



НАЗВА КУРСУ

Механіка матеріалів та конструкцій – 2. Жорсткість та стійкість складних пружних систем

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	<i>13 Механічна інженерія</i>
Спеціальність	<i>134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка</i>
Освітня програма	<i>Навчальні дисципліни базової підготовки</i>
Статус дисципліни	<i>Нормативна</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>3 курс, осінній семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>135 год</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен</i>
Розклад занять	<i>В розкладі представлено згідно РНП лекції- 2 год., 1 год. лабораторних робіт кожного тижня рівномірно протягом семестра</i>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор технічних наук, професор Архипов Олександр Геннадійович, т.м. +380509879888, e-mail: arkhypov@gmail.com Лабораторні роботи: доктор технічних наук, професор Архипов Олександр Геннадійович, т.м. +380509879888, e-mail: arkhypov@gmail.com
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)

Програма навчальної дисципліни

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

Дисципліна "Механіка матеріалів та конструкцій-2. Жорсткість та стійкість складних пружних систем" є однією з складових науки про міцність, жорсткість і стійкість механічних систем. Інженери-механіки за термін свого навчання постійно розглядають ці важливі питання, поступово поглиблюючи свої знання. Така увага пояснюється необхідністю забезпечення високої надійності аерокосмічної техніки, її складністю і високими експлуатаційними навантаженнями. Надійність розробки літальних апаратів забезпечується вибором необхідних конструкційних матеріалів, адекватною побудовою розрахункових схем, моделей і оптимізацією конструктивних елементів за відповідними критеріями.

Всі ці фактори вимагають від спеціалістів глибоких знань з дисциплін орієнтованих на міцнісні розрахунки, а також розрахунків на жорсткість і стійкість. Однією з таких дисциплін є «Механіка матеріалів та конструкцій-2. Жорсткість та стійкість складних пружних систем».

Метою навчальної дисципліни є формування у студентів базових теоретичних знань та практичного досвіду щодо правил розрахунку елементів конструкції на міцність, жорсткість, стійкість при проектуванні та конструюванні сучасних авіаційних конструкцій.

Предметом навчальної дисципліни "Механіка матеріалів та конструкцій-2. Жорсткість та стійкість складних пружних систем" є вивчення теорії і набуття практичного досвіду у студентів з проектування елементів ЛА, побудови фізичних і математичних моделей, розрахунку силових і геометричних характеристик. В підсумку опанування курсу здобувачі вищої освіти мають володіти загальними принципами побудови конструкцій різних класів літальних апаратів.

Програмними результатами навчання є отримання у майбутнього фахівця знання: основних методів розрахунку пружних елементів різної конфігурації, методів розрахунку ступенів свободи систем та визначення в них внутрішніх зусиль, сил і переміщень, методів розрахунку величин критичних сил стиску; уміння: визначати показники фізико-механічних властивостей основних елементів ЛА (розтягання і стискання; зсув і кручення, згин матеріалів), використовуючи нормативно-технічну документацію, довідкову літературу та набуті навички, за допомогою стандартних методик та приладів, володіти загальними методами визначення переміщень у механічних системах, визначати переміщення у основних елементах ЛА, проводити розрахунки на міцність і жорсткість статично визначених та статично невизначених систем з урахуванням температурних і монтажних напружень, визначати небезпечні та допустимі деформації і напруження основних елементів ЛА, проводити розрахунок на стійкість стиснутих елементів конструкції ЛА, визначати міцність основних елементів ЛА в умовах дії на них повторно-змінних навантажень, використовуючи набуті знання про явище втоми матеріалів, визначати властивості досліджуваних просторових конструкцій; досвід: практичного застосування набутих теоретичних знань, самостійної роботи з навчальною, навчально-методичною і довідковою літературою.

Як програмний продукт результату навчання здобувач вищої освіти набуває наступні компетентності: здатність призначати оптимальні матеріали для елементів конструкції авіаційних та ракетно-космічних систем, здатність здійснювати розрахунки елементів авіаційних та ракетно-космічних систем на міцність, здатність до подальшого автономного та самостійного навчання на основі новітніх науково-технічних досягнень.

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

Курс "Механіка матеріалів і конструкцій-2. Жорсткість та стійкість складних пружних систем" відноситься до циклу базової підготовки. Він базується на таких дисциплінах, як «Вища математика», «Фізика», «Теоретична механіка». В свою чергу дисципліна створює необхідні умови для вивчення курсів «Будівельна механіка», «Проектування та оптимізація систем літальних апаратів».

