



ПРИКЛАДНІ МЕТОДИ В ЗАДАЧАХ МЕХАНІКИ ДЕФОРМІВНОГО ТІЛА

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>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>4-й курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>120 годин / 4,0 кредити (лекції – 36 год.; практичні заняття – 36 год.; самостійна робота – 48 год.)</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Залік/Модульна контрольна робота/Розрахунково-графічна 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

Інженерні задачі по визначенню напружено-деформованого стану, що розглядаються в рамках дії лише пружних деформацій, можуть потребувати більш точного розв'язку, ніж може бути отриманий методами механіки матеріалів і конструкцій. Він може бути сформульований виходячи з комбінації загальних положень теорії пружності та методів математичної фізики, що використовують інтегральні перетворення.

При вивченні дисципліни студенти мають змогу навчитися застосовувати загальні розв'язки для задач теорії пружності з використанням інтегральних перетворень. Зрозуміти суть та порядок застосування інтегральних перетворень Фур'є та Мелліна. Ознайомитися з особливостями представлення задач теорії пружності у біполярних координатах та навчитися визначати в них граничні умови.

Отримані знання та уміння дозволяють проводити розрахунки по визначенню напружено-деформованого стану елементів конструкцій, з позицій теорії пружності, як у випадках створення нових конструкцій так і при виконанні перевірочних розрахунків на міцність.

Метою вивчення курсу є оволодіння студентами методами розв'язку задач визначення напружено-деформованого стану конструкцій у межах пружних деформацій з використанням інтегрального перетворення Фур'є та Мелліна. Після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

Знання

- загальних методів розв'язку задач теорії пружності з використанням інтегрального перетворення Фур'є
- загальних методів розв'язку задач теорії пружності з використанням інтегрального перетворення Мелліна
- методів вирішення задач теорії пружності у біполярних координатах
- принципів побудови та формулювання функції напружень для різних випадків навантаження

Уміння

- вірно формулювати граничні умови у різних системах координат та для різних типів крайових задач
- побудувати загальний розв'язок для функції напружень
- аналізувати одержані при вирішенні задачі результати
- використовувати в роботі електронні посібники, вітчизняну та іноземну технічну літературу

Навички

- практичного використання інтегральних перетворень Фур'є та Мелліна у задачах теорії пружності
- формулювання граничних умов для першої, другої та змішаної крайової задачі
- розрахунку напружено-деформованого стану у випадку застосування біполярної системи координат
- розрахунку напружень у випадку контактної задачі

Дисципліна уточнює та доповнює наступні 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 оптимізувати конструкцію устаткування, машини, агрегату, вузла, тощо з точки зору її міцності, надійності та вартості;
5. Здатність реалізовувати та застосовувати на практиці основні методи та підходи теорії пружності та пластичності з точки зору оцінки граничних станів елементів конструкцій та обладнання.

Дисципліна уточнює та доповнює наступні програмні результати навчання:

1. Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин;
2. Знання теорії пружності;
3. 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: Теорія пружності. Частина 1. Напружено-деформований стан, Теорія пружності. Частина 2. Крайові задачі. 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 пластичності та повзучості, Переддипломна практика, Дипломне проектування

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Перетворення Фур'є

Тема 1.1. Плоска задача теорії пружності для нескінченної полоси. Пружня рівновага напівплощини. Перша основна задача теорії пружності для нескінченної полоси

Тема 1.2. Друга основна задача для нескінченної полоси

Тема 1.3. Змішана задача для нескінченної полоси.

Тема 1.4. Задача Дирихле для області, що обмежена двома колами, що перетинаються. Кручення призми, утвореної двома круговими циліндрами, що перетинаються

Тема 1.5. Розрахунок дотичних напружень та жорсткості при крученні у біполярній системі координат

Тема 1.6. Згин поперечним зусиллям стрижня з луночним профілем

Тема 1.7. Згин кругового циліндра, що зрізаний площиною, яка паралельна його вісі

Тема 1.8. Плоска задача теорії пружності для кругової луночки. Розв'язок основної бігармонічної задачі для луночної області.

