



ТЕОРІЯ ПРУЖНОСТІ. ЧАСТИНА 1.

НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>131 Прикладна механіка</i>
Освітня програма	<i>Динаміка і міцність машин</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3-й курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>150 годин / 5 кредитів (лекції – 36 год.; практичні заняття – 36 год.; самостійна робота – 78 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен/модульна контрольна робота</i>
Розклад занять	<i>https://schedule.kpi.ua/?groupId=643f5371-98b5-4620-95aa-b0cb0062550e</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	<i>Лектор: д.т.н., проф., Бабенко Андрій Єлісейович Практичні: д.т.н., проф., Бабенко Андрій Єлісейович, к.т.н., Коваль Віктор Вікторович, mdpm@ukr.net.</i>

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Теорія пружності в першу чергу повинна сформулювати задачу механіки деформованого тіла і надати їй математичну форму, виконання цього завдання забезпечується задачами аналізу напруженого стану, аналізу деформованого стану, використанням законів термодинаміки для встановлення зв'язку між напруженнями і деформаціями. Синтез результатів цих задач дає можливість одержати загальні рівняння термопружності. Задача визначення напружено - деформованого стану може бути сформульована як у формі диференціальних рівнянь, так і у формі мінімакських задач. Така постановка виконується за допомогою варіаційних принципів теорії пружності. Після того, як задача теорії пружності поставлена математично, встановлюються її загальні властивості і розглядаються загальні розв'язки задач теорії пружності.

Особливості теорії пружності полягають в тому, що задача ставиться математично точно без припущень, які полегшують розв'язок задачі. Така постановка задачі приводить до необхідності розв'язку крайової задачі. Крім того основний упор в цьому курсі робиться на точні методи розв'язку задач. Одержані точні розв'язки дають відповідь на деякі принципові питання, які стосуються розподілу напружень та деформацій використовуються як тестові задачі для перевірки розв'язків, одержаних наближеними методами в тому числі і числовими. Велика кількість задач, розв'язаних методами теорії пружності мають прикладний характер і використовуються на практиці.

Метою вивчення курсу є оволодіння студентами точними методами постановки та розв'язку задач визначення напружено-деформованого стану конструкцій та деталей машин. Після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання

- точних методів постановки та розв'язку задач визначення напружено-деформованого стану
- основних гіпотез теорії пружності
- структури тензора напружень, тензора деформацій, тензора пружних сталей
- системи визначальних рівнянь теорії пружності та порядку її застосування

Уміння

- правильно визначити граничні умови для основних типів крайових задач
- застосовувати криволінійні координати для розв'язку задач теорії пружності
- використовувати визначальні рівняння теорії пружності для розв'язку задач по визначенню напружено-деформованого стану в точці.
- використовувати в роботі електронні посібники, вітчизняну та іноземну технічну літературу

Навички

- розв'язання задач по визначенню напруженого стану елементів конструкцій
- розв'язання задач по визначенню деформованого стану елементів конструкцій
- розв'язання задач теорії пружності з урахуванням повороту системи координат
- визначення переміщень з використанням основних рівнянь теорії пружності

Програмні компетентності:

1. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності;
2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;
3. Здатність аналізу матеріалів, конструкцій та процесів на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки;
4. Здатність робити оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в експлуатаційних умовах та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності конструкцій і процесів, в тому числі і за наявності деякої невизначеності;
5. Здатність використовувати аналітичні та чисельні математичні методи для вирішення задач прикладної механіки, зокрема здійснювати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість в процесі статичного та динамічного навантаження з метою оцінки надійності деталей і конструкцій машин;
6. Здатність оптимізувати конструкцію устаткування, машини, агрегату, вузла, тощо з точки зору її міцності, надійності та вартості;
7. Здатність реалізовувати та застосовувати на практиці основні методи та підходи теорії пружності та пластичності з точки зору оцінки граничних станів елементів конструкцій та обладнання.