3. Зміст навчальної дисципліни

Теоретичний курс дисципліни складає 54 ак. год. і містить наступні розділи і теми:

РОЗДІЛ 1. Вступ до курсу "Механіка матеріалів-2. Жорсткість та стійкість складних пружних систем"

Тема 1.1. Вступ до курсу "Механіка матеріалів-2. Жорсткість та стійкість складних пружних систем".

РОЗДІЛ 2. Визначення переміщень в пружних системах.

Тема 2.1. Визначення переміщень в статично визначених системах.

Тема 2.2. Визначення переміщень в статично невизначених системах.

РОЗДІЛ 3. Складний опір матеріалів

Тема 3.1. Спеціальні питання навантажень пружних конструкцій.

РОЗДІЛ 4. Поздовжній згин прямого стержня

Тема 4.1. Стійкість стиснутих прямолінійних пружних елементів.

РОЗДІЛ 5. Напруження, що змінюються в часі

Тема 5.1. Втома матеріалів.

РОЗДІЛ 6. Деградація металів

Тема 6.1. Структурні і фазові перетворення металів в процесі експлуатації металів.

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. Писаренко Г.С., Квітка О.С., Уманський Е.С. Опір матеріалів. – К.: Вища школа. 2004. - 655 с.
2. Шваб'юк В.І. Опір матеріалів: Підручник.-К.: Знання, 2016.-400 с.
3. Корнілов О.А. Опір матеріалів. – К.: Лотос. 2000. -551 с.
4. Опір матеріалів з елементами теорії пружності і пластичності /за заг. редакц. В.Т. Піскунова у 2 частинах. -К.: Вища школа. 1994. 1995.
5. Посацький С.Л. Опір матеріалів. -Львів: Від-ство Львівського ун-ту. 1973. - 404 с.

Додаткова література:

1. Дяченко С.С. Фізичні основи міцності та пластичності металів. Нав. Посібник. -Харків: Вид-тво ХНАДУ. 2003. - 226 с.
2. Горник О.В. Основи розрахунку інженерних конструкцій. Навч. посібник. -Полтава: ПДТУ. 2000. - 286 с.
3. Божидарник В.В., Сулим Г.Т. Елементи теорії пластичності та міцності. Навч. посібник. – Львів: Світ. 1999. – 945 с.

Інформаційні ресурси

1. <http://iat.kpi.ua>
2. <http://kpi.ua>.

Обов'язковими для прочитання є розділи з наведеної базової літератури, що тематично відповідають лекційному матеріалу. Факультативними з додаткової літератури є джерела 1, 2, 3.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Дисципліна розрахована на викладання протягом одного семестра. Аудиторне навантаження складається з лекцій – 36 ак. год., лабораторних робіт – 18 ак. год.

Аудиторні заняття рівномірно розподілені протягом семестру, що дозволяє здобувачам вищої освіти планомірно організовувати і планувати свою роботу.

Метою лекцій з дисципліни «Механіка матеріалів-2. Жорсткість та стійкість складних пружних истем» є набуття студентами багажу теоретичних знань які дозволяють спочатку створити розрахункові схеми реальних конструкцій, а далі вести їх розрахунок на міцність, жорсткість і стійкість. Другою важливою складовою є розрахунок на втому і врахування впливу деградаційних

процесів на механічні характеристики металів. Лекційний матеріал рівномірно розподілений протягом навчального семестру.

Теоретична частина складається з 6 логічно пов'язаних тематичних розділів: 1 – Вступ до курсу “Механіка матеріалів-2. Жорсткість та стійкість складних пружних систем” (тема 1.1); 2- Визначення переміщень в пружних системах (теми 2.1, 2.2); 3 - Складний опір матеріалів (тема 3.1); 4 - Поздовжній згин прямого стержня (тема 4.1); 5 - Напруження, що змінюються в часі (тема 5.1); 6 - Деградація металів (тема 6.1). Для підготовки до 1 розділу рекомендовано спиратися на джерела 1, 2 з числа базової літератури і джерела 1, 4 з числа додаткової літератури. Для підготовки до 2 розділу рекомендовано спиратися на джерела 1, 3, 4 з числа базової літератури і джерела 1, 4 з числа додаткової літератури. Для підготовки до 3 розділу рекомендовано спиратися на джерела 2, 3, 4 з числа базової літератури і джерела 4, 7 з числа додаткової літератури. Для підготовки до 4 розділу рекомендовано спиратися на джерела 2, 5 з числа базової літератури і джерела 3, 4 з числа додаткової літератури. Для підготовки до 5 розділу рекомендовано спиратися на джерела 2, 4, 5 з числа базової літератури і джерела 3, 4, 8 з числа додаткової літератури. Для підготовки до 6 розділу рекомендовано спиратися на джерело 4 з числа базової літератури і джерело 6 з числа додаткової літератури.