Тема 1.9. Змішані задачі для пружної напівплощини

Тема 1.10. Плоска контактна задача за наявності зчеплення

Тема 1.11. Плоска задача для околу колової луночки

Розділ 2 Перетворення Мелліна

Тема 2.1. Плоска задача теорії пружності для клину. Перша основна задача теорії пружності

Тема 2.2. Рівновага клину, навантаженого зосередженим зусиллям

Тема 2.3. Друга основна задача для клину

Тема 2.4. Змішана задача теорії пружності для клину.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література

1. Можаровський М. С. Теорія пружності, пластичності і повзучості: Підручн. - К. : Вища школа, 2002. 308 с
2. Божидарник В.В., Сулим Г.Т. Теорія пружності: Підручн у 3-х томах. – Луцьк: РВВ ЛНТУ, 2012. — 552 с.
3. Морачковський О.К. Тензорні основи теорії пружності: Навч. посібник – К: НМК ВО, 1992. – 88 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. Вайсфельд Н.Д. Плоскі мішані задачі теорії пружності для півнескінченної смуги. Монографія – Одеса:ОНУ, 2019 – 159 с.
3. Петренко М.П. Ускладнені задачі теорії пружного тіла. – К:Техніка, 2011 – 160 с.
4. Бабенко А.Є. Методичні вказівки і контрольні роботи з курсу "Теорія пружності" Для студентів спец. "Динаміка, міцність машин"– К: КПІ, 1993 – 44 с.
5. Бабенко А.Є. Методичні вказівки та завдання до теми «Термодинамічні основи, загальні рівняння та варіаційні методи теорії пружності» Для студентів спец. "Динаміка, міцність машин"– К: КПІ, 1994 – 42 с.

4. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекція 1. Плоска задача теорії пружності для нескінченної полоси. Пружня рівновага напівплощини. Перша основна задача теорії пружності для нескінченної полоси

Лекція 2. Друга основна задача для нескінченної полоси

Лекція 3. Змішана задача для нескінченної полоси.

Лекція 4. Задача Дирихле для області, що обмежена двома колами, що перетинаються. Кручення призми, утвореної двома круговими циліндрами, що перетинаються

Лекція 5. Розрахунок дотичних напружень та жорсткості при крученні у біполярній системі координат

Лекція 6. Згин поперечним зусиллям стрижня з луночним профілем

Лекція 7. Згин кругового циліндра, що зрізаний площиною, яка паралельна його вісі

Лекція 8. Плоска задача теорії пружності для кругової луночки. Розв'язок основної бігармонічної задачі для луночної області.

Лекція 9. Змішані задачі для пружної напівплощини

Лекція 10. Плоска контактна задача за наявності зчеплення

Лекція 11. Плоска задача для околу колової луночки

Лекція 12. Плоска задача теорії пружності для клину. Перша основна задача теорії пружності

Лекція 13. Рівновага клину, навантаженого зосередженим зусиллям

Лекція 14. Рівновага клину, навантаженого зосередженим зусиллям

Лекція 15. Друга основна задача для клину

Лекція 16. Друга основна задача для клину

Лекція 17. Змішана задача теорії пружності для клину.

Лекція 18. Змішана задача теорії пружності для клину.

Практичні заняття

Практичне заняття №1. Комбіноване навантаження нескінченної полоси

Практичне заняття №2. Закріплена по контуру полоса, що навантажена моментом

Практичне заняття №3. Полоса з закріпленою основою.

Практичне заняття №4. Використання біполярної системи координат у задачах теорії пружності. Визначення НДС перерізу, утвореного в результаті зрізу кругового циліндра площиною.

Практичне заняття №5. Розрахунок перерізу у вигляді симетричної кругової луночки.

Практичне заняття №6. Модульна контрольна робота №1

Практичне заняття №7. Згин стержня з луночним профілем.

