



БУДІВЕЛЬНА МЕХАНІКА АВІАЦІЙНИХ КОНСТРУКЦІЙ

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, практ. 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> <i>e-mail: s.piskunov@kpi.ua,</i> <i>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</i> 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

Будівельна механіка авіаційних конструкцій (або будівельна механіка літака) розглядає математичні моделі та методи розрахунку типових елементів літаків – шпангоутів (кілець під дією різним чином спрямованих навантажень), тонкостінних стрижнів у тому числі у взаємодії з пластинами (лонжерони і нервюри), круглих (суцільних і кільцевих) пластин (кришки люків та ін), прямокутних пластин (несучі конструкції та елементи обшивки), оболонок із різною формою утворюючої (частини фюзеляжа, ємності та ін) на міцність, жорсткість і стійкість. Класичні методи розрахунку типових елементів конструкцій літака 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 кілець, тонкостінних стрижнів, круглих та прямокутних пластин, оболонок як типових елементів літаків і розв'язання для них задач міцності, жорсткості та стійкості.

Предмет дисципліни – співвідношення для опису напружено-деформованого стану, методи розв'язання задач, якісні особливості механічної поведінки типових елементів конструкцій літаків.

Програмні результати навчання:

знання :

- основних гіпотез, співвідношень і рівнянь для опису кілець;
- методів розв'язання диференціальних рівнянь і визначення напруженого стану пластин;
- методик визначення напруженого стану оболонок;
- основних закономірностей механічної поведінки типових елементів конструкцій літаків .

уміння:

- формулювання розрахункових схем і постановки задачі про деформування типових елементів конструкцій літаків;
- проведення визначення параметрів навантаження та (або) необхідних характерних розмірів 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 елементів конструкцій літаків на міцність і жорсткість;
- виконання проектувальних і перевірочних розрахунків елементів конструкцій літаків.

Перелічені результати навчання конкретизують і підсилюють, зокрема, РН 1«Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи», РН 3 «Виконувати розрахунки на міцність, витривалість, стійкість, довговічність, жорсткість деталей машин», РН24 «Знання будівельної механіки машин, механіки стержневих пластинчастих і оболонкових систем» ОПП бакалавра «Динаміка і міцність машин».

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 диплому бакалавра зі спеціальності 131 «Прикладна механіка» ОП «Динаміка і міцність машин».

3. Зміст навчальної дисципліни

Розділ 1. Розрахунок шпангоутів

Тема 1. Диференціальне рівняння згинання кругового кільця.

Тема 2. Визначення напруженого стану шпангоута (замкненого кільця) на основі методу сил.

Розділ 2. Деформування і напружений стан пластин

Тема 1. Симетричний згин круглих пластин.

Тема 2. Симетричний згин круглих пластин східчасто - змінної товщини.

Тема 3. Диференційне рівняння поперечного згину прямокутних пластин і його розв'язок

Тема 4. Стійкість прямокутних пластин

Розділ 3. Деформування і напружений стан оболонок.

Тема 1. Безмоментна теорія оболонок.

Тема 2. Згин та стійкість оболонок

Тема 3. Моментна теорія оболонок

Розділ 4. Розрахунок підкріплених тонкостінних конструкцій .

Тема 1. Основні гіпотези і визначення при використанні балочної теорії.

Тема 2. Визначення нормальних і дотичних напружень

Тема 3. Основи розрахунку тонкостінних конструкцій з урахуванням депланації перерізу

4. Навчальні матеріали та ресурси

Основна

1. Будівельна механіка літаків та вертольотів : конспект лекцій для студ. напряму підготовки 6.051101 «Авіа-та ракетобудування» / Мін-во освіти і науки, молоді та спорту України, НТУУ "КПІ"; [уклад. О. В. Чемерис]. - Київ : НТУУ "КПІ", 2011. - 72 с.
2. Пискунов С.О., Онищенко Є.Є., Трубачев С.І. Будівельна механіка машин. 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>
3. 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>
4. Будівельна механіка авіаційних конструкцій [Текст] : навч. посіб. В 2 ч. Ч. 2 : Розрахунок тонкостінних стрижнів / О. Г. Дібір. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2020. – 280 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. 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>
3. 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>

4. Цихановський В.К., Белятинський А.О., Талах С.М. Будівельна механіка (спецкурс): навчальний посібник / МОН України, Національний авіаційний університет. – Київ: НАУ, 2015. – 256 с. Репозит.
5. Ліповський В.І. Конспект лекцій з курсу «Будівельна механіка ЛА», Дн-ск, ДНУ, 2018 – 120 с.

