

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра міцності літальних апаратів (№ 102)
(назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
 Марина ШЕВЦОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

« 28 » серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Будівельна механіка конструкцій АРКТ

Мајор «Ракетно-космічна техніка»

(бакалавр, спеціальність 134)

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»
(шифр і найменування спеціальності)

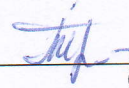
Освітня програма: Ракетно-космічна техніка

Форма навчання денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2023 рік

Розробник: Ткаченко Д.А., старший викладач
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь та вчене звання)

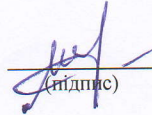


(підпис)

Програму розглянуто на засіданні кафедри міцності літальних апаратів (№ 102)

Протокол № 1 від «23» серпня 2023 р.

Завідувач кафедри д. т. н., професор
(наукова ступінь та вчене звання)



В.Ю.Мірошніков
(ініціали та прізвище)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників		Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
			денна форма навчання	
Кількість кредитів – 5		Галузь знань 13 Механічна інженерія	Вибіркова	
		Спеціальність 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка		
Модулів – 1		Освітня програма Ракетно-космічна техніка	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 3			2023/2024	
Індивідуальне завдання - РГР (5-й сем.)			Семестр	
Загальна кількість годин – 150			5-й	
			Лекції*	
			32 год.	
			Практичні, семінарські*	
		40- год.		
Тижневих годин для денної форми навчання:		Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	Лабораторні	
			-	
аудиторних – 4,5			Самостійна робота	
самостійної роботи студента – 4,9			78 год.	
Семестр 5			Індивідуальна робота	
аудиторних* 72 год.	самост. роб. 78 год.		РГР	
			Вид контролю	
			іспит	

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 72/78

*Аудиторне навантаження може бути збільшене або зменшене на одну годину в залежності від розкладу занять

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення — отримання знань про вимоги до структур складних багатоелементних несучих конструкцій взагалі, особливо, тонкостінних — та особливості їх деформування в умовах реальної експлуатації; про граничні стани таких конструкцій; навчити методам визначення напружень, переміщень в елементах складених конструкцій від дії відомих (заданих) зовнішніх сил, а також методам визначення граничних значень параметрів зовнішніх дій, що приводять до граничних станів конструкцій, або елементів.

Завдання — формування у студентів уявлення про розрахункові схеми, що замінюють реальні конструкції, а також надбання навичок розрахунків на міцність та жорсткість структур складних багатоелементних несучих конструкцій авіаційних несучих конструкцій типа крила, фюзеляжу, шпангоуту, лопаті несучого гвинта та інших агрегатів літального апарату.

Компетентності, які набуваються: Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності; Здатність приймати обґрунтовані рішення; Здатність проводити розрахунки елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на міцність; Здатність призначати матеріали для елементів конструкції авіаційної та ракетно-космічної техніки; Здатність проектувати та проводити випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

Очікувані результати навчання: Застосовувати вимоги галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах її життєвого циклу, Вибирати та застосовувати для розв'язання задач прикладної механіки придатні математичні методи; Володіти навичками визначення навантажень на конструктивні елементи авіаційної та ракетно-космічної техніки на усіх етапах її життєвого циклу; Обчислювати напружено-деформований стан, визначати несучу здатність конструктивних елементів та надійність систем авіаційної та ракетно-космічної техніки.

Пререквізити — базується на результатах вивчення дисциплін: «Механіка матеріалів та конструкцій», «Теоретична механіка та ТММ», «Фізика», «Вища математика» та «Нарисна геометрія».

Кореквізити — використовується в дисциплінах «Міцність літаків та вертольотів», «Випробування на міцність авіаційної техніки».

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1.

ТЕМА 1. Вступ.

Вступ до навчальної дисципліни «Будівельна механіка». Предмет вивчення і задачі дисципліни. Будівельна механіка як наука о проектуванні раціональних несучих конструкцій. Місто дисципліни в навчальному плані. Типові розрахункові схеми авіаційних конструкцій. Особливості навантаження конструкцій літальних апаратів. Вимоги міцності до конструкцій літаків та вертольотів.

ТЕМА 2. Склад комбінованих стрижневих систем.

Елементи, що зв'язані, та зв'язки комбінованих стержневих систем. Диски та шарніри. Опорні зв'язки. Поняття стрижня. Ферми. Вагова досконалість ферм. Використання комбінованих стрижневих систем в літаках та вертольотах.