Практичне заняття №8. Згин кругового циліндра, що зрізаний площиною, яка паралельна його вісі

Практичне заняття №9. Згин стержня з перерізом у вигляді симетричної луночки

Практичне заняття №10. Стиск симетричної луночки.

Практичне заняття №11. Задача навантаження площини з двома напівнескінченими розрізами..

Практичне заняття №12. Задача навантаження штампа

Практичне заняття №13. Розтяг напівплощини з сегментним вирізом

Практичне заняття №14. Концентрація напружень у площині, яка ослаблена луночним отвором за умов чистого зсуву

Практичне заняття №15. Задача навантаження клину зосередженою силою.

Практичне заняття №16. Часткові випадки задачі навантаження клину зосередженою силою.

Практичне заняття №17. Навантаження клину з закріпленою гранню зосередженою силою.

Практичне заняття №18. Залікове заняття.

6. Самостійна робота студента

№ з/П	Назва теми, що виноситься на самостійне опрацювання	Кількість годин СРС
1	Навантаження напівнескінченної полоси <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	12
2	Згин перерізу утвореного взаємним перетинанням двох кіл <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	12
3	Концентрація напружень у площині <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	12
4	Навантаження клину зосередженою силою. Часткові випадки <i>Передбачається самостійна робота студента згідно завдання викладача</i>	12

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

Модульна контрольна робота виконується 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 модульній контрольній роботі з поважних причин і у нього є про це підтвердження – то він має право, за попередньою домовленістю з викладачем, написати пропущену модульну контрольну роботу у інший час.

Виконання розрахунково-графічної роботи у повному обсязі є обов'язковим для допуску до заліку з дисципліни незалежно від загальної кількості балів, набраної студентом. Оцінювання ступені та якості виконання РГР відбувається відповідно до вимог п.8.

Політика щодо академічної доброчесності

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». 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 модульної контрольної роботи;
- 2) виконання розрахунково-графічної роботи;
- 3) штрафних та заохочувальних балів.

8.1. Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

8.1.1. Модульна контрольна робота

Модульна контрольна робота містить одне практичне завдання та одне теоретичне питання 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. Перездача модульної контрольної роботи з метою підвищення балів не передбачена. Максимальні бали за виконання завдань модульної контрольної роботи становлять:

Практичне завдання – 30 балів

Теоретичне питання – 10 балів

Разом – 40 балів

Величина коригувального коефіцієнта $K_{кр}$, що враховує точність відповідей на питання модульної контрольної роботи наведено у таблиці

Критерії оцінювання правильності відповідей на завдання

<i>Критерій</i>	<i>Коригувальний коефіцієнт $K_{кр}$</i>
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

8.1.2 Виконання розрахунково-графічної роботи

Розрахунково-графічна робота складається з однієї задачі, тематика якої визначається викладачем індивідуально для кожного студента. Оцінювання якості виконання завдання розрахунково-графічної роботи та степені опанування теоретичного матеріалу, необхідного для його виконання, здійснюється шляхом аналізу правильності виконання розрахунків та опитування по тематиці виконаного завдання.

Максимальна кількість балів за виконання розрахунково-графічної роботи становить 60 балів. Критерії оцінювання виконання РГР наведені у таблиці нижче.

Критерії оцінювання правильності виконання РГР

<i>Критерій</i>	<i>Кількість балів</i>
Завдання розрахунково-графічної роботи виконане вірно, студент повною мірою володіє теоретичним матеріалом	60
Завдання розрахунково-графічної роботи виконане вірно/має несуттєві помилки, студент має незначні пробіли у теоретичному матеріалі	51-59
Завдання розрахунково-графічної роботи виконане вірно/має несуттєві помилки, студент не може чітко відповісти на питання по теоретичному матеріалу	45-50
Завдання розрахунково-графічної має несуттєві помилки, студент зовсім не може відповісти на більшість питань по теоретичному матеріалу	36-44
Завдання розрахунково-графічної має суттєві помилки/виконане невірно	0-35

8.1.3. Заохочувальні бали нараховуються за:

Участь в оформленні нових завдань для практичних занять, допомозі у підготовці наочного лекційного матеріалу, 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:

$$R = \sum_{i=1}^2 (MKP_i \times K_{kp_i}) + РГР + ЗБ$$

Де MKP_i – бали, набрані за виконання i -го завдання модульної контрольної роботи;

РГР – бали за виконання розрахунково-графічної роботи;

ЗБ – сума заохочувальних балів.