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні	Лабораторні	СРС
Розділ 1. Розрахунок шпангоутів					
Тема 1. Диференційне рівняння згинання кругового кільця	6	2	2	—	2
Тема 3. Визначення напруженого стану шпангоута (замкненого кільця) на основі методу сил.	12	4	4	—	4
Контрольна робота 1 і індивідуальне завдання 1	8	—	2	—	6
Разом за розділом 1	26	6	8	—	12
Розділ 2. Деформування і напружений стан пластин					
Тема 1 Симетричний згин круглих пластин	12	4	4	—	4
Тема 2. Симетричний згин круглих пластин східчасто - змінної товщини	16	4	4	—	8
Тема 3. Диференційне рівняння поперечного згину прямокутних пластин і його розв’язок	12	4	4	—	4
Тема 4. Стійкість прямокутних пластин»	6	2	2	—	2
Контрольна робота 2 і індивідуальні завдання 2	4	—	2	—	2
Разом за розділом 2	50	14	16	—	20
Розділ 3. Деформування і напружений стан оболонок					
Тема 1. Безмоментна теорія оболонок	14	2	4	—	8
Тема 2. Згин та стійкість оболонок	6	2	2	—	2
Тема 3. Моментна теорія оболонок	4	2	2	—	—
Разом за розділом	26	6	8	—	12
Розділ 4. Розрахунок підкріплених тонкостінних конструкцій					
Тема 1. Основні гіпотези і визначення при використанні балочної теорії	6	2	2	—	2
Тема 2. Визначення нормальних і дотичних напружень	6	2	2	—	2
Тема 3. Основи розрахунку тонкостінних конструкцій з урахуванням депланації перерізу	6	2	2	—	2

Разом за розділом	18	6	6	—	6
Всього годин	120	36	36	—	48

№ з/п	Теми лекційних занять	Кількість годин
1	Кручення і згин кругового кільця. Співвідношення між деформаціями і переміщеннями, напруженнями і внутрішніми зусиллями	2
2	Диференційне рівняння згинання кругового кільця. Визначення внутрішніх зусиль і переміщень при згині круглих кілець	2
3	Визначення напруженого стану тонких кілець методом початкових параметрів при завантаженні в площині кільця..	2
4	Визначення напруженого стану тонких кілець методом початкових параметрів при завантаженні перпендикулярно площині кільця...	2
5	Симетричний згин круглих пластин. Співвідношення між переміщеннями і деформаціями, напруженнями і внутрішніми зусиллями	2
6	Диференційне рівняння симетричного згину круглих пластин і його розв'язок. Граничні умови	2
7	Метод початкових параметрів для круглих пластин	2
8	Симетричний згин круглих пластин східчасто - змінної товщини. Метод «двох розрахунків».	2
9	Прямокутні пластини. Співвідношення між переміщеннями і деформаціями, напруженнями і внутрішніми зусиллями	2
10	Диференційне рівняння поперечного згину прямокутних пластин. Граничні умови. Циліндричний і чистий згин прямокутних пластин.	2
11	Методи інтегрування рівняння згину прямокутних пластин. Розв'язок в подвійних і одиничних тригонометричних рядах.	2
12	Стійкість прямокутних пластин при різних умовах навантаження	
13	Безмоментна теорія оболонок. Умови існування безмоментного стану. Основні рівняння. Вісесиметричне навантажені оболонки обертання	2
14	. Розрахунок резервуарів. Особливості напруженого стану в області сполучення оболонок різної конфігурації. Згин та стійкість оболонок	2
15	. Моментна теорія оболонок.	2
16	Розрахунок підкріплених тонкостінних конструкцій на основі балочної теорії	2
17	Визначення нормальних і дотичних напружень	2
18	Основи розрахунку тонкостінних конструкцій з урахуванням депланації перерізу	2

№ з/п	Теми практичних занять	Кількість годин
1	Визначення деформацій, переміщень і напружень при крученні кругового кільця	2
2	Визначення внутрішніх зусиль і переміщень при згині круглих кілець	2
3	Визначення напруженого стану шпангоутів методом сил при завантаженні в площині кільця..	2

4	Визначення напруженого стану шпангоутів методом сил при завантаженні перпендикулярно площині кільця...	2
5	Визначення напружено-деформованого стану круглих пластин	2
6	Визначення напружено-деформованого стану кільцевих пластин	
7	Симетричний згин круглих пластин східчасто - змінної товщини. Метод «двох розрахунків».	2
8	Симетричний згин круглих пластин східчасто - змінної товщини. Метод «двох розрахунків».	2
9	Тематична контрольна робота « Деформування круглих пластин»	2
10	Розв'язок диференційного рівняння згину прямокутних пластин у подвійних тригонометричних рядах. Збіжність результатів. .	2
11	Розрахунок прямокутних пластин на стійкість.	2
12	Безмоментна теорія оболонок. Розрахунок сферичних оболонок, циліндричних і конічних оболонок	2
13	Розрахунок оболонок на згин та стійкість	2
14	Розрахунок оболонок за моментною теорією.	2
15	Розрахунок підкріплених тонкостінних конструкцій на основі балочної теорії	2
16	Визначення нормальних і дотичних напружень	2
17	Основи розрахунку тонкостінних конструкцій з урахуванням депланації перерізу	2
18	Семестровий контроль	2