Програмні результати навчання:

1. Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин;
2. Знання методів обробки математичних моделей сучасними програмними продуктами;
3. Знання сучасних пакетів прикладних програм для розрахунку на міцність, жорсткість та стійкість елементів машинобудівних конструкцій;
4. Знання сучасних чисельних методів;
5. Знання теорії пружності;
6. Уміння готувати вихідні дані для обґрунтування технічних рішень, застосовувати стандартні методики розрахунків при проектуванні елементів машинобудівних конструкцій.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни

Теорія пружності базується на наступних дисциплінах: Вища математика, Лінійна алгебра і аналітична геометрія, Загальна фізика, Теоретична механіка, Механіка матеріалів і конструкцій

Знання, здобуті студентами при вивченні цієї дисципліни, використовуються в подальшому при вивченні дисциплін: Теорія пружності. Частина 2. Крайові задачі, Коливання систем з багатьма ступенями вільності, Поздовжні і крутильні коливання континуальних систем, Згинні коливання стержнів і систем, Теорія пластичності та повзучості.

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1.

Тема 1.1. Вступ. Задачі теорії пружності і основні гіпотези. Характеристика лінійної та нелінійної, математичної та прикладної теорії пружності. Історичний нарис, вклад вітчизняних вчених у розвиток науки.

Розділ 2 Теорія напруженого стану.

Тема 2.1. Тензор напружень того математичний і фізичний зміст, різні системи позначень. Повне, нормальне та дотичне напруження на довільній площадці. Визначення компонентів тензори напружень при повороті системи координат.

Тема 2.2. Головні площадки, головні напруження. Інваріанти тензора напружень. Екстремальні нормальні напруження. Екстремальні дотичні напруження.

Тема 2.3. Диференційне рівняння рівноваги та руху. Симетрія тензора напружень.

Розділ 3. Теорія деформованого стану.

Тема 3.1. Способи описання деформованого стану Лагранжа і Ейлера. Тензори скінченних деформацій Гріна і Альмансі.

Тема 3.2. Фізичний та геометричний зміст компонентів тензора деформацій, їх зв'язок з деформаціями відносного видовження та зсуву. Визначення відносних деформацій видовження в довільному напрямі.

Тема 3.3. Перетворення компонент тензора деформацій при повороті системи координат. Головні напрямки та головні деформації, їх екстремальні властивості.

Тема 3.4. Тензор малих деформацій (співвідношення Коши). Фізичний та геометричний зміст компонент тензора малих деформацій.

Тема 3.5. Градієнт вектора переміщень, його зв'язок з тензором деформацій і тензором обертання.

Тема 3.6. Визначення переміщень, формула Чезаро. Рівняння сумісності деформацій Сен-Венана їх фізична та математична суть.

Розділ 4. Фізичні основи теорії пружності.

Тема 4.1. Деформоване тіло, як термодинамічна система, термодинамічні параметри визначаючі стан тіла. Термодинамічні потенціали. Перший закон термодинаміки. Другий закон термодинаміки.

Тема 4.2. Закон збереження енергії для деформованого тіла. Баланс ентропії. Закон Фур'є.

Тема 4.3. Перша форма визначаючих рівнянь, коли незалежними змінними є деформації та температура. Закон Дюамеля - Неймана.

Тема 4.4. Друга форма визначаючих рівнянь, коли незалежними змінними є напруження та температура.

Тема 4.5. Рівняння притоку тепла. Диференційні рівняння термопружності, їх лініалізація. Зв'язана і незв'язана задача термопружності. Граничні та початкові умови. Рівняння класичної теорії пружності.

Тема 4.6. Тензор матеріальних сталих пружного тіла та його залежність від при різних видів симетрії.

Розділ 5. Крайові задачі теорії пружності.

Тема 5.1. Загальна система рівнянь класичної теорії пружності. Рівняння теорії пружності у переміщеннях - рівняння на Нав'є.

Тема 5.2. Рівняння теорії пружності у напруженнях Бельтрамі - Мітчела.

Розділ 6. Варіаційні принципи теорії пружності.

Тема 6.1. Пряма теорема про мінімум потенціальної енергії. Обернена теорема про мінімум потенціальної енергії (принцип мінімуму потенціальної енергії Лагранжа).

Тема 6.2. Пряма теорема про мінімум доповнювальних робіт. Обернена теорема про мінімум доповнювальних робіт (принцип Кастільяно).

Тема 6.3. Варіаційний принцип Рейснера. Зв'язок варіаційних принципів з диференційними рівняннями.

Розділ 7. Загальні теореми теорії пружності.

Тема 7.1. Існування та однозначність розв'язку задачі теорії пружності. Теорема взаємності робіт. Теорема Клапейрона.

Розділ 8. Загальні розв'язки задачі теорії пружності.

Тема 8.1. Розв'язок Панковича - Нейбера. Розв'язок Бусінеска-Гальоркіна.

