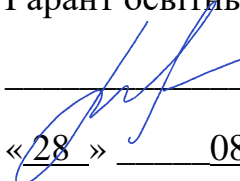


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра композитних конструкцій і авіаційного матеріалознавства (№ 403)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 М. А. Шевцова

«28» 08 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

ПРОЕКТУВАННЯ КОМПОЗИТНИХ КОНСТРУКЦІЙ АРКТ

(назва навчальної дисципліни)

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

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

Освітня програма: Проектування та виробництво конструкцій із
(найменування освітньої програми)
композиційних матеріалів

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2021 рік

Розробник: Кривенда С.П., доцент каф. №403, к.т.н.

(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри композитних конструкцій та авіаційного матеріалознавства (№403)

Протокол № 1 від 28.08.2021 р.

Завідувач кафедри, к.т.н., професор



(підпис)

М. А. Шевцова

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 8	Галузь знань <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і найменування) Спеціальність <u>134 «Авіаційна і ракетно-космічна техніка»</u> (код і найменування) Освітня програма <u>Проектування та виробництво конструкцій із композиційних матеріалів</u> (найменування) Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Цикл професійної підготовки за вільним вибором студента
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 4		2021/2022
Індивідуальне завдання <u>РГР</u> (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 64/240		<u>1</u> -й
		Лекції*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 11		<u>32</u> години
		Практичні, семінарські*
		—
		Лабораторні*
	<u>32</u> години	
	Самостійна робота	
	<u>176</u> годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: 64/176.

*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: оволодіти достатніми знаннями та навичками для проектування таких складних технічних систем як конструкція агрегатів літальних апаратів (ЛА) із композиційних матеріалів (КМ), з урахуванням як загальних технічних вимог, так і технологічних особливостей.

Завдання: розглянути особливості вимог до агрегатів ЛА із КМ та обставини, що впливають на формування цих вимог. Навчитися підбирати матеріали та формувати силові схеми елементів агрегатів із КМ. Навчитися формувати умови та обмеження, у рамках яких обирати інженерні розрахункові моделі, та формувати процедуру оптимізації конструкції. Навчитися враховувати експлуатаційні вимоги.

Компетентності, які набуваються:

- здатність враховувати вимоги до елементів конструкції планеру ЛА відповідно до його призначення, компонування та особливостей функціонування;
- здатність формулювання задачі на проектування елементів конструкції планеру ЛА та вибір і використання відповідних інженерних розрахункових моделей;
- здатність приведення у відповідність структури композита структурі конструкції відповідно до умов виробництва та функціонування.

Очікувані результати навчання: засвоєння матеріалу курсу дає можливість:

знати:

- функціональні особливості агрегатів ЛА та вимоги до них;
- принципи конструювання, що використовуються при проектуванні елементів конструкції ЛА із КМ;
- моделі для проектування агрегатів ЛА із КМ;
- методики проектування агрегатів ЛА із КМ;

вміти:

- формувати конструктивно-силову схему ЛА;
- враховувати особливості технологічного процесу виробництва елементів конструкції із КМ під час вибору їх конструктивно-силової схеми;
- обґрунтовувати вибір компонентів КМ для елементів конструкції ЛА із КМ;
- підбирати варіанти силових схем агрегатів з урахуванням експлуатаційних і технологічних вимог, а також вимог об'ємного та силового ув'язування;
- формувати конструкцію в місцях структурної неоднорідності планету літака;

- вміти формулювати задачу для оцінки розподілення температури по товщині пакету при несталому теплообміні;
- мати уявлення:
- про вплив статичної деформації крила від згину та скручування на експлуатаційні характеристики ЛА;
 - про аеропружні явища, як реверс елерона, флатери, бафтинг та їх вплив на обмеження характеристик ЛА;
 - про методи оцінки ефективності використання КМ в конструкції агрегатів ЛА;
 - про природу осцилятора та моделювання конструкції з одним ступенем свободи;
 - про методи захисту елементів конструкції агрегатів від впливу зовнішнього середовища.

Пререквізити – «Інженерні основи авіаційної та ракетно-космічної техніки», «Механіка конструкцій з композитів», «Міцність конструкцій з композитів», «Загальні принципи проектування в техніці», «Конструювання і проектування виробів з композитів», «Розрахунок і проектування з'єднань композитних конструкцій», «Технологія виробництва виробів з композитів».

