

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

 Ірина ВОРОНЬКО

« ____ » _____ 2024 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
ОБОВ'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Будівельна механіка
(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: Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки

Форма навчання денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2024 рік

Розробник: д.т.н., професор Аврамов К.В.

ст. викладач Ткаченко Д.А.



Two handwritten signatures in blue ink, one above the other, each on a horizontal line.

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

Протокол № 1 від «30» серпня 2024 р.

Завідувач кафедри докт. техн. наук, професор



A handwritten signature in blue ink.

В.Ю. Мірошніков

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма навчання	
Кількість кредитів – 9	Галузь знань 13 Механічна інженерія	Вибіркова	
	Спеціальність 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка		
Модулів – 2	Освітня програма Проектування, виробництво та сертифікація авіаційної техніки	Рік підготовки:	
Змістових модулів – 4		2024/2025	
Індивідуальне завдання - РГР (5-й сем.), - РГР (6-й сем.).		Семестр	
		5-й	6-й
Загальна кількість годин – 270		Лекції*	
		32 год.	32 год.
		Практичні, семінарські*	
Тижневих годин для денної форми навчання:		40- год.	32 - год.
		Лабораторні	
аудиторних – 4,5/4,0		-	-
самостійної роботи студента – 4,875/3,5	Самостійна робота		
Семестр 5	78 год.	56 год.	
аудиторних* 72 год.	Індивідуальна робота		
самост. роб. 78 год.	РГР	РГР	
Семестр 6	Вид контролю		
аудиторних* 64 год.	іспит	іспит	
самост. роб. 56 год.	Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)		

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить: для денної форми навчання – 136/134

*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 типу 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 усунути.

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. Теорема 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.

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 визначуваність та універсальність методу переміщень. Поняття про матрицю жорсткості. Побудова сумарних епюр ВСФ в елементах стержневих систем.

ТЕМА 8. Конструктивні особливості основних несучих конструкцій літаків та вертольотів.

Конструктивні особливості основних несучих конструкцій літального апарата (крило, фюзеляж, оперення). Роль типових конструктивних елементів в опорі зовнішнім навантаженням. Фермова аналогія. Роль діафрагм (нервюри, шпангоути) в забезпеченні раціонального напруженого стану авіаційних несучих конструкцій. Розрахункова схема тонкостінного стержня. Раціональність напруженого стану тонкостінного стержня.

ТЕМА 9. Геометрія тонкостінного стрижня.

Особливості завдання геометрії тонкостінного стрижня. Поточний статичних момент перерізу.

ТЕМА 10. Визначення нормальних напружень в перерізах тонкостінного стрижня

Врахування неоднорідності елементів: редукування. Опір рядових шпангоутів сплющуванню перерізів фюзеляжу при їх згинанні. Стійкість шпангоутів. Обчислювання потрібної жорсткості рядового шпангоута.

Модуль 2.**Змістовий модуль 3.****ТЕМА 11. Загальна формула для дотичних напружень.**

Визначення дотичних напружень. Основна гіпотеза зсуву тонкостінних контурів. Потік дотичних напружень. Диференціальне рівняння рівноваги тонкої стінки. Загальна формула для дотичних напружень в перерізах тонкостінного стрижня.

ТЕМА 12. Визначення дотичних напружень у відкритому контурі при згинанні.

Тонкостінний стержень з відкритим контуром перерізу. Визначення дотичних напружень в відкритому контурі. Правила для побудування епюр точкових статичних моментів. Врахування повздовжніх елементів. Дискретизація перерізів.

ТЕМА 13. Центр згинання тонкостінного стрижня з відкритим контуром поперечного перерізу.

Центр згину тонкостінного стержня з відкритим контуром поперечного перерізу; обчислення його координат. Неможливість опору дії моменту кручення тонкостінного стержня з відкритим контуром. Змінюваність. Тонкостінний стержень з однозамкненим контуром перерізу.

ТЕМА 14. Кручення однозамкненого контуру (лонжерон лопаті вертоліту, носок крила).

Кручення однозамкненого контуру. Формула Бредта. Кут закручування; поняття й обчислення крутильної жорсткості тонкостінного стрижня.

ТЕМА 15. Визначення дотичних напружень в однозамкненому профілі при згинанні.

Визначення дотичних напружень контурі в однозамкненому контурі (використання умови статичної еквівалентності). Урахування поздовжніх підкріплень (поясів, стрингерів).

ТЕМА 16. Центр жорсткості.

Центр жорсткості; обчислення його координат. Два методи визначення координат центра жорсткості. (метод фіктивної сили, метод відокремлення моменту кручення).