Лекція 1: Актуальність курсу “ Механіка матеріалів та конструкцій -2. Жорсткість та стійкість складних пружних систем”. Об'єкти, що вивчаються. Основні задачі дисципліни. Узагальнені сили і узагальнені переміщення

Лекція 1: Диференціальне рівняння вигнутої осі (Тема 1.1)

Лекція 2: Визначення переміщень методом початкових параметрів (Тема 2.1)

Лекція 3: Потенціальна енергія при згині. Теорема про взаємність робіт і переміщ. (Тема 2.1)

Лекція 4: Спосіб Верещагіна (Тема 2.1)

Лекція 5: Статично невизначені системи. Основна і еквівалентна системи. (Тема 2.2)

Лекція 6: Розрахунок статично невизначених систем. Канонічні рівняння методу сил (Тема 2.2)

Лекція 7: Позацентровий розтяг або стиск (Тема 3.1)

Лекція 8: Косий згин (Тема 3.1)

Лекція 9: Контактні напруження (Тема 3.1)

Лекція 10: Визначення напружень при ударі (Тема 3.1)

Лекція 11: Кручення вала некруглого поперечного перерізу (Тема 3.1)

Лекція 12: Розрахунок на стійкість стрижневих систем. Формула Ейлера (Тема 4.1)

Лекція 13: Розрахунок на стійкість. Метод понижуючих коефіцієнтів (Тема 4.1)

Лекція 14: Поздовжньо-поперечний згин (Тема 4.1)

Лекція 15: Змінні за часом напруження. Характеристи циклу (Тема 5.1)

Лекція 16: Втома матеріалів. Діаграми Вьолера і граничних амплітуд (Тема 5.1)

Лекція 17: Фактори, що впливають на втому. Втомні процеси в авіації (Тема 5.1)

Лекція 18: Фізичні основи надійності металевих матеріалів (Тема 6.1)

Лекція 19: Поняття про дислокації. Механіка втомного руйнування. Модель Гріффітса.(Тема 6.1)

Лабораторні роботи виконуються на натурному обладнанні і орієнтовані на визначення переміщень при поперечному згині різними методами, визначенню критичної сили при поздовжньому стиску і ідентифікацію втомних тріщин. Кожна робота проводиться протягом 2 ак. год. Виконанню лабораторної роботи передують теоретична підготовка і допуск викладачем кожного здобувача вищої освіти до роботи після проходження вхідного контролю знань і по ознайомленню

зі специфічними особливостями Правил безпеки (за необхідністю) в конкретній роботі. Загальні положення Правил безпеки викладаються на першій лабораторній роботі.

Тематика лабораторних робіт:

Лабораторна робота 1. Визначення переміщень шляхом розв'язання диференціального рівняння вигнутої (Тема 2.1)

Лабораторна робота 2. Визначення переміщень методом початкових параметрів (Тема 2.1)

Лабораторна робота 3. Визначення переміщень методом Мора (Тема 2.1)

Лабораторна робота 4. Визначення переміщень способом Верещаніна (Тема 2.1)

Лабораторна робота 5. Розрахунок статично невизначених плоских стержневих систем методом сил (Тема 2.2)

Лабораторна робота 6. Визначення напружень при ударі (Тема 3.1)

Лабораторна робота 7. Позацентричний стиск. Косий згин (тема 3.1)

Лабораторна робота 8. Розрахунок на стійкість стрижневих систем. Формула Ейлера (Тема 4.1)

Лабораторна робота 9. Розрахунок на стійкість стрижневих систем. Метод понижуючих коефіцієнтів (Тема 4.1)

Для підготовки до виконання лабораторних робіт використовуються методичні посібники до виконання лабораторних робіт, експлуатаційна документація на обладнання, джерело 3 з числа базової літератури і джерело 5 з числа додаткової літератури

5. Самостійна робота студента/аспіранта

Обсяг самостійної роботи протягом семестру складає 81 ак. год. Структура самостійної роботи наступна.