Кореквізити – «Оптимальне проектування конструкцій із композитів», «Чисельні методи в інженерних розрахунках», «Автоматизовані методи виробництва композитних конструкцій».

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Конструкція та проектування крила ЛА із КМ.

Тема 1. Призначення та вимоги до крила.

Основне та додаткові призначення крила. Експлуатаційні, конструктивні та технологічні вимоги до крила.

Тема 2 Геометричні характеристики крила, та класифікація крил за геометричними параметрами і силовою схемою.

Базові безрозмірні геометричні параметри крила. Класифікація крила за геометрією, та її вплив на вибір розрахункової моделі.

Тема 3. Визначення параметрів основних елементів крила в регулярній зоні.

Методика визначення положення лонжеронів, та геометричних параметрів конструктивних елементів у зоні Бредта з урахуванням вимог міцності, та жорсткості.

Тема 4. Рядові нервюри крила – класифікація, призначення, вимоги, розрахунок.

Призначення рядових нервюр. Класифікація нервюр за ситовою схемою, та особливості побудови розрахунку. розрахункова схема балкової нервюри.

Тема 5. Силкові нервюри– класифікація, призначення, вимоги, розрахунок.

Призначення силових нервюр. Класифікація та особливості моделювання нервюр різного призначення.

Тема 6. Особливості об'ємного ув'язування елементів поздовжньо-поперечного силового набору крила із КМ.

Проблема суміщення в обмеженому об'ємі конструкції крила повздовжніх та поперечних елементів різного ступеня значущості, та методи її вирішення.

Тема 7. Проектування елементів механізації та керування крила із КМ.

Елементи механізації по задній крайці крила: щитки, закрилки, спойлери, інтерцептори, тримери. Елементи управління по задній крайці: елерони, швидкісні елерони, інтерцептори. Елементи механізації по передній крайці: передкрилки, щиток Крюгера. Особливості навантаження, розрахункові схеми, варіанти реалізації.

Тема 8. Аеропружні явища та методи корегування структури крила для приведення у відповідність до вимог експлуатації з урахуванням цих явищ.

Статичні та динамічні аеропружні явища. Особливості їх розвитку, та конструктивні засоби відтермінування їх настання.

Модульний контроль

Змістовний модуль 2. Конструкція та проектування оперення ЛА із КМ.

Тема 1. Призначення та вимоги до оперення.

Призначення та вимоги до елементів оперення як елементів стабілізації та керуванням ЛА.

Тема 2 Класифікація ЛА і оперення у відповідності до аеродинамічної компоновки.

Класифікація ЛА за аеродинамічною компоновкою вздовж осі та розміщенням горизонтального оперення відносно вертикального.

Тема 3. Особливості формування силової схеми кіля та стабілізатора.

Особливості силової схеми вертикального оперення в зоні кріплення до фюзеляжу, вузлів навішування керма. Особливості силової схеми горизонтального оперення з переставним кутом атаки.

Модульний контроль

Змістовний модуль 3. Фюзеляжі та корпуси ЛА із КМ.

Тема 1. Призначення, вимоги та класифікація фюзеляжу ЛА із КМ та його основні силові схеми.

Призначення, вимоги та класифікація фюзеляжу ЛА із КМ за призначенням та силовою схемою.

Тема 2. Особливості навантаження фюзеляжу і побудови епюри внутрішніх силових факторів.

Балансування ЛА за встановлених умов польоту з урахуванням сил інерції. побудова епюр внутрішнього силового фактору за дискретною моделлю.

Тема 3. Визначення раціональних конструктивних параметрів обшивки відсіку фюзеляжу монококової схеми при умові задоволення обмежень міцності та стійкості обшивки.

Проектування відсіку корпусу ЛА, виготовленого намотуванням за умови комбінованого навантаження з урахуванням вимог міцності і стійкості. Використання приведенного навантаження.

Тема 4. Визначення основних конструктивних параметрів відсіку фюзеляжу напівмонококової схеми при умові задоволення обмежень міцності, стійкості та меншої маси ніж у монококового аналога.

Проектування напівмонококового відсіку за приведеним навантаженням з використанням моделі тонкого стержня.

Тема 5. Корекція параметрів напівмонококового та монококового відсіку за умови недопущення сплюснення відсіку на згин.