ТЕМА 17. Обчислення дотичних напружень в багатозамкнених контурах (лонжерон лопаті вертольоту, крило).

Тонкостінний стрижень з багатозамкненим контуром перерізу. Кручення багатозамкнених контурів. Стандартна процедура метода сил.

ТЕМА 18. Визначення координат центра жорсткості багатозамкненого контуру.

Визначення координат центра кручення та жорсткості при крученні багатозамкненого контуру.

ТЕМА 19. Кручення відкритого профілю. Стиснене кручення відкритого профілю.

Обмежений опір крученню відкритого контуру за рахунок місцевого кручення стінок. Використання результатів теорії пружності. Вільне кручення, депланації. Елементи теорії В. З. Власова (гіпотеза про відсутність зсувів в серединній поверхні, секторіальна координата, стискання депланацій, поява нових дотичних сил). Диференційне рівняння стисненого кручення. Граничні умови. Приклад рішення. Конструктивні рекомендації.

Змістовий модуль 4.

ТЕМА 20. Прямокутний кесон у системі стріловидного крила.

Протиріччя між балковою теорією та опорними реакціями крилового кесона. Самоврівноважена добавка, що погодить ці протиріччя. Депланації. Відповідна самоврівноважена система дотичних напружень. Принцип найменшої роботи, як окремий випадок принципу Кастильяно. Рівняння Ейлера. Граничні умови. Рішення рівняння Ейлера. Аналіз результатів та рекомендації.

ТЕМА 21. 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. Плас-

тинки 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 22. Основи методу скінчених елементів.

Поняття кінцевого елемента. Матриця форми на прикладі трикутного елемента пластинки. Матриця жорсткості. Локальна і глобальна системи координат. Розрахункова система рівнянь. Граничні умови. Визначення вузлових переміщень. Перехід від вузлових переміщень до параметрів напруженого стану конструкції. Стандартні обчислювальні комплекси для інженерного аналізу несучих конструкцій (типу "Unigraphics", "NASTRAN", "Cosmos" і т.п.).

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	6	2			4
Тема 2. Склад комбінованих стрижневих систем	16	2	6		8
Тема 3. Аналіз рухомості та змінності шарнірно з'єднаних систем	22	4	8		10
Тема 4. Розрахунки зусиль у зв'язках статично визначуваних конструкцій та їх елементах	24	6	8		10
Разом за змістовим модулем 1	68	14	22		32
Змістовий модуль 2. Аналіз і розрахунок стрижневих систем. Ч. 2. Розрахунки агрегатів авіаційних конструкцій. Ч. 1					
Тема 5. Переміщення в статично визначуваних конструкціях	11	2	4		5
Тема 6. Розрахунок статично невизначуваних конструкцій методом сил	20	4	6		10

Тема 7. Розрахунок рам методом переміщень	20	4	6		10
Тема 8. Конструктивні особливості основних несучих конструкцій літаків та вертольотів	7	2			5
Тема 9. Геометрія тонкостінного стрижня	12	4			8
Тема 10. Визначення нормальних напружень в перерізах тонкостінного стрижня	12	2	2		8
Разом за змістовим модулем 2	82	18	18		46
Усього годин (5-й сем)	150	32	40		78
Модуль 2					
Змістовий модуль 3. Розрахунки агрегатів авіаційних конструкцій. Ч. 2					
Тема 11. Загальна формула для дотичних напружень	6	2	2		2
Тема 12. Визначення дотичних напружень у відкритому контурі при згинанні	7	2	2		3
Тема 13. Центр згинання тонкостінного стрижня з відкритим контуром поперечного перерізу	6	2	2		2
Тема 14. Кручення одно замкненого контуру	7	2	2		3
Тема 15. Визначення дотичних напружень в одно замкненому профілі при згинанні	9	2	4		3
Тема 16. Центр жорсткості	7	2	2		3
Тема 17. Обчислення дотичних напружень в багатозамкнених контурах	7	2	3		3
Тема 18. Визначення координат центра жорсткості багатозамкненого контуру	7	2	3		3
Тема 19. Крутіння відкритого профілю. Стиснене кручення відкритого профілю	7	2	2		3

Разом за змістовим модулем 3	65	18	22		25
Змістовий модуль 4. Розрахунки тонкостінних елементів авіаційних конструкцій					
Тема 20. Прямокутній кесон у системі стріло-видного крила	24	6	8		10
Тема 21. Згинання та стійкість пластинок	18	6	2		10
Тема 22. Основи методу скінчених елементів	13	2			11
Разом за змістовим модулем 4	55	14	10		31
Усього годин (6-й сем)	120	32	32		56
Усього годин	270	64	72		134