Розділ 9. Задача теорії пружності у криволінійних координатах .

Тема 9.1. Основний та взаємний базис в косокутній системі координат. Метричний тензор. Контраваріантні і коваріантні компоненти тензора, їх зв'язок. Визначення довжини, площі, об'єму.

Тема 9.2. Диференціювання базисних векторів. Коваріантна похідна.

Тема 9.3. Рівняння теорії пружності у криволінійних координатах.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Бабенко А.Є та ін. Теорія пружності. Частина 1: Підручн. - К. : Основа, 2009. - 244 с.
2. Краснобокий Ю.М., Дякон В.М. Сучасні методи теорії пружності: Підручн. – Умань: ПП «Жовтий», 2015 – 108 с.
3. Можаровський М. С. Теорія пружності, пластичності і повзучості: Підручн. - К. : Вища школа, 2002. 308 с
4. Божидарник В.В., Сулим Г.Т. Теорія пружності: Підручн у 3-х томах. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2012. — 552 с.
5. Бородачов М. М. Теорія пружності та пластичності: навчальний посібник / М.М. Бородачов, М. І. Савченко. - К.: НАУ, 2006.- 224 с.

Додаткова література

1. Корнілов О.А. Інженерні застосування плоскої задачі теорії пружності в розрахунках на міцність: Навч. Посібник – К: НМК ВО, 1991 – 277 с.
2. Бабенко А.Є. Методичні вказівки і завдання до теми "Теорія деформованого стану" з дисципліни "Теорія пружності" для студентів мех.-машинобуд. фак. спец." Динаміка та міцність машин" – К: КПІ, 1994 – 20 с.
3. Бабенко А.Є. Методичні вказівки і завдання до теми "Теорія напруженого стану " з дисципліни "Теорія пружності" для студентів механіко-машинобуд. фак. спец." Динаміка та міцність машин" – К: КПІ, 1994 – 24 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекція 1. Вступ. Задачі теорії пружності і основні гіпотези. Характеристика лінійної та нелінійної, математичної та прикладної теорії пружності. Історичний нарис, вклад вітчизняних вчених у розвиток науки

Лекція 2. Теорія напруженого стану. Тензор напружень того математичний і фізичний зміст, різні системи позначень. Повне, нормальне та дотичне напруження на довільній площадці. Визначення компонентів тензора напружень при повороті системи координат.

Лекція 3. Головні площадки, головні напруження. Інваріанти тензора напружень. Екстремальні нормальні напруження. Екстремальні дотичні напруження.

Лекція 4. Диференційне рівняння рівноваги та руху. Симетрія тензора напружень.

Лекція 5. Теорія деформованого стану. Способи описання деформованого стану Лагранжа і Ейлера. Тензори скінченних деформацій Гріна і Альмансі.

Лекція 6. Фізичний та геометричний зміст компонентів тензора деформацій, їх зв'язок з деформаціями відносного видовження та зсуву. Визначення відносних деформацій видовження в довільному напрямі.

Лекція 7. Перетворення компонент тензора деформацій при повороті системи координат. Головні напрямки та головні деформації, їх екстремальні властивості. Тензор малих деформацій, співвідношення Коши. Фізичний та геометричний зміст компонент тензора малих деформацій.

Лекція 8. Градієнт вектора переміщень, його зв'язок з тензором деформацій і тензором обертання. Визначення переміщень, формула Чезаро.

Лекція 9. Рівняння сумісності деформацій Сен-Венана їх фізична та математична суть.

Лекція 10. Термодинамічні основи теорії пружності. Деформоване тіло, як термодинамічна система, термодинамічні параметри визначаючі стан тіла. Термодинамічні потенціали. Перший закон термодинаміки. Другий закон термодинаміки.

Закон збереження енергії для деформованого тіла. Баланс ентропії. Закон Фур'є.

Лекція 11. Перша форма визначаючих рівнянь, коли незалежними змінними є деформації та температура. Закон Дюамеля - Неймана.

Лекція 12. Друга форма визначаючих рівнянь, коли незалежними змінними є напруження та температура. Рівняння притоку тепла.

Диференційні рівняння термопружності, їх лінійаризація. Зв'язана і незв'язана задача термопружності. Граничні та початкові умови. Рівняння класичної теорії пружності.

Лекція 13. Тензор матеріальних сталих пружного тіла та його залежність від при різних видів симетрії.