Модель та розрахункова схема для оцінки обмеження на жорсткість шпангоута, або корекції товщини стінки відсіку з метою недопущення його сплюснення на згин.

Тема 6. Формування силової схеми композитного фюзеляжу в місцях вирізів та люків з силовою та несиловою кришкою.

Оцінка місцевих навантажень навколо вирізу, та конструктивно-силове оформлення вирізу.

Модульний контроль

Змістовний модуль 4. Захист композитної конструкції від зовнішнього впливу.

Тема 1. Постановка задачі стосовно захисту конструкції ЛА від надмірного нагрівання.

Постановка задачі та методика розрахунку розподілу температури по товщини пакету при несталому теплообміні.

Тема 2 Методи захисту ЛА від зледеніння.

Методи та засоби боротьби із зледенінням передньої крайки несучих поверхонь.

Тема 3. Проблема захисту композитної конструкції ЛА від статичної електрики та ураження блискавки.

Організація металізації зовнішніх елементів конструкції, «заземлення» внутрішніх та скидання статичного заряду.

Тема 4. Методи захисту ЛА від кліматичних факторів.

Боротьба з впливом вологи, аероабразивного зношення, впливу ультрафіолету та біологічних факторів.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістовного модуля і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Змістовний модуль 1. Конструкція та проектування крила ЛА із КМ.					
Тема 1. Призначення та вимоги до крила.	6	1			5
Тема 2. Геометричні характеристики крила, та класифікація крил за геометричними параметрами і силовою схемою.	12	2			10
Тема 3. Визначення параметрів основних елементів крила в регулярній зоні.	6	2	4		
Тема 4. Рядові нервюри крила – класифікація, призначення, вимоги, розрахунок.	5	1	4		
Тема 5. Силові нервюри– класифікація, призначення, вимоги, розрахунок.	2	2			
Тема 6. Особливості об'ємного ув'язування елементів поздовжньо-поперечного силового набору крила із КМ.	5	1	4		
Тема 7. Проектування елементів механізації та керування крила із КМ.	27	3	4		20
Тема 8. Аеропружні явища та методи корегування структури крила для приведення у відповідність до вимог експлуатації з урахуванням цих явищ.	32	2			30
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 1	95	14	16		65
Змістовний модуль 2. Конструкція та проектування оперення ЛА із КМ.					
Тема 1. Призначення та вимоги до оперення.	1	1			
Тема 2 Класифікація ЛА і оперення у відповідності до аеродинамічної компоновки.	1	1			
Тема 3. Особливості формування силової схеми кіля та стабілізатора.	6	2	4		
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 2	8	4	4		
Змістовний модуль 3. Фюзеляжі та корпуси ЛА із КМ.					
Тема 1. Призначення, вимоги та класифікація фюзеляжу ЛА із КМ та його основні силові схеми.	1	1			
Тема 2. Особливості навантаження фюзеляжу і побудови епюри внутрішніх	2	2			

силових факторів.					
Тема 3. Визначення раціональних конструктивних параметрів обшивки відсіку фюзеляжу монококової схеми при умові задоволення обмежень міцності та стійкості обшивки.	1	1			
Тема 4. Визначення основних конструктивних параметрів відсіку фюзеляжу напівмонококової схеми при умові задоволення обмежень міцності, стійкості та меншої маси ніж у монококового аналога.	8	2	6		
Тема 5. Корекція параметрів напівмонококового та монококового відсіку за умови недопущення сплюснення відсіку на згин.	2	2			
Тема 6. Формування силової схеми композитного фюзеляжу в місцях вирізів та люків з силовою та несиловою кришкою.	42	2	4		36
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 3	56	10	10		36
Змістовний модуль 4. Захист композитної конструкції від зовнішнього впливу.					
Тема 1. Постановка задачі стосовно захисту конструкції ЛА від надмірного нагрівання.	66	1			65
Тема 2 Методи захисту ЛА від зледеніння.	1	1			
Тема 3. Проблема захисту композитної конструкції ЛА від статичної електрики та ураження блискавки.	1	1			
Тема 4. Методи захисту ЛА від кліматичних факторів.	3	1	2		
Модульний контроль					
Разом за змістовним модулем 4	71	4	2		65
Усього годин	230	32	32		166
Індивідуальне завдання (РГР)	10	-	-		10
Контрольний захід					
Усього годин	240	32	32		176

