аудиторних годин
1	Тензори в ортогональному базисі, теорія деформацій та напружень, закон Гука	2
2	Формулювання задач теорії пружності, загальні теореми, варіаційні принципи	2
3	Задачі кручення та згину призматичних стрижнів	2
4	Просторові задачі теорії пружності, розповсюдження пружних хвиль	2
5	Нелінійне деформування пружних тіл	2
6	Теорія течіння теорії пластичності	2
7	Деформаційна теорія пластичності	2
8	Теорія повзучості	2
9	Спадкова теорія пружності	2

2.2 Практичні заняття

Шифр змістового модуля	Назва змістового модуля	Кількість аудиторних годин

1	Тензори в ортогональному базисі, теорія деформацій та напружень, закон Гука	2
2	Формулювання задач теорії пружності, загальні теореми, варіаційні принципи	2
3	Задачі кручення та згину призматичних стрижнів	2
4	Просторові задачі теорії пружності, розповсюдження пружних хвиль	2
5	Нелінійне деформування пружних тіл	2
6	Теорія течіння теорії пластичності	2
7	Деформаційна теорія пластичності	2
8	Теорія повзучості	2
9	Спадкова теорія пружності	2

2.3. Самостійна робота студента:

Самостійна робота складається:

1. з вивчення теоретичного матеріалу, який розглянуто на лекціях;
2. вивчення теоретичного матеріалу, заданого викладачем на самостійне опрацювання;
3. вивчення матеріалу, який розглянуто на практичних заняттях;
4. підготовка до лабораторних занять;
5. виконання розрахунково-графічних завдань.

Матеріал для самостійного опрацювання

Тема	Кількість годин
1 Визначення напружень і деформацій. Складові напружень. Складові деформацій	4
2 Рівняння рівноваги. Рівняння на границі. Рівняння сумісності	10
3 Визначення переміщень при розтяганні та стисканні. Розтягання стержня під дією власної ваги. Кручення круглих валів сталого перерізу	4
4 Плоский деформований стан. Плоский напружений стан. Функція напружень. Розв’язання диференційного рівняння плоскої задачі за допомогою поліномів. Згин консольної балки	14
5 Загальні рівняння в полярних координатах. Деформації в полярних координатах. Напружено- деформований стан труби при дії рівномірного тиску	2
6 Загальні положення. Рівняння рівноваги. Згин пластин різноманітного обрису з різними умовами	18

обпирання	
7 Метод скінченних різниць. Функція залежить від однієї змінної. Функція залежить від двох змінних. Граничні умови. Розрахунок пластин методом скінченних різниць. Складання системи різницевих рівнянь	10
8 Метод переміщень у матричній формі. Загальні положення і передумови. Рівняння рівноваги. Фізичні рівняння. Матриця жорсткості. Загальні положення методу скінченних елементів. Силовий вплив. Тепловий вплив. Осідання опор. Матриці жорсткості типових стержневих елементів	10
Разом	**72**

2. Індивідуальні завдання

Під час вивчення курсу студенти денної форми навчання (повна та скорочена) виконують 2 розрахунково-графічних роботи (РГР):

1. РГР 1 – Дослідження об’ємного та плоского напруженого стану.
2. РГР 2 – Розрахунок пластин.

Студенти заочної повної форм навчання виконують 3 контрольні роботи (К):

3. К1 – Дослідження об’ємного напруженого стану.
4. К2 – Дослідження плоского напруженого стану.
5. К3 – Розрахунок пластин.

Студенти заочної скороченої форми навчання виконують 2 контрольні роботи (К):

6. К1 – Дослідження об’ємного та плоского напруженого стану.
7. К2 – Розрахунок пластин.

3.