ТЕМА 3. Аналіз рухомості та змінності шарнірно з'єднаних систем.

Поняття нерухомості та незмінності. Кінематичні характеристики зв'язків та елементів, що зв'язані. Кінематичний аналіз (формули Чебишова)). Структурний аналіз; структурні правила. Метод побудування, метод руйнування. Статика складених конструкцій. Аксиома про зв'язки. Рівновага вузлів. Зусилля в шарнірах. Кратні шарніри. Навантажені шарніри. Рівновага дисків Статичний аналіз конструкцій. Матриця статички. Зв'язки, які не можна усувати.

ТЕМА 4. Розрахунки зусиль у зв'язках статично визначуваних несучих конструкцій та в їх елементах.

Зусилля у стержнях ферм (метод рівноваги вузлів, метод перерізів, метод заміни стержнів). Розрахунок зусиль в шарнірах з допомогою рівнянь рівноваги дисків. Розвантаження та зміщення шарнірів. Симетричні конструкції. Шпангоути. Теореми про симетрію. Симетрія внутрішніх сил та переміщень. Симетризація зовнішніх сил. Епюри внутрішніх силових факторів в балках з круговою віссю від дії розподілених та скупчених навантажень.

Модуль 1.

Змістовний модуль 2.

ТЕМА 5. Переміщення в статично визначуваних конструкціях.

Формула Мора та метод Мора. Поняття про елементи, що деформуються. Теплові дії, зміщення опір в статично визначуваних конструкціях.

ТЕМА 6. Розрахунок статично невизначуваних конструкцій методом сил.

Поняття про еквівалентну систему. Основна система. Зайві зв'язки та відповідні зайві невідомі. Вантажне та одиничні стани основної системи. Канонічні рівняння методу сил. Побудування сумарних епюр внутрішніх силових факторів (ВСФ) в стержневих елементах комбінованих систем. Деформаційна перевірка. Основне спрощення процедури визначення переміщень у статично невизначуваних конструкціях.

ТЕМА 7. Розрахунки рам спрощеним методом переміщень.

Вибір визначальних переміщень. Вектор невідомих переміщень. Система сил, відповідних до визначальних переміщень. Використання довідникових таблиць з рішеннями. Вектор зусиль. Система рівнянь рівноваги. Статична визначеність та універсальність методу переміщень. Поняття про матрицю жорсткості. Побудова сумарних епюр ВСФ в елементах стержневих систем.

Модуль 1.

Змістовний модуль 3.

ТЕМА 8. Згинання та стійкість пластинок.

Синтез математичної моделі деформування пластинок. Розрахункова схема пластинки; гіпотези Кірхгофа. Виведення рівнянь згинання (рівняння Софі Жермен-Лапласа). Граничні умови. Розрахунок прямокутних пластин у подвійних тригонометричних рядах (рішення Нав'є). Стійкість пластинки, стиснутої в одному напрямку. Аналіз результату для шарнірно обпертої прямокутної пластинки. Пластинки великої довжини і великої ширини. Стійкість авіаційних профілів. Використання довідникових даних для розрахунків стійкості пластинок з іншими граничними умовами. Стійкість пластинок при зсуві (стінка лонжерона). Стійкість при комбінованому навантаженні (обшивка).

ТЕМА 9. Теорія тонкостінного стрижня.

Геометрія тонкостінного стрижня. Визначення нормальних напружень в перерізах тонкостінного стрижня. Загальна формула для дотичних напружень в перерізах тонкостінного стрижня. Визначення дотичних напружень у відкритому контурі при згинанні. Центр згинання тонкостінного стрижня з відкритим контуром поперечного перерізу. Кручення однозамкненого контуру. Визначення дотичних напружень в однозамкненому профілі при згинанні.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усь ого	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Аналіз і розрахунок стрижневих систем. Ч. 1					
Тема 1. Вступ	2	2	—	—	—
Тема 2.Склад комбінованих стрижневих систем	6	2	4	—	—
Тема 3. Аналіз рухомості та змінності шарнірно з'єднаних систем	10	4	6	—	—
Тема 4.Розрахунки зусиль у зв'язках статично визначуваних конструкцій та їх елементах	24	6	8	—	10
Разом за змістовим модулем 1	42	14	18	—	10
Змістовий модуль 2. Аналіз і розрахунок стрижневих систем. Ч. 2.					
Тема 5.Переміщення в статично визначуваних конструкціях	14	2	2	—	10
Тема 6. Розрахунок статично невизначуваних конструкцій методом сил	18	4	4	—	10
Тема 7.Розрахунок рам методом переміщень	18	4	4	—	10
Разом за змістовим модулем 2	50	10	10	—	30
Змістовий модуль 3. Розрахунки тонкостінних елементів конструкцій аерокосмічної техніки					
Тема 8. Згинання та стійкість пластинок	28	6	4	—	18
Тема 9. Теорія тонкостінного стрижня	30	2	8	—	20