5. Теми семінарських занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Технічний рівень різних силових схем крила літака	4
2	Розташування елементів повздовжнього набору у одно та двох лонжеронному крилі літака	4
3	Побудова епюр внутрішніх силових факторів рядової балкової нервюри	4
4	Формування конструкції елерона крила	4
5	Оцінка несучої спроможності кіля літака Ан-70	4
6	Проектування відсіку F2 пасажирського літака Fokker-100	6
7	Формування обліку та розрахунок кільової балки фюзеляжу літака	4
	Погашення поточної заборгованості з лабораторних робіт	2
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ п/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення найбільш придатних для використання КМ елементів конструкції агрегатів	15
2	Особливості балансування елерону	20
3	Вплив навантаження на жорстку проводку на її частотні характеристики	15
4	Оцінка впливу геометрії крила та його жорсткості на згин і скручування на підйомну силу крила	15
5	Особливості формування КТР фюзеляжу в місцях неоднорідності	36
6	Тепловий розрахунок супутників на кругових орбітах	40
7	Тепловий захист реактивних двигунів	25
8	Балансування літака та побудова епюр внутрішніх силових факторів (РГР)	10
	Разом	176

9. Індивідуальні завдання

Балансування літака в умовах обмеженого вертикального пориву під час крейсерського польоту.

10. Методи навчання

Очні лекційні та практичні заняття.

11. Методи контролю

Поточний контроль модульний, по одному питанню за модуль (письмово-усний). Усього за курс три модулі. За результатами модульного контролю вираховують середнє арифметичне значення. Якщо загальний результат модульного контролю незадовільний (менше 60 балів), то студенту зараховується заборгованість за курс, яку треба погасити під час іспиту. Якщо студента не влаштовує отримана кількість балів, то він може спробувати отримати більше під час іспиту. Для підвищення результатів допускається одна спроба (у разі невдалої спроби як остаточний фіксується результат модульного контролю).

Остаточний контроль – іспит (письмово-усний).

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів*
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання лабораторних робіт	0...2	4	0...8
Модульний контроль	0...100	1	0...100
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	3	0...3
Виконання лабораторних робіт	0...2	1	0...2
Модульний контроль	0...100	1	0...100
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання практичних робіт	0...2	4	0...8
Модульний контроль	0...100	1	0...100
Змістовний модуль 4			
Робота на лекціях	0...1	4	0...4
Виконання лабораторних робіт	0...2	1	0...2
Модульний контроль	0...100	1	0...100
Виконання і захист РГР	0...2	1	0...2
Усього за семестр**			0...100

* – для допуску до контролю необхідно набрати максимальні поточні бали за лабораторні роботи та РГР; поточні бали за лекційні заняття можуть складати 70% від максимального значення;

** – підсумкові бали за семестр розраховані як середнє арифметичне результатів модульного контролю змістовних модулів.

Семестровий контроль (іспит/залік) проводиться у разі незадоволення студента балами поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Білет для іспиту/заліку складається з чотирьох теоретичних питань. Кожне питання оцінюється за 100 бальною системою. Оцінка за іспит визначається за середнім арифметичним значенням.

Остаточна оцінка за курс обирається за максимальним результатом підсумку модульного контролю та іспиту (у конкурсі балів використовується підсумковий бал модульного контролю).

12.2. Якісні критерії оцінювання

Для одержання позитивної оцінки необхідно знати:

- функціональне призначення несучих поверхонь;
- класифікацію несучих поверхонь за геометричними ознаками
- область використання різних моделей несучих поверхонь;
- функціональний зв'язок елементів солової конструкції несучих поверхонь;
- технологічне обмеження на використання певних компоновок несучих поверхонь ЛА;
- особливості функціонування оперення, і як впливають призначення ЛА та компоновка оперення на вимоги до нього;
- вимоги до фюзеляжу та корпусу ЛА;
- методику проектування монококового відсіку;
- методику проектування напівмонококового відсіку;
- вимоги до композитного матеріалу в залежності від зовнішніх умов;
- методи захисту відсіку від сплюснення на згин;
- методи боротьби з перегрівом конструкції ЛА;
- методи боротьби із зледенінням конструкції ЛА;
- методи боротьби із статичним зарядом;
- методи підвищення стійкості конструкції ЛА та захисту екіпажу та пасажирів від розряду блискавки.