3. ПЕРЕЛІК РЕКОМЕНДОВАНИХ ПІДРУЧНИКІВ, МЕТОДИЧНИХ ТА ДИДАКТИЧНИХ МАТЕРІАЛІВ

Література базова

1. Божидарник В.В., Сулим Г.Т. Елементи теорії пластичності та міцності. – Львів: Світ, 1999. Т. 1. – 532 с.
2. Божидарник В.В., Сулим Г.Т. Елементи теорії пружності. Львів: Світ. – 1994. – 580 с.
3. Можаровський М.С. Теорія пружності, пластичності і повзучості: підручник. К.: Вища школа, 2002. 308 с.
4. Савін Г.М., Рущицький Я.Я. Елементи механіки спадкових середовищ: Навч. посібник. К.: Вища школа, 1976. 251 с.

Література додаткова

1. Irgens F. Continuum mechanics. Springer, 2008. xviii+661 p.

2. Macosko C.W. Rheology: principles, measurement and applications. New York: Wiley-VCH Publishers, 1994. xiii+563 p.
3. Mase G.T., Mase G.E. Continuum mechanics for engineers. – 2nd ed. CRC Press LLC, 1999. 380 p.

4. КРИТЕРІЇ УСПІШНОСТІ

Оцінювання знань студентів здійснюється на основі результатів поточного та підсумкового контролю за 100-бальною шкалою.

Результати поточного контролю – бали за практичні заняття. Максимальна кількість балів, яку студент може набрати, складає 50 балів Поточний контроль передбачає оцінювання рівня знань та активності на практичних заняттях, індивідуальні виступи на практичних заняттях з самостійно опрацьованим матеріалом, результати за колоквіуми та контрольні роботи.

Підсумковий контроль – бали, отримані на іспиті. Максимальна кількість балів на іспиті – 50 балів. Іспит проводиться у письмовій формі (за екзаменаційними білетами).
Для отримання позитивної оцінки з семестрового контролю потрібно набрати за поточну успішність та за *іспит* більше 51 бала. Оцінка за семестр складається із суми балів за поточний і підсумковий контроль та виставляється за шкалою оцінювання.

Контрольні запитання до модуля 1

1 Як визначається об’ємна густина матеріалу в деякій точці об’єму?

2 У чому полягає принцип напруження Коші?

3 Що мають на увазі, коли пишуть запису? σ_{ij} в скороченій формі

4 Який вигляд мають диференціальні рівняння рівноваги за скороченою формою запису?

5 Який з наведених виразів дає можливість обчислити вектор напруження на нахилених площадках?

6 На підставі чого можна стверджувати, що компоненти напруження є компонентами тензора другого порядку?

7 Які осі тензора напружень називаються головними?

8 Укажіть на вираз, з якого визначаються величини головних напружень.

9 Чому коефіцієнти кубічного рівняння для визначення головних напружень називаються інваріантами?

10 Укажіть правильну формулу для визначення компонент вектора переміщення.

11 Якщо компоненти тензора визначаються за формулою $L_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial X_j} + \frac{\partial u_j}{\partial X_i} + \frac{\partial u_k}{\partial X_i}\frac{\partial u_k}{\partial X_j}\right)$, то це:

12 Якою складовою тензора деформації $\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i}\right)$ нехтують у випадку нескінченно малої деформації?

13 Який вигляд має тензор нескінченно малих деформацій?

14 Як можна інтерпретувати діагональні елементи тензора нескінченно малих деформацій?

15 У якому співвідношенні перебуває технічний зсув γ_{12} з відповідною компонентою тензора деформації ε_{12}?

16 Який напрямок деформації називається головним?

17 Яке рівняння називається характеристичним при визначенні головних деформацій?

18 Яка величина визначається із системи рівнянь $(\varepsilon_{ij} - \delta_{ij}\varepsilon)n_j = 0$?

19 Чому дорівнює об’ємна деформація?

20 За допомогою скількох констант пружності можна описати зв’язок між напруженнями і деформаціями для ізотропного матеріалу?

21 Який вигляд мають залежності між напруженнями і деформаціями для ізотропного матеріалу?

22 Який існує місце між модулями E і G?

23 Який вигляд мають залежності між деформаціями і напруженнями для ізотропного матеріалу?