Разом за змістовим модулем 3	58	8	12	—	38
Усього годин(5-й сем)	150	32	40	—	78

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не плануються	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження дискретної моделі лонжерона	4
2	Аналіз змінюваності стрижневих систем	6
3	Визначення зусиль в стрижнях статично невизначуваної ферми	4
4	Статично визначувані комбіновані стрижневі системи	4
5	Розрахунок кругових шпангоутів	6
6	Розрахунок плоских рам спрощеним методом переміщень	4
7	Розрахунок напружено-деформованого стану прямокутної пластини при різних умовах навантаження та закріплення	4
8	Визначення нормальних та дотичних напружень у відкритому контурі тонкостінного стрижня при згинанні	4
9	Центр згинання тонкостінного стрижня з відкритим контуром поперечного перерізу	2
10	Кручення однозамкненого контуру	2
Разом:		40

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не плануються	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунки зусиль у зв'язках статично визначуваних конструкцій та їх елементах	10
2	Переміщення в статично визначуваних конструкціях	10
3	Розрахунок статично невизначуваних конструкцій методом сил	10
4	Розрахунок рам методом переміщень	10

5	Згинання та стійкість пластинок	18
6	Обчислення дотичних напружень в багатозамкнених контурах	20
Разом:		78

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження дискретної моделі лонжерона	4
2	Аналіз та розрахунок статично визначуваних та статично невизначуваних комбінованих стрижневих систем	8
3	Розрахунок кругових шпангоутів	6
4	Розрахунок плоских рам методами сил та переміщень	12
Разом:		30

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, індивідуальних консультацій, самостійна та індивідуальна робота здобувачів.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
1	2	3	4
Модуль 1			
Змістовний модуль 1			
Виконання РГР Ч. 1	0...25	1	0...25
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Робота на практичних заняттях	0...0,5	9	0...4,5
Змістовний модуль 2			
Виконання РГР Ч. 2	0...25	1	0...25
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Робота на практичних заняттях	0...0,5	5	0...2,5
Змістовний модуль 3			
Модульний контроль	0...20	1	0...20

Робота на практичних заняттях	0...0,5	6	0...3
Усього за семестр 5-й			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримання максимум 100 балів.

Білет для іспиту (сем. 5) складається з двох теоретичних запитань й одного практичного завдання. Максимальна кількість балів за виконання теоретичного завдання – 30 балів, максимальна кількість балів за виконання практичного завдання – 40 балів.

Якісні критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60 – 74). Показати мінімум знань та умінь. Здати РГР. При написанні модулів знайти відповіді на теоретичні запитання і показати при потребі хід рішення прикладених задач. Знати основні положення проведення аналізу та розрахунку комбінованих стрижневих систем. Вміти будувати епюри внутрішніх силових факторів в таких конструкціях. Знати як використовувати метод переміщень для розрахунків. Вміти знаходити взаємні переміщення перерізів силових елементів конструкцій. Мати уяву про розрахункову модель тонкостінного стрижня кесону та пластинок.

Добре (75 – 89). Твердо знати мінімум за всіма темами та вміти застосовувати його. Здати РГР. При написанні модулів знайти відповіді на теоретичні запитання і показати повне рішення поставлених задач. Вільно володіти методами проведення аналізу та розрахунку комбінованих стрижневих систем. Вміти будувати епюри внутрішніх силових факторів в таких конструкціях з використанням теорем про симетрію. Вміти використовувати метод переміщень для розрахунків. Вміти оцінювати жорсткість силових елементів конструкцій. Вміти знаходити геометричні характеристики поперечних перерізів тонкостінного стрижня. Вміти розрахувати напружений стан поперечного перерізу тонкостінного стрижня при зсуві та згинанні. Мати уяву про напружений стан кесону, роботу пластинок при згинанні, стійкість пластинок.

