



ПЛАСТИНИ І ОБОЛОНКИ

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>4 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>4 кредити ЄКТС, 120 годин: лекції – 36 годин, практич. заняття – 36 год., самостійна робота – 48 год.</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>ЗАЛІК/контрольні роботи за розділами, індивідуальні завдання</i>
Розклад занять	<i>Лекція - 1 раз на тиждень, практичне заняття – 1 раз на тиждень</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: <i>д.т.н., професор Пискунов Сергій Олегович</i> e-mail: s.piskunov@kpi.ua , профіль: http://mmi-dmm.kpi.ua/index.php/ua/vikladachi-kafedri/212-%D0%BF%D1%96%D1%81%D0%BA%D1%83%D0%BD%D0%BE%D0%B2-%D1%81%D0%B5%D1%80%D0%B3%D1%96%D0%B9-%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D0%B3%D0%BE%D0%B2%D0%B8%D1%87.html Практичні: <i>д.т.н., професор Пискунов Сергій Олегович</i>
Розміщення курсу	<i>Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)</i>

Програма навчальної дисципліни

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

Пластини і оболонки становлять широкий клас тонкостінних елементів конструкцій, які використовуються у машинобудуванні, енергетиці, будівництві та інших галузях техніки. Розрахункові моделі, побудовані із використанням пластин і оболонок, адекватно відтворюють напружено-деформований стан фланців, днищ ємностей, несучих елементів будівельних конструкцій, балонів і ємностей для зберігання і транспортування рідин, газів і сипучих речовин, елементів паропроводів, котлів та інших об'єктів. Класичні методи розрахунку пластин і оболонок становлять важливу основу для засвоєння базових понять і їх механічної поведінки. Використання низки спрощуючих гіпотез, які дозволяють мінімізувати кількість обчислень і отримати доволі точні результати розв'язання прикладних задач без використання потужних обчислювальних засобів.

Метою вивчення дисципліни є: вивчення теоретичних основ і практичних аспектів розрахунку круглих та прямокутних пластин та оболонок різної конфігурації, розв'язання для них задач міцності, жорсткості та стійкості.

Предмет дисципліни – співвідношення для опису напружено-деформованого стану пластин і оболонок, методи розв'язання задач про їх напружено-деформований стан, якісні особливості механічної поведінки пластин і оболонок..

Програмні результати навчання:

знання :

- основних гіпотез, співвідношень і рівнянь для опису деформування пластин і оболонок;
- методів розв'язання диференціальних рівнянь деформування оболонок;
- методик визначення напружень в пластинах і оболонках;
- основних закономірностей механічної поведінки пластин і оболонок, .

уміння:

- формулювання розрахункових схем і постановки задачі про деформування пластин і оболонок;
- проведення визначення параметрів навантаження та (або) необхідних характерних розмірів пластинчастих і оболонкових елементів конструкцій із забезпеченням їх несучої здатності, в тому числі з умов стійкості;
- оцінювати достовірність результатів розрахунку.

досвід:

- використання положень і гіпотез механіки деформівного твердого тіла і методів математичного аналізу в інженерних розрахунках пластинчастих і оболонкових елементів конструкцій машин, приладів і апаратури на міцність;
- виконання проектувальних і перевірочних розрахунків пластин і оболонок.

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Пререквізити: курси (навчальні дисципліни): Вища математика, Теоретична механіка, Механіка матеріалів і конструкцій, Теорія пружності.

Постреквізити: вивчення дисципліни є корисним для вивчення дисциплін «Числові методи динаміки та міцності машин», «Теорія коливань стрижневих і континуальних систем. Згинні коливання стрижнів і пластин», може бути використано для виконання кваліфікаційних бакалаврських (та, в подальшому, магістерських) робіт зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП «Динаміка і міцність машин».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Деформування круглих пластин

Тема 1. Симетричний згин круглих пластин.

Тема 2. Диференціальне рівняння симетричного згину круглих пластин і його розв'язок.

Тема 3. Симетричний згин круглих пластин східчасто - змінної товщини.

Тема 4. Несиметричне деформування та стійкість круглих пластин

Розділ 2. Деформування прямокутних пластин

Тема 1. Диференціальне рівняння поперечного згину прямокутних пластин і його розв'язок .