На самостійне опрацювання виносяться наступні теми лекцій:

Лекція 1. Визначення переміщень балок перемінного перетину (4 ак. год.), (Тема 2.1)

Лекція 2. Побудова епюр і визначення переміщень в статично визначених просторових рамах (4 ак. год.), (Тема 2.1)

Лекція 3. Раціональний вибір основної системи. Використання симетрії конструкції в статично невизначених системах. (5 ак. год.), (Тема 2.2)

Підготовка до аудиторних лекційних занять (18 ак. год.)

Проведення розрахунків первинних даних отриманих на лабораторних заняттях (18 ак. год.)

Виконання індивідуального розрахункового завдання (17 ак. год.)

Підготовка до екзаменів (15 ак. год.)

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Відвідування лекцій, практичних занять і лабораторних робіт є обов'язковим і здійснюється за затвердженим розкладом або згідно з індивідуальним планом здобувача вищої освіти. В разі пропуску з поважних причин лекцій студент опрацьовує її електронний варіант і викладає основні положення у короткому рефераті. Відпрацювання пропущених лабораторних робіт проводиться наприкінці семестру за окремим затвердженим графіком.

На аудиторних заняттях мобільні телефони мають бути відключені. Складні моменти тем, що виносяться на лекції можуть доручатися здобувачам вищої освіти для підготовки коротких доповідей або дискусійних питань до обговорень з метою збільшення активності слухачів.

Лабораторні роботи захищаються під час виконання чергової лабораторної роботи у вигляді звітів з відповіддю на контрольні запитання. Пропущені лабораторні роботи проводяться і захищаються за окремим графіком в кінці семестру.

Розрахункова контрольна робота видається на початку семестра індивідуально кожному окремо і захищається у вигляді письмово виконаної роботи, що містить розрахунки і необхідний графічний матеріал (рисунок, графіки тощо) індивідуально за окремим графіком.

Використовуєть наступні правила заохочувальних і штрафних балів.

За участь в інститутській олімпіаді з дисципліни нараховується від 5 до 10 балів, за роботу з удосконалення дидактичного матеріалу з дисципліни нараховується 5 балів, за активну участь в обговоренні складних тем +1...4 балів.

За недопуск до лабораторного практикуму у зв'язку з незадовільним вхідним контролем при повторному відпрацюванням знімається 1 бал, за відсутність на лабораторному практикумі без поважних причин знімається 2 бали.

В разі визначення плагіату при виконанні контрольної роботи, або не самостійного виконання лабораторної роботи їх результати анулюються.

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

Поточний контроль: експрес-опитування за темою заняття, контрольні роботи.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

Семестровий контроль: екзамен

Умови допуску до семестрового контролю: зарахування усіх лабораторних робіт; виконана розрахункова робота; семестровий рейтинг більше 30 балів.

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

- 1) виконання та захист 9 лабораторних робіт;
- 2) одну розрахункову роботу;
- 3) відповідь на екзамені.

Система рейтингових (вагових) балів та критерії оцінювання

1. Лабораторні роботи

Ваговий бал – 3. Максимальна кількість балів за всі лабораторні роботи дорівнює 3 бала x 9 = 27 балів.

- повне виконання завдання, але не чіткі відповіді - 1...2
- робота не виконувалась - 0

2. Розрахункова робота

Ваговий бал – 19.

- повне виконання завдання - 18-19
- виконання, але робота містить неправильні відповіді - 12-17
- робота не виконувалась – 0
- За кожний тиждень запізнення з поданням РР від встановленого терміну оцінка знижується на один бал.

Штрафні та заохочувальні бали за:

- недопуск до лабораторного практикуму у зв'язку з незадовільним вхідним контролем –1 бал;

- відсутність на лабораторному практикумі без поважної причини.....–2 бали;
- несвоєчасне (пізніше на K днів) подання РР.....–1xK балів;
- участь у інститутській олімпіаді з дисципліни, виконання завдань із удосконалення дидактичних матеріалів з дисципліни надається від 5 до 10 заохочувальних балів.

Розрахунок шкали (R) рейтингу:

Сума вагових балів контрольних заходів протягом семестру складає:

$$R_c = 27 + 19 = 46 \text{ балів.}$$

Розмір шкали рейтингу $R = 100$ балів.

Розмір стартової шкали $R_c = 46$ балів.

Розмір екзаменаційної шкали $R_E = 54$ бали.