Лекція 14. Граничні задачі теорії пружності. Загальна система рівнянь класичної теорії пружності. Рівняння теорії пружності у переміщеннях - рівняння на Нав'є. Рівняння теорії пружності у напруженнях Бельтрамі - Мітчела.

Лекція 15. Варіаційні принципи теорії пружності. Пряма теорема про мінімум потенціальної енергії. Обернена теорема про мінімум потенціальної енергії (принцип мінімуму потенціальної енергії Лагранжа).

Пряма теорема про мінімум доповнювальних робіт. Обернена теорема про мінімум доповнювальних робіт (принцип Кастільяно).

Варіаційний принцип Рейснера. Зв'язок варіаційних принципів з диференційними рівняннями.

Лекція 16. Загальні теореми теорії пружності. Існування та однозначність розв'язку задачі теорії пружності. Теорема взаємності робіт. Теорема Клапейрона.

Лекція 17. Загальні розв'язки задачі теорії пружності. Розв'язок Папковича - Нейбера. Розв'язок Бусінеска-Гальоркіна.

Лекція 18. Задача теорії пружності у криволінійних координатах. Основний та взаємний базис в косокутній системі координат. Метричний тензор. Контраваріантні і коваріантні компоненти тензора,

їх зв'язок. Диференціювання базисних векторів. Коваріантна похідна. Рівняння теорії пружності у криво-лінійних координатах.

Практичні заняття

Практичне заняття №1. Визначення напружень на нахилених площадках. Головний вектор напружень

Практичне заняття №2. Перетворення тензора напружень при повороті системи координат

Практичне заняття №3. Головні площадки. Головні напруження та їх орієнтація у просторі.

Практичне заняття №4. Кульовий тензор та девіатор напружень. Зв'язок напружень на октаедричній площадці з інваріантами тензора напружень та девіатора напружень.

Практичне заняття №5. Рівняння рівноваги. Рівняння рівноваги в циліндричній системі координат

Практичне заняття №6. Модульна контрольна робота №1

Практичне заняття №7. Перетворення тензора деформацій при повороті системи координат. Визначення деформацій у певному напрямку.

Практичне заняття №8. Головні деформації та їх напрямки.

Практичне заняття №9. Тензор Коші та Тензор Гріна.

Практичне заняття №10. Формула Чезаро

Практичне заняття №11. Визначення граничних умов.

Практичне заняття №12. Визначення деформацій при подвійному повороті системи координат. Побудова деформованого стану простих перерізів

Практичне заняття №13. Потенційна енергія деформування.

Практичне заняття №14. Модульна контрольна робота №2

Практичне заняття №15. Всесторонній стиск тіла розподіленим навантаженням

Практичне заняття №16. Розтяг циліндричного стержня під дією власної ваги

Практичне заняття №17. Згин круглого стержня моментом.

Практичне заняття №18. Кручення круглого стержня

6. Самостійна робота студента

№ з/п	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Визначення головного вектора напружень, нормальних та дотичних напружень на довільних площадках <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	2
2	Визначення компонент тензора напружень при повороті системи координат <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	2
3	Визначення компонент матриці повороту за різних початкових умов. <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	4

4	Визначення головних напружень та їх напрямку <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	2
5	Рівняння рівноваги в циліндричній системі координат <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	6
6	Визначення деформацій у певному напрямку <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	2
7	Визначення головних деформації та їх напрямків <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	2
8	Визначення компонентів тензора Коші <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	2
9	Визначення компонентів тензора Гріна <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	2
10	Визначення переміщень за допомогою формули Чезаро <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	6
11	Побудова перерізу у деформованому стані за відомим полем переміщень. <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	12
12	Визначення граничних умов для довільних об'єктів <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	8
13	Розрахунок деформацій за відомими параметрами розетки <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	12
14	Визначення потенційної енергії деформування тіл <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	8
15	Розрахунок зміни об'єму для заданого поля переміщень <i>Передбачається поглиблене вивчення теоретичного матеріалу в рамках вказаної теми.</i>	8

Політика та контроль

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування всіх видів навчальних занять з дисципліни є для студентів бажаним, оскільки дозволяє більш детально ознайомитися з навчальним матеріалом та отримати консультації і роз'яснення за його змістом.

Якщо заняття проводяться в дистанційному режимі, зокрема в мережі ZOOM, студент свою присутність має засвідчити, ввімкнувши мікрофон і камеру на вимогу викладача.