Тема 2. Метод скінчених різниць для розрахунку прямокутних пластин

Тема 3. Стійкість прямокутних пластин

Розділ 3. Деформування оболонок.

Тема 1. Безмоментна теорія оболонок.

Тема 2. Розрахунок резервуарів і куполів.

Тема 3. Згин та стійкість оболонок

Тема 4. Моментна та напівмоментна теорія оболонок

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна

1. Пискунов С.О., Онищенко Є.Є., Трубачев С.І. Пластини і оболонки. Основи розрахунків на міцність і жорсткість. [Текст]: Навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Динаміка і міцність машин» спеціальності 131 Прикладна механіка» / С.О.Пискунов, Є.Є.Онищенко, С.І. Трубачев. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2022. – 117 с.. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47793>
2. Чемерис О.М., Колодежний В.А., Трубачев С.І. Будівельна механіка машин. [Текст]: Навчальний посібник для студентів спеціальності 131 «Прикладна механіка» спеціалізації «Динаміка і міцність машин» / О.М. Чемерис, В.А. Колодежний, С.І. Трубачев. – К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2017. – 258 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/18961>
3. Опір матеріалів з основами теорії пружності і пластичності: У 2 ч., 5 кн. – Ч.І, кн.3 Опір двовимірних і тривимірних тіл: Підручник / В.Г.Піскунов, В.С.Сіпетов, В.Д.Шевченко, Ю.М.Федоренко; За ред.В.Г.Піскунова. – К.: Вища школа, 1995. – 271 с.

Додаткова

1. Опір матеріалів: Підручник / Г. С. Писаренко О. Л. Квітка, Е. С. Уманський. За ред. Г. С. Писаренка. – К. Вища школа, 1993. - 655 с.
2. Основи теорії пластин та оболонок з елементами магнітопружності : підручник / Я. М. Григоренко, Л. В. Мольченко. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2009. –403 с.

Навчальні посібники і методичні вказівки

1. Чемерис О.М. Будівельна механіка машин [Електронний ресурс] : конспект лекцій для студентів напряму підготовки 6.090501 «Прикладна механіка». Розділ II: «Пластинки і оболонки» / НТУУ «КПІ» ; уклад. О. М. Чемерис – Електронні текстові дані (1 файл: 2,29 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 52 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/5290>
2. Будівельна механіка [Електронний ресурс] : методичні вказівки до проведення практичних занять студентів напряму підготовки 6.090501 «Прикладна механіка». Розділ II: «Пластинки і оболонки» / НТУУ «КПІ» ; уклад. О. М. Чемерис – Електронні текстові дані (1 файл: 2,55 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 52 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/5287>
3. Будівельна механіка машин [Електронний ресурс] : методичні вказівки до проведення домашніх контрольних робіт для студентів напряму підготовки 6.090501 «Прикладна механіка» / НТУУ «КПІ» ; уклад. О. М. Чемерис. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,64 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 35 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/6485>

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
Розділ 1. Деформування круглих пластин					
Тема 1 Симетричний згин круглих пластин	6	2	2	—	2
Тема 2. Диференційне рівняння симетричного згину круглих пластин і його розв’язок	16	6	4	—	6
Тема 3. Симетричний згин круглих пластин східчасто - змінної товщини	18	4	4	—	10
Тема 4. Несиметричне деформування та стійкість круглих пластин	6	2	2		2
Контрольна робота 1 і індивідуальні завдання 1	4	—	2	—	2
Разом за розділом 1	50	14	14	—	22
Розділ 2. Деформування прямокутних пластин					
Тема 1. Диференційне рівняння поперечного згину прямокутних пластин і його розв’язок	16	8	6	—	2
Тема 2. Метод скінчених різниць для розрахунку прямокутних пластин	16	4	4	—	8
Тема 3. Стійкість прямокутних пластин»	6	2	2	—	2
Контрольна робота 2 і індивідуальне завдання 3	4	—	2	—	2
Разом за розділом 2	42	14	14	—	14
Розділ 3. Деформування оболонок					
Тема 1. Безмоментна теорія оболонок	6	2	2	—	2
Тема 2. Розрахунок резервуарів і куполів	10	2	2	—	4
Тема 3. Згин та стійкість оболонок	6	2	2	—	2
Тема 4. Моментна та напівмоментна теорія оболонок	2	2	—	—	—
Контрольна робота 3	3	—	1	—	2
Разом за розділом	27	—	7	—	10
Семестровий контроль	1	—	1	—	2
Всього годин	120	36	36	—	48