Умови позитивної проміжної атестації

Для отримання “зараховано” з першої проміжної атестації (8 тиждень) студент матиме не менше ніж 11 балів (за умови, якщо на початок 8 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів “ідеальний” студент має отримати 22 бали).

Для отримання “зараховано” з другої проміжної атестації (14 тиждень) студент матиме не менше ніж 30 бали (за умови, якщо на початок 14 тижня згідно з календарним планом контрольних заходів “ідеальний” студент має отримати 60 балів).

Умови допуску до екзамену: зарахування розрахункової роботи, всіх лабораторних робіт, а також стартовий рейтинг $r_c \geq 20$ бали. (не менше 40% від R_c).

Критерії екзаменаційного оцінювання: (виходячи з розміру шкали $R_E = 54$ бали).

Теоретичні питання

- Студент демонструє повні і міцні знання навчального матеріалу в заданому обсязі, необхідний рівень умінь і навичок, правильно і обґрунтовано приймає рішення в різних нестандартних ситуаціях, а саме, дає повні відповіді на всі питання білету та повні відповіді на поставлені додаткові питання –27-23 балів
- Студент дає правильні відповіді на всі питання білету, в яких допускає несуттєві неточності або помилки, дає правильні відповіді на додаткові запитання, але має труднощі в трансформації умінь в нових умовах – 22-19
- Студент засвоїв основний теоретичний матеріал, але допускає неточності, що не є перешкодою до подальшого навчання. Вміє використовувати знання для вирішення стандартних завдань, тобто відповіді на питання містять суттєві неточності, які студент виправляє використовуючи допоміжні питання – 18-15
- Студент не засвоїв окремі розділи, не здатен застосувати знання на практиці – 0

Практичне питання

- Задача вирішена у повному обсязі, студент демонструє повні й міцні знання навчального матеріалу в заданому обсязі, необхідний рівень умінь і навичок, правильно і обґрунтовано приймає рішення в різних нестандартних ситуаціях– 27-23 балів
- При вирішенні задачі допущено несуттєві помилки, студент дає правильні відповіді на додаткові запитання, але має труднощі в трансформації умінь в нових умовах – 22-19
- При вирішенні задачі допущено суттєві помилки, які студент виправляє використовуючи допоміжні питання – 18-15
- Студент не засвоїв окремі розділи, нездатен застосувати знання на практиці – 0

Для отримання студентом відповідних оцінок (ECTS та традиційних) його рейтингова оцінка RD переводиться згідно з таблицею:

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою

<i>Кількість балів</i>	<i>Оцінка</i>
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

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

1. Визначення переміщень при згині методом початкових параметрів.
2. Визначення переміщень у балках змінного перерізу. Робота зовнішніх сил.
3. Потенціальна енергія деформації.
4. Теорема про взаємність робіт і переміщень.
5. Метод Мора.
6. Обчислювання інтегралів Мора за способом Верещагіна.
7. Статична невизначеність.
8. Канонічні рівняння методу сил.
9. Косий згин.
10. Згинання з розтягом.
11. Позацентрове стискання (розтяг).
12. Ядро перерізу.
13. Згинання з крученням.
14. Кручення некруглого вала.
15. Побудова епюр внутрішніх зусиль для просторових брусів з ломаною віссю.
16. Поняття про стійкість пружної рівноваги. Формула Ейлера.
17. Формула Ясинського. Границі застосування.
18. Стійкість за границею пропорційності.
19. Практичні розрахунки стрижнів на стійкість методом понижуючого коефіцієнта.
20. Поздовжньо-поперечне згинання.
21. Динамічне навантаження. Загальні відомості.
22. Ударні навантаження пружних систем.
23. Цикли напружень і їх характеристики.
24. Границя витривалості. Крива втоми.
25. Фактори, що впливають на границю витривалості.
26. Розрахунки на міцність при змінних напруженнях.
25. Контактні напруження. Перевірка міцності при контактних напруженнях.
26. Поняття про дислокації.
27. Наводнювання металів і фактори, що обумовлюють цей процес.
28. Поняття про експлуатаційну деградацію.
29. Корозія: її види і умови протікання.
30. Методи захисту авіаційних конструкцій від корозії.

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено професором кафедри КІ д.т.н., професором Архиповим Олександром Геннадійовичем

Ухвалено кафедрою КІ (протокол № 15 від 07.06.2023)

Погоджено Методичною комісією НН ІАТ (протокол № 6 від 22.06.2023)