24 Як називається крайова задача, коли треба знайти переміщення тіла?

25 Як називається крайова задача, коли треба знайти компоненти тензора напруження?

26 До якого рівняння зводиться перша крайова задача?

27 До якого рівняння зводиться друга крайова задача при відсутності масових сил?

28 Яка задача теорії пружності називається плоскою?

29 Яке рівняння повинна задовольняти функція Ері?

30 Коли при розв’язанні плоских задач зручно застосовувати полярну систему координат?

31 Який напружений стан існує для точок, що містяться на колі Бусинеска?

32 Які плоскі задачі теорії пружності називаються вісесиметричними?

Контрольні запитання до модуля 2

1 Що таке серединна площина пластини?

2 Якщо відношення висоти пластини до найменшого розміру в плані складає 1/20, то це:

3 Які прогини пластини в порівнянні з її висотою вважаються малими?

4 Які з наведених співвідношень відповідають гіпотезі прямих нормалей?

5 Укажіть правильну формулу для нормального напруження σ_{11} в пластині.

6 Як називається величина $D = \frac{Eh^3}{12(1-\nu^2)}$ в пластині?

7 Що таке $M_1 = -D\left(\frac{\partial^2 u_3}{\partial x_1^2} + \nu \frac{\partial^2 u_3}{\partial x_2^2}\right)$ в пластині?

8 Яку розмірність мають згинальні моменти в пластині?

9 За якою формулою визначаються максимальні напруження в пластині від згинального моменту?

10 Дайте оцінку дотичного напруження τ в пластині.

11 Укажіть на правильний вираз для диференціального рівняння зігнутої поверхні пластини.

12 Які умови відповідають шарнірному закріпленню прямокутної пластини на краю $x_1 = 0$?

13 Укажіть на функцію прогинів для жорстко закріпленої еліптичної пластини, завантаженої рівномірно розподіленим навантаженням.

14 Чому дорівнює прогин у центрі жорстко закріпленої круглої пластини від дії рівномірно розподіленого навантаження? 15 За яких граничних умов для розрахунку прямокутної пластини треба застосовувати метод Леві?

16 У якому вигляді знаходиться функція прогинів за методом Леві?

17 Який вигляд має диференціальне рівняння для визначення невідомих функцій Y_m в методі Леві?

18 Яка апроксимація використовується для знаходження розв'язку задач теорії пружності в методі скінченних елементів?

19 Як називають фіксоване число точок тіла в методі скінченних елементів?

20 Яка вимога повинна виконуватися при виборі полінома для елемента?

21 Якому скінченному елементу відповідає такий поліном: $\varphi = \alpha_1 + \alpha_2 x_1 + \alpha_3 x_2$?

22 Який елемент частіше усього використовується при розв'язанні плоских задач теорії пружності?

23 Як називається величина N_i у виразі $\varphi = N_i \Phi_i + N_j \Phi_j$?

24 Чому дорівнює величина функції форми N_i для вузла i ?

25 За якою формулою в методі скінченних елементів обчислюються деформації елемента?

26 За якою формулою в методі скінченних елементів обчислюються напруження в елементі?

27 За якою формулою в методі скінченних елементів обчислюється матриця градієнтів $[B]$?

28 Який метод найбільш зручний для складання системи рівнянь методу скінченних елементів у задачах, що описуються диференціальними рівняннями?

29 За якою формулою обчислюється повна енергія системи скінченних елементів?

30 Який вигляд має математичний запис принципу Лагранжа?

31 За якою формулою обчислюється матриця жорсткості скінченного елемента?

32 Який вигляд має формула для обчислення матриці жорсткості системи скінченних елементів?

5. ЗАСОБИ ДІАГНОСТИКИ УСПІШНОСТІ НАВЧАННЯ

Для визначення рівня засвоєння студентами навчального матеріалу використовують такі засоби діагностики: завдання для самостійної роботи, індивідуальні завдання-виступи; колоквіум та контрольна робота; іспит.