№ з/п	Теми лекційних занять	Кількість годин
1	Симетричний згин круглих пластин. Співвідношення між переміщеннями і деформаціями, напруженнями і внутрішніми зусиллями	2
2	Диференційне рівняння симетричного згину круглих пластин і його розв'язок. Граничні умови	2
3	Розв'язок диференційного рівняння для круглих суцільних пластин.	2
4	Метод початкових параметрів для круглих пластин	2
5	Симетричний згин круглих пластин східчасто - змінної товщини. Метод «двох розрахунків». Основні співвідношення.	2
6	Симетричний згин круглих пластин східчасто - змінної товщини. Метод «двох розрахунків». Алгоритм розрахунку. Урахування підкриплюючих ребер.	2
7	Несиметричний згин круглих пластин. Стійкість круглих пластин	2
8	Прямокутні пластини. Співвідношення між переміщеннями і деформаціями, напруженнями і внутрішніми зусиллями	2
9	Диференційне рівняння поперечного згину прямокутних пластин. Граничні умови.	2
10	Циліндричний і чистий згин прямокутних пластин.	2
11	Методи інтегрування рівняння згину прямокутних пластин. Розв'язок в подвійних і одиничних тригонометричних рядах.	2
12	Метод скінченних різниць для розрахунку прямокутних пластин. Бігармонічний диференційний оператор	2
13	Метод скінчених різниць для розрахунку прямокутних пластин. Визначення напружено-деформованого стану прямокутних пластин	2
14	Стійкість прямокутних пластин при різних умовах навантаження	
15	Безмоментна теорія оболонок. Умови існування безмоментного стану. Основні рівняння. Вісесиметричне навантажені оболонки обертання	2
16	. Розрахунок резервуарів. Особливості напруженого стану в області сполучення оболонок різної конфігурації	2
17	. Згин та стійкість оболонок	2
18	Моментна та напівмоментна теорія оболонок	2

№ з/п	Теми практичних занять	Кількість годин
1	Визначення напружено-деформованого стану круглих пластин	2
2	Визначення напружено-деформованого стану кільцевої пластини на основі розв'язку диференційного рівняння	2
3	Визначення напружено-деформованого стану кільцевої пластини сталої товщини методом початкових параметрів	2
4	Визначення напружено-деформованого стану кільцевої пластини ступінчасто-змінної товщини	2
5	Визначення напружено-деформованого стану кільцевої пластини ступінчасто-змінної товщини при наявності ребер жорсткості	2
6	Розрахунок статично-невизначуваних пластин круглих пластин ступінчасто-змінної товщини на основі підходів методу сил	2
7	Розрахунок круглих пластин при дії несиметричного навантаження. Визначення критичного навантаження при втраті стійкості круглих пластин	2

№ з/п	Теми практичних занять	Кількість годин
8	Тематична контрольна робота «Деформування круглих пластин»	2
9	Розв'язок диференційного рівняння згину прямокутних пластин у подвійних тригонометричних рядах. Збіжність результатів. .	2
10	Розрахунок прямокутних пластин методом скінченних різниць. Збіжність результатів.	2
11	Розрахунок прямокутних пластин методом скінченних різниць при дії довільно розподілених навантажень	2
12	Розрахунок прямокутних пластин на стійкість.	2
13	Тематична контрольна робота «Деформування прямокутних пластин»	2
14	Безмоментна теорія оболонок. Розрахунок сферичних оболонок і куполів	2
15	Безмоментна теорія оболонок. Розрахунок циліндричних і конічних оболонок	2
16	Безмоментна теорія оболонок. Розрахунок оболонок комбінованої форми	2
17	Розрахунок оболонок на згин та стійкість	2
18	Тематична контрольна робота «Деформування оболонок» Семестровий контроль	1 1

6. Самостійна робота студента

Самостійна робота студента складається зі:

- підготовки до аудиторних занять – повторення викладеного на попередньому занятті матеріалу;
- підготовка до теоретичної складової контрольних робіт за розділами;
- самостійне розв'язання індивідуальних завдань розрахунково-графічної роботи за тематикою розділів і їх оформлення.