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не плануються	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
1	Дослідження дискретної моделі лонжерона	4
2	Експериментальне оцінювання адекватності розрахункової схеми ферма	4
3	Аналіз змінюваності стрижневих систем	4
4	Статично визначувані комбіновані стрижневі системи	6
5	Визначення зусиль в стрижнях статично невизначуваної ферми	4
6	Дослідження граничних станів статично невизначуваної ферми	4
7	Дослідження критичної сили стиснутого стрижня методом Саусвела	4
8	Розрахунок кругових шпангоутів	6
9	Розрахунок плоских рам спрощеним методом переміщень	6
11	Дослідження нормальних напружень в неоднорідному дискретному перерізі крила	4

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	2	3
12	Дослідження дотичних напружень зсуву в тонкостінному стрижні відкритого профілю	4
13	Розрахунок положення центра згинання в тонкостінному стрижні відкритого профілю	4
14	Дотичні напруження в дискретному однозамкненому профілі	2
15	Центр жорсткості однозамкненого профілю	4
16	Дотичні напруження в дискретному двозамкненому профілі	4
17	Центр жорсткості двозамкненого профілю	4
18	Стиснуте крутіння відкритого профілю	4
Разом		72

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не плануються	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	2	3
1	Вступ	4
2	Склад комбінованих стрижневих систем	8
3	Аналіз рухомості та змінності шарнірно з'єднаних систем	10
4	Розрахунки зусиль у зв'язках статично визначуваних конструкцій та їх елементах	10
5	Переміщення в статично визначуваних конструкціях	5
6	Розрахунок статично невизначуваних конструкцій методом сил	10
7	Розрахунок рам методом переміщень	10
8	Конструктивні особливості основних несучих конструкцій літаків та вертольотів	5
9	Геометрія тонкостінного стрижня	8
10	Визначення нормальних напружень в перерізах тонкостінного стрижня	8
Разом за 5-й сем.		78

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	2	3
11	Загальна формула для дотичних напружень	2
12	Визначення дотичних напружень у відкритому контурі при згинанні	3
13	Центр згинання тонкостінного стрижня з відкритим контуром поперечного перерізу	2
14	Кручення однозамкненого контуру	3
15	Визначення дотичних напружень в одно замкненому профілі при згинанні	3
16	Центр жорсткості	3
17	Обчислення дотичних напружень в багатозамкнених контурах	3
18	Визначення координат центра жорсткості багатозамкненого контуру	3
19	Крутіння відкритого профілю. Стиснене кручення відкритого профілю	3
20	Прямокутній кесон у системі стріловидного крила	10
21	Згинання та стійкість пластинок	10
22	Основи методу скінчених елементів	11
Разом за 6-й сем.		56
Разом		134

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження дискретної моделі лонжерона	6
2	Аналіз та розрахунок статично визначуваних та статично невизначуваних комбінованих стрижневих систем	6
3	Розрахунок кругових шпангоутів	6
4	Розрахунок плоских рам спрощеним методом переміщень	6
Разом за 5-й сем.		24
5	Дотичні напруження зсуву відкритому контурі при згинанні и визначення центра згинання	8
6	Розрахунок однозамкненого контуру	8
7	Розрахунок багатозамкненого контуру	8
Разом за 6-й сем.		24
Разом		48

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...26	1	0...26
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Робота на практичних заняттях	0...0,5	8	0...4
Змістовний модуль 2			
Виконання РГР Ч. 2	0...26	1	0...26
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Робота на практичних заняттях	0...0,5	7	0...3,5
Усього за семестр 5-й сем.			0...100
Модуль 2			
Змістовний модуль 3			
Виконання РР Ч. 1	0...26	1	0...26
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Робота на практичних заняттях	0...0,5	8	0...4
Змістовний модуль 4			
Виконання РР Ч. 2	0...26	1	0...26
Модульний контроль	0...20	1	0...20
Робота на практичних заняттях	0...0,5	8	0...4
Усього за семестр 6-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.

12. 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 о симетрії. 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 о симетрії. 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., Дащенко 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. Megson T. H. G. Structural and stress analysis. – Great Britain Arnold, 1996. – 641 p.
2. Keith D. Hjelmstad Fundamentals of Structural Mechanics. – Springer, 2005. – 480 p.
3. R. C. Hibbeler. Structural analysis. – Pearson Prentice Hall, 2012. – 695 p.
4. David Johnson. Advanced structural mechanics. – Thomas Telford, 2000. – 304 p.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри k102@d1.khai.edu