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 шпангоута (побудова виразів внутрішніх зусиль на основі методу сил для випадків завантаження в площині і перпендикулярно площині кільця, побудова епюр внутрішніх зусиль, 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 оболонки за комбінованої форми за безмоментною теорією (складання і розв'язання рівнянь безмоментної теорії оболонок для двох фрагментів оболонки, 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 «Будівельна механіка машин» не передбачає її вивчення англійською мовою.

Інклюзивне навчання

Навчальна дисципліна «Будівельна механіка машин» 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 шпангоута методом сил .
2. Розрахунок кільцевої пластини ступінчасто-змінної товщини
3. Розрахунок оболонки комбінованої форми.

Критерії оцінювання індивідуальних завдань:

- задача виконана правильно 24 бали;
- хід розв'язання правильний,
незначні помилки у результатах, оформленні звіту 18 балів;
- хід розв'язання правильний, суттєві помилки в обчисленнях 12 балів;
- помилки в методиці розв'язання задачі 6 балів;
- відсутність розв'язання задачі 0 балів

Виправлення помилок по результатах перевірки індивідуальних завдань + 1-6 балів

Заохочувальні бали за своєчасність виконання індивідуального завдання + 2 бали

Тематична контрольна робота 1. «Розрахунок шпангоутів ».

Теоретичні питання: Основні теоретичні положення розрахунку шпангоутів (тонких кілець)

Тематична контрольна робота 2. «Розрахунок прямокутних пластин».

Теоретичні питання: Основні теоретичні положення розрахунку прямокутних пластин

Тематична контрольна робота 3. «Деформування оболонок».

Теоретичні питання: Основні теоретичні положення розрахунку оболонок

Критерії оцінювання тематичних контрольних робіт (теоретичні питання):

- 80 % і більше правильних відповідей на питання 5 бали;
- 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 ($R_c=100$)

$R_c = 72 + 20 + 8 = 100$ балів:

Індивідуальні завдання

3 x 24 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

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. Співвідношення між деформаціями і переміщеннями круглого кільця,
2. Співвідношення між напруженнями і внутрішніми зусиллями круглого кільця
3. Спеціальні функції для розрахунку тонкого кільця
4. Алгоритм визначення внутрішніх зусиль тонкого кільця
5. Співвідношення між переміщеннями і деформаціями круглих пластин.
6. Співвідношення між переміщеннями і внутрішніми зусиллями.
7. Внутрішні зусилля в круглій пластині: розподілення по товщині, зв'язок із напруженнями.
8. . Розрахунок на міцність круглих пластин.
9. Розв'язок диференційного рівняння вісесиметричного згину круглих пластин.
10. Граничні умови для вісесиметричного згину круглих пластин
11. Розв'язок диференційного рівняння вісесиметричного згину кільцевих пластин
12. Метод початкових параметрів для круглих пластин.
13. «Метод двох розрахунків» для круглих пластин східчасто - змінної товщини
14. Урахування ребер жорсткості пластин східчасто - змінної товщини
15. . Співвідношення між переміщеннями і деформаціями прямокутних пластин.
16. , Співвідношення між деформаціями і напруженнями у прямокутній пластині
17. Внутрішні зусилля в прямокутній пластині: розподілення по товщині, зв'язок із напруженнями.
18. Циліндричний згин прямокутних пластин
19. Диференційне рівняння і граничні умови поперечного згину прямокутних пластин
20. Розв'язання рівняння згину прямокутних пластин у подвійних тригонометричних рядах
21. Стійкість прямокутних пластин. Диференційне рівняння.
22. Визначення критичних навантажень при втраті стійкості прямокутних пластин.
23. Безмоментна теорія оболонок. Гіпотези, умови виникнення безмоментного напруженого стану.
24. Рівняння безмоментної теорії для вісесиметричного деформування оболонок
25. Особливості використання рівнянь безмоментної теорії для сферичної, циліндричної, конічної оболонок.
26. Безмоментна теорія. Циліндричний згин оболонок.
27. Моментна теорія вісесиметричних оболонок обертання. Побудова розв'язку для «довгих» і «коротких» оболонок
28. Основні гіпотези при розрахунку підкріплених тонкостінних конструкцій на основі балочної теорії
29. Редукування перерізу по матеріалу для підкріплених тонкостінних конструкцій
30. Обчислення нормальних напружень
31. Поняття про потіке дотичних сил
32. Обчислення дотичних напружень

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.)