1. Розрахунок кільцевої пластини сталої товщини (визначення констант загального розв'язку диференціального рівняння на основі граничних умов, обчислення параметрів напружено-деформованого стану вздовж радіуса пластини і побудова епюр, перевірка міцності і жорсткості).
2. Розрахунок кільцевої пластини ступінчасто-змінної товщини (метод «двох розрахунків» : обчислення параметрів напружено-деформованого стану на межах ділянок пластини, побудова епюр параметрів напружено-деформованого стану, визначення припустимого навантаження і перевірка міцності та жорсткості, побудова епюр параметрів напружено-деформованого стану вздовж в характерних перерізах пластини,).
3. Розрахунок прямокутної пластини методом скінченних різниць (формування системи розв'язувальних рівнянь, визначення внутрішніх зусиль і напружень із використанням диференційно-різницевого операторів, побудова епюр параметрів напружено-деформованого стану).
4. Розрахунок оболонки (складання і розв'язання рівнянь безмоментної теорії оболонок, визначення розподілення напружень і побудова епюр).

Самостійна робота виконується протягом семестру в межах часу, відведеного на самостійну роботу по темі.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Правила відвідування занять

Відвідування лекцій та практичних занять, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання індивідуальних завдань.

Система оцінювання орієнтована на отримання балів за своєчасність виконання студентам практичних робіт, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

Порушення термінів виконання завдань та заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Своєчасне виконання розрахункової роботи (за кожне завдання)	+ 2 бали	Порушення термінів виконання практичної роботи (за кожне завдання)	0 балів

Пропущені контрольні заходи

Пропущені контрольні заходи мають бути виконані в узгоджений з викладачем час.

Академічна доброчесність

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>.

Норми етичної поведінки

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

Навчання іноземною мовою

Навчальна дисципліна «Пластини і оболонки» не передбачає її вивчення англійською мовою.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Пластини і оболонки» може викладатися для більшості студентів з особливими освітніми потребами, окрім осіб з серйозними вадами зору, які не дозволяють виконувати завдання за допомогою персональних комп'ютерів, ноутбуків та/або інших технічних засобів.

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

Протягом семестру виконуються такі види контролю успішності студентів:

- **Поточний контроль.** Включає оцінювання виконання завдань з індивідуальних завдань і тематичних контрольних робіт
- **Календарний контроль.** Проводиться двічі на семестр, як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.
- **Семестровий контроль.** Залік.

Індивідуальні завдання (розрахунково-графічна робота)

1. Розрахунок кільцевої пластини сталої товщини.
2. Розрахунок кільцевої пластини ступінчасто-змінної товщини
3. Розрахунок прямокутної пластини методом скінченних різниць
4. Розрахунок оболонки.

Критерії оцінювання індивідуальних завдань:

- задача виконана правильно 18 балів;
- хід розв'язання правильний,
 незначні помилки у результатах, оформленні звіту 16 балів;
- хід розв'язання правильний, суттєві помилки в обчисленнях 8 балів;
- помилки в методиці розв'язання задачі 4 балів;
- відсутність розв'язання задачі 0 балів

Виправлення помилок по результатах перевірки індивідуальних завдань + 1-4 бали

Заохочувальні бали за своєчасність виконання індивідуального завдання + 2 бали

Тематична контрольна робота 1. «Розрахунок круглих пластин».

Теоретичні питання: Основні теоретичні положення розрахунку круглих пластин

Тематична контрольна робота 2. «Розрахунок круглих пластин ступінчасто змінно товщини».

Теоретичні питання: Основні теоретичні положення розрахунку круглих пластин ступінчасто змінно товщини

Тематична контрольна робота 3. «Розрахунок прямокутних пластин».

Теоретичні питання: Основні теоретичні положення розрахунку прямокутних пластин

Тематична контрольна робота 4. «Безмоментна теорія оболонок».