Контроль присутності студентів на заняттях здійснюється викладачем наприкінці заняття.

Матеріали пропущених занять мають бути відпрацьованими самостійно.

Правила поведінки на заняттях

Студенти на заняття мають з'являтися своєчасно, без запізнь.

На лекційних заняттях студенти повинні мати конспекти. Під час проведення лекційних занять та на практичних заняттях не допускаються сторонні розмови, користування комп'ютерами, смартфонами, мобільними телефонами без дозволу викладача.

Правила призначення заохочувальних та штрафних балів

Ці правила відображені в рейтинговій системі оцінювання (див. п. 8)

Політика дедлайнів та перескладань

Модульні контрольні роботи виконуються студентом 1 раз на парі у присутності викладача. Перескладання контрольної роботи на вищу оцінку не допускається. Оцінювання ступені та якості виконання завдання відбувається відповідно до вимог п.8. Якщо студент був відсутній на контрольній роботі з поважних причин і у нього є про це підтвердження – то він має право, за попередньою домовленістю з викладачем, написати пропущену контрольну роботу у інший час.

Політика щодо академічної доброчесності

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені ІгоряСікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Протягом семестру виконуються такі види контролю успішності студентів у вивченні дисципліни:

- **Поточний контроль.** Включає оцінювання виконання модульних контрольних робіт
- **Календарний контроль.** Проводиться двічі на семестр, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- **Семестровий контроль.** Екзамен.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, що він отримує за:

- 1) написання модульних контрольних робіт;
- 2) написання екзамену;
- 3) штрафних та заохочувальних балів.

8.1. Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

8.1.1. Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота містить 4 практичні завдання за пройденими на момент її написання матеріалами курсу. Час виконання модульної контрольної роботи становить 90 хвилин. У разі здачі студентом роботи пізніше ніж через 90 хвилин після видачі завдання або у разі виявлення факту списування, бали за модульну контрольну роботу не виставляються. Передача модульної контрольної роботи з метою підвищення балів не передбачена.

Максимальні бали за виконання завдань модульних контрольних робіт наведені у таблиці

Розподіл балів по завданням модульних контрольних робіт

Номер завдання	МКР №1	МКР №2
1	3.5	4
2	6	11
3	7	6
4	3.5	9
Разом	20	30

8.1.2. Допуск до екзамену

Для допуску на екзамен студенту необхідно набрати не менше ніж 30 балів за виконання модульних контрольних робіт. Якщо ця вимога не виконана, то викладачем студенту можуть бути запропоновані додаткові практичні завдання за матеріалами всього курсу дисципліни. Максимальна кількість балів за таке завдання становить 4 бали. Кількість завдань оцінюється за формулою з округленням до цілого числа у більшу сторону:

$$N = \frac{30 - R_{cur}}{4}$$

Де R_{cur} – поточні бали студента.

Результуючий бал за виконання кожного завдання $ДЗ_i$ розраховується з урахуванням коригувального коефіцієнту $K_{кр}$ та визначається як:

$$ДЗ_i = 4 \times K_{кр_i}$$

8.1.3. Екзаменаційна робота

Екзаменаційна робота складається з двох теоретичних питань та однієї практичної задачі, що максимально оцінюються наступним чином:

Теоретичне питання 1 – 15 балів

Теоретичне питання 2 – 15 балів

Практичне завдання – 20 балів

Разом – 50 балів

8.1.4. Коригувальний коефіцієнт

Величина коригувального коефіцієнта $K_{кр}$, що враховує точність відповідей на питання модульних контрольних робіт, додаткових завдань та екзаменаційних питань наведено у таблиці

Критерії оцінювання правильності відповідей на завдання

<i>Критерій</i>	<i>Коригувальний коефіцієнт</i> $K_{кр}$
Вірна відповідь на питання	1
Відповідь містить деякі неточності або несуттєві помилки	0,85-0,94
Відповідь неповна, відсутні основні або базові моменти, що стосуються суті питання	0,75-0,84
Відповідь на питання лише частково торкається суті питання	0,6-0,74
Невірна відповідь на питання	0

8.1.5. Заохочувальні бали нараховуються за:

Участь в оформленні нових завдань для практичних занять, допомозі у підготовці наочного лекційного матеріалу, виконанні додаткового завдання у вигляді задачі за матеріалами курсу наприкінці семестру, допомозі у створенні електронного методичного матеріалу (за умови виконання навчальної програми з дисципліни) - від +1 до +10 балів.