8.3. Атестації

Умовою позитивної першої атестації є отримання не менше 24 балів за модульну контрольну роботу. Умовою позитивної другої атестації є отримання не менше 36 балів за виконання розрахунково-графічної роботи.

8.4. Критерії оцінювання:

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

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно (виконується залікова робота за умови допуску до заліку)
Не виконане завдання РГР, загальна кількість рейтингових балів менша за 30	Не допущено

У разі, якщо кількість набраних балів складає менше 60 або студент бажає отримати вищу оцінку за отриману залікову оцінку – виконується залікова робота. При цьому всі набрані бали протягом семестру анулюються і кількість рейтингових балів стає рівною 0. Залікова робота складається з теоретичного питання та однієї практичної задачі.

Теоретичне питання максимально оцінюється в 50 балів за наступними критеріями:

- повна відповідь на запитання – 50 балів;
- відповідь, що містить незначні неточності – 43-49 балів;
- неповна відповідь – 31-42 бали;
- відповідь відсутня, містить значні неточності – 0-30 балів.

Практичне завдання оцінюється максимально в 50 балів з урахуванням співбесіди з викладачем за наступними критеріями:

- повністю правильно виконане завдання – 50 балів;
- завдання виконане з незначними помилками, студент може пояснити хід розв'язку завдання та основні моменти на які він спирався та використовував при його розв'язанні – 43-49 балів;
- завдання виконане з незначними або суттєвими помилками, студент не може повною мірою пояснити хід розв'язку завдання, не може впевнено пояснити та обґрунтувати основні моменти на які він спирався при його розв'язанні – 31-42 бали;
- завдання не виконане або містить суттєві помилки, студент не може пояснити хід розв'язку, не володіє теоретичним матеріалом по завданню.– 0-30 балів.

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

ТЕОРЕТИЧНІ ПИТАННЯ З ДИСЦИПЛІНИ «ПРИКЛАДНІ МЕТОДИ В ЗАДАЧАХ МЕХАНІКИ ДЕФОРМІВНОГО ТІЛА», ЩО ВІНОСЯТЬСЯ НА ЗАЛІК

- 1) Плоска задача теорії пружності для нескінченної полоси.
- 2) Пружня рівновага напівплощини. Перша основна задача теорії пружності для нескінченної полоси
- 3) Пружня рівновага напівплощини. Друга основна задача для нескінченної полоси
- 4) Змішана задача для нескінченної полоси.
- 5) Задача Дирихле для області, що обмежена двома колами, що перетинаються.
- 6) Кручення призми, утвореної двома круговими циліндрами, що перетинаються
- 7) Розрахунок дотичних напружень та жорсткості при крученні у біполярній системі координат
- 8) Згин поперечним зусиллям стрижня з луночним профілем
- 9) Згин кругового циліндра, що зрізаний площиною, яка паралельна його вісі
- 10) Плоска задача теорії пружності для кругової луночки.
- 11) Розв'язок основної бігармонічної задачі для луночної області.
- 12) Змішані задачі для пружної напівплощини
- 13) Плоска контактна задача за наявності зчеплення
- 14) Плоска задача для околу колової луночки
- 15) Плоска задача теорії пружності для клину.
- 16) Перша основна задача теорії пружності
- 17) Рівновага клину, навантаженого зосередженим зусиллям
- 18) Друга основна задача для клину
- 19) Змішана задача теорії пружності для клину.

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 № 14 від 12 грудня 2023 р.)

Погоджено: Методичною комісією НН ММІ (протокол № 4 від 22 грудня 2023 р.)