Теоретичні питання: Основні теоретичні положення розрахунку оболонок

Критерії оцінювання тематичних контрольних робіт (теоретичні питання):

- 80 % і більше правильних відповідей на питання 5 балів;
- від 65 % до 79 % правильних відповідей на питання 3 бал;
- від 33% до 59 % правильних відповідей на питання 1 бал;
- менше 33 % правильних відповідей на питання 0 балів;

Інші критерії

Активність на лекційних і практичних заняттях - 5 балів

90-100%	5 балів
70-90%	4 бали
50-70%	2 бали
Менше 50 %	0 балів

Обчислення сумарного рейтингу (R_c=100)

$$R_c = 72 + 20 + 8 = 100 \text{ балів:}$$

Індивідуальні завдання	4 x 18 балів = 72 бали
Тематичні контрольні роботи	3 x 5 балів = 15 балів
Заохочувальні бали за своєчасність виконання індивідуального завдання	4 x 2 бали = 8 балів
Активність на лекційних і практичних заняттях	5 балів
Разом	100 балів

Необхідною умовою допуску до заліку є виконання всіх індивідуальних завдань і контрольних робіт, а також сумарний рейтинг не менший 60% від R_c, тобто **60 балів**.

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його сумарна рейтингова оцінка (R = R_c) переводиться згідно з таблицею:

Кількість балів	Оцінка ECTS	Традиційна оцінка
95 – 100	A	зараховано
85 – 94	B	
75 – 84	C	
65 – 74	D	
60 - 64	E	
< 60	Fx	не зараховано
< 30 балів або не виконані інші умови допуску до заліку	F	не допущений

Студенти, які отримали оцінку <F, до складання екзамену не допускаються і повинні підвищити свій рейтинг шляхом додаткового виконання контрольних робіт, співбесіди з індивідуальних завдань протягом додаткової сесії.

Результати контрольних заходів оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі (у системі Moodle або е-поштою).

Умови допуску до семестрового контролю:

1. Виконання в повному складі контрольних робіт;
2. Відвідування 50% лекційних занять та 80% практичних занять.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль:

1. Вісесиметричний згин круглих пластин. Співвідношення між переміщеннями і деформаціями, деформаціями і напруженнями.
2. Внутрішні зусилля в круглій пластині: розподілення по товщині, зв'язок із напруженнями.
3. Розв'язок диференційного рівняння вісесиметричного згину круглих пластин і граничні умови
4. Розв'язок диференційного рівняння вісесиметричного згину кільцевих пластин. Граничні умови.
5. Розрахунок на міцність круглих пластин.
6. Метод початкових параметрів для круглих пластин.
7. «Метод двох розрахунків» для круглих пластин східчасто - змінної товщини
8. Прямокутна пластина. Співвідношення між переміщеннями і деформаціями, деформаціями і напруженнями.
9. Внутрішні зусилля в прямокутній пластині: розподілення по товщині, зв'язок із напруженнями.
10. Циліндричний згин прямокутних пластин
11. Виведення диференційного рівняння згину прямокутних пластин
12. Диференційне рівняння і граничні умови поперечного згину прямокутних пластин
13. Розв'язання рівняння згину прямокутних пластин у подвійних тригонометричних рядах
14. Метод скінчених різниць. Функція прогинів, співвідношення для похідних від функції прогинів.
15. Диференційний оператор методу скінчених різниць (МСР) для диференційного рівняння згину прямокутних пластин. Послідовність складання рівнянь МСР.
16. Стійкість прямокутних пластин. Диференційне рівняння.
17. Визначення критичних навантажень при втраті стійкості прямокутних пластин.
18. Безмоментна теорія оболонок. Гіпотези, умови виникнення безмоментного напруженого стану.
19. Рівняння безмоментної теорії для вісесиметричного деформування оболонок
20. Особливості використання рівнянь безмоментної теорії для сферичної, циліндричної, конічної оболонок.
21. Безмоментна теорія. Циліндричний згин оболонок.
22. Моментна теорія вісесиметричних оболонок обертання. Побудова розв'язку для «довгих» і «коротких» оболонок

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено : зав.кафедрою ДММ і ОМ, д.т.н., професор Пискунов С.О.

Ухвалено кафедрою ДММ та ОМ (протокол № 5 від 16 грудня 2021 р.)

Погоджено Методичною комісією НН ММІ (протокол № 5 від 17 грудня 2021 р.)