8.2. Розрахунок шкали (R) рейтингу

Сума набраних рейтингових балів може бути розрахована як:

- 1) кількість набраних балів за модульні контрольні роботи протягом семестру більше або дорівнює 30

$$R = \sum_{i=1}^4 (MKP_i \times K_{кр_i}) + \sum_{j=1}^4 (MKP_j \times K_{кр_j}) + \sum_{m=1}^3 (EP_m \times K_{кр_m}) + ЗБ$$

- 2) кількість набраних балів за модульні контрольні роботи протягом семестру менше 30

$$R = \sum_{i=1}^4 (MKP_i \times K_{кр_i}) + \sum_{j=1}^4 (MKP_j \times K_{кр_j}) + \sum_{i=1}^N ДЗ_i + \sum_{m=1}^3 (EP_m \times K_{кр_m}) + ЗБ$$

Де MKP_i та MKP_j – бали, набрані за виконання i -го та j -го завдань 1-ї та 2-ї модульної контрольної роботи;

$ДЗ_i$ – бали за i -те додаткове завдання;

EP_m – бали, набрані за відповіді на питання екзаменаційної роботи;

$K_{кр}$ – відповідні коригувальні коефіцієнти;

ЗБ – сума заохочувальних балів.

8.3. Атестації

Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 60% з усіх можливих балів за виконані завдання з початку навчального семестру і до моменту проведення атестації. Умовою позитивної другої атестації є отримання не менше 60% з усіх можливих балів за виконані завдання за інтервал від першої атестації і до моменту проведення другої атестації.

8.4. Критерії оцінювання:

Набрані протягом навчального семестру бали переводяться до екзаменаційної оцінки згідно таблиці:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Кількість набраних балів менша за 30	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ «ТЕОРІЯ ПРУЖНОСТІ. ЧАСТИНА 1. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН», ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЕКЗАМЕН

1. Визначання напружень на нахилених площадках.
2. Головні площадки, головні напруження. Графічний метод дослідження наружного стану в точці.
3. Визначання максимальних нормальних напружень
4. Визначання максимальних дотичних напружень
5. Екстремальні властивості головних напружень
6. Рівняння рівноваги.
7. Методи визначення деформованого стану, тензор скінченних деформацій
8. Визначення головних деформацій на їх напрямках. Інваріанти тензора деформацій.
9. Визначення видовження, зсуву, об'єму
10. Визначення тензора малих деформацій.
11. Визначення деформацій видовження, зсуву об'єму при малих деформаціях.
12. Визначення переміщень.
13. Рівняння сумісності деформацій, визначення їх як можливостей існування заданого деформованого стану.
14. Закон Гука при різних видах анізотропії та зв'язок між модулями пружності та сталими Ляме.
15. Рівняння термopужності.
16. Постановка граничних задач, крайові умови .
17. Постановка граничних задач при ізотермічному процесі.
18. Рівняння теорії пружності в переміщеннях і в напруженнях.
19. Теорема про однозначність розв'язку задачі теорії пружності,
20. Теорема взаємності робіт.
21. Теорема Клапейрона.
22. Найпростіші задачі теорії пружності. Стиск - розтяг тіла рівномірно розподіленим навантаженням нормальним до поверхні тіла.
23. Розтяг стержня власною вагою.
24. Чистий згин призматичного стержня.
25. Кручення круглого стержня.

26. Косокутні координати, коваріантні та контраваріантні компоненти.
27. Метричний тензор визначення довжини, площі, об'єму
28. Диференціювання у криволінійних координатах коваріантна похідна.
29. Рівняння рівноваги у циліндричних координатах.
30. Тензор малих деформацій (співвідношення Коші) у циліндричних координатах.
31. Варіаційний принцип мінімуму потенціальної енергії (Лагранжа).
32. Варіаційний принцип мінімуму доповнювальних робіт (Кастільяно).
33. Варіаційний принцип Рейснера, зв'язок варіаційних принципів з крайовими задачами.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: д.т.н., проф., проф. кафедри динаміки і міцності машин та опору матеріалів Бабенко А.Є.
к.т.н. Коваль В.В.

Ухвалено: кафедрою ДММ та ОМ (протокол № 16 від 24 червня 2024 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ММІ (протокол № 9 від 28 червня 2024 р.)