Відмінно (90 – 100). Твердо знати всі теми та вміти застосовувати їх. Здати РГР на максимальну оцінку. Модульний контроль написати на оцінку, близьку до максимальної. Вільно володіти всіма методами проведення аналізу та розрахунку комбінованих стрижневих систем. Вміти будувати епюри внутрішніх силових факторів в таких конструкціях з використанням симетризації навантаження та теорем про симетрію. Вміти вільно використовувати метод переміщень для розрахунків. Вміти оцінювати жорсткість силових елементів конструкцій з використанням симетризації навантаження. Вміти знаходити геометричні характеристики поперечних перерізів тонкостінного стрижня. Вміти розрахувати напружений стан поперечного перерізу тонкостінного стрижня при зсуві та згинанні, знаходити його центр згинання та жорсткості. Мати уяву про напружений стан кесону, роботу пластинок при згинанні, стійкість пластинок.

При виконанні практичних робіт показати самостійність і настирливість при досяганні цілі.

Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Незараховано

13. Методичне забезпечення

Ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс: k102@d1.khai.edu

Учбові посібники:

1. Дібір Г.О. Будівельна механіка авіаційних конструкцій : навч. посіб. , Ч. 2 : Розрахунок тонкостінних конструкцій; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2020. - 280 с.
2. Дібір О.Г. , Кирпикін А.О. Дослідження дискретної моделі лонжерона та комбінованих стрижневих систем : навч. посіб. /; М-во освіти і науки України, Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т". - Харків. - Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "Харків. авіац. ін-т", 2019. - 88 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Будівельна механіка/Баженов В.А., Іванченко Г.М., Шишов О.В.-К.: Видавництво: Каравела, 2006.-344 с.
2. Будівельна механіка та металеві конструкції/Баженов В.А., Дашченко О.Ф., Коломієць Л.В., Ухов О.В.- Одеса: Видавництво: Астропринт, 2001.- 432 с.
3. Megson T. H. G. An Introduction to Aircraft Structural Analysis.-AMSTERDAM • BOSTON • HEIDELBERG • LONDON NEW YORK • OXFORD • PARIS • SAN DIEGO SAN FRANCISCO • SINGAPORE • SYDNEY • TOKYO Butterworth-Heinemann is an imprint of Elsevier, 2017. – 640 p.

Допоміжна

1. Строительная механика летательных аппаратов: учебник для авиационных специальностей вузов / И.Ф.Образцов, Л.А.Бульчев, В.В. Васильев и др.; Под ред. И.Ф. Образцова. – М. : Машиностроение, 1986.–536с.

2. Балабух Л. И., Алфутов Н. А., Усюкин В. И. Строительная механика ракет: Учебник для машиностроительных специальностей вузов. – М.: Высшая школа, 1984. – 391 с.
3. Макеев А.И., Скопинцев Б.И. Строительная механика тонкостенных элементов авиационных конструкций. – Харьков, ХАИ, 1987. – 103 с.
4. Макеев А.И., Скопинцев Б.И. Строительная механика стержневых элементов авиационных конструкций. – Харьков, ХАИ, 1988. – 94 с.
5. Львов М.П., Дибир А.Г. Исследование дискретной модели лонжерона и комбинированных систем: Учеб. пособие. – Х.: Нац.аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – 69 с.
6. Львов М.П., Дибир А.Г. Строительная механика авиационных конструкций: учеб. пособие. – Х.: Нац.аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2010. – Ч. 2: Расчет тонкостенных стержней. – 84 с.
7. Львов М.П., Дибир А.Г. Строительная механика авиационных конструкций: учеб. пособие. – Х.: Нац.аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2015. – Ч. 3: Расчет шпангоутов и плоских рам – 96 с.
8. Дибир А. Г., Кирпикина А. А., Миронов К. В. Строительная механика авиационных конструкций: учеб. пособие по лаб. практикуму. – Х. : Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2016. – 68 с.
9. Лизин В.Т., Пяткин В.А. Проектирование тонкостенных конструкций. – М.: Машиностроение, 1985 – 344 с.
10. Гайдачук В.Е., Золотухин В.К., Кириченко В.В. и др. Сборник задач по строительной механике. – Х.: ХАИ, 1981. – 113 с.
11. Гайдачук В.Е., Кириченко В.В., Скопинцев Б.И. Сборник задач по строительной механике систем – Х.: ХАИ, 1983. – 117 с.
12. Скопинцев Б. И., Бушков Ю. Е. Напряженное состояние стреловидного крыла: учеб. пособие. – Харьков: Харьк. авиац. ин-т. – 64 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри 102@d1.khai.edu