Для одержання позитивної оцінки необхідно вміти:

- обирати коректну розрахункову схему для проектування елементів крила;
- підбирати сумісні матеріали (за межею деформації та іншими ознаками);
- визначати параметри силового набору крила;
- проектувати нервюри крила;
- компоновати вузли навішування елементів механізації та управління несучих поверхонь;
- проектувати стикувальні вузли несучих поверхонь;
- проектувати окантування люків та вирізів;

- проектувати елерон і силову проводку до нього;
- балансувати літальний апарат за траєкторними перевантаженнями;
- визначення приведеного навантаження на відсік;
- проектувати монококовий відсік;
- проектувати напівмонококовий відсік;
- коректувати параметри відсіку задля недопущення сплюснення на згин;
- формулювати задачу для теплового розрахунку при несталому теплообміні;
- проводити тепловий розрахунок по кінцево-різницеvй схемі.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Вміти користуватися балковою, стержневою моделями та моделлю циліндричної оболонки для проектування, але не вміти знайти відповідність між реальним об'єктом та його моделлю. Вміти отримати результати розрахунків параметрів компонентів конструкції, але не вміти використати результати для формування образу конструкції, розподілу матеріалу між компонентами, враховувати технологічні та експлуатаційні обмеження. Не вміти пояснити вибір варіанту рішення.

Добре (75 - 89). Вміти користуватися балковою, стержневою моделями та моделлю циліндричної оболонки для проектування, вміти знаходити відповідність між реальним об'єктом та його моделлю. Вміти отримати результати розрахунків параметрів компонентів конструкції, але мати утруднення з використанням результатів для формування образу конструкції, розподілу матеріалу між компонентами. Користуватись обмеженими варіантами прийомів конструювання.

Відмінно (90 - 100). Вміти користуватися моделями для проектування різних елементів конструкції із КМ, легко знаходити відповідність між реальним об'єктом та його моделлю. Вміти підбирати найбільш відповідні моделі та навантаження. Формувати обмеження по жорсткості та міцності відповідно до умов експлуатації. Вміти отримати результати розрахунків параметрів компонентів конструкції, та використовувати результати для формування образу конструкції, а також розподілу матеріалу між компонентами. Вміти пояснити рішення, та за необхідністю обирати компромісні варіанти.

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	Не зараховано

13. Методичне забезпечення

Вказати електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни, який включає в себе:

Обов'язкові складові:

- робоча програма дисципліни;
 - конспект лекцій, підручники (навчальні посібники), в тому числі в електронному вигляді, які за змістом повністю відповідають робочій програмі дисципліни;
 - методичні вказівки та рекомендації для виконання курсових робіт та проектів, розрахункових та розрахунково-графічних робіт, лабораторних та практичних робіт, а також рекомендації для самостійної підготовки;
 - тематики індивідуальних завдань;
 - приклади розв'язування типових задач чи виконання типових завдань;
 - питання, тести для контрольних заходів;
 - каталоги інформаційних ресурсів;
- Додаткові складові НМКД (за необхідністю):
- збірники ситуативних завдань (кейсів);
 - комп'ютерні презентації;
 - ілюстративні матеріали (плакати, таблиці тощо).

14. Рекомендована література

Базова

1. Проектирование корпусов летательных аппаратов из композиционных материалов. Учеб. пособие/ Гайдачук В.Е., Карпов Я.С., Кириченко В.В., Кравец В.Н. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1982. – 85 с.
2. Гребеньков О.А. Конструкция самолетов: Учеб. пособие для авиационных вузов. – М.: Машиностроение, 1984. – 240 с.
3. Голубев И.С., Самарин А.С. Проектирование конструкций летательных аппаратов: Учеб. для втузов. – М.: Машиностроение, 1991. – 511 с.
4. Кириченко В.В. Расчет на прочность элементов конструкций из композиционных материалов: Учеб. пособие по курсовому проектированию. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 1996. – 41 с.
5. Кан С.Н., Свердлов И.А. Расчет самолета на прочность. – М.: ВНИИПП, 1966. – 520 с.
6. Проектирование конструкций самолетов: Учебник для студентов вузов, обучающихся по специальности «Самолетостроение»/ Е.С. Войт, А.И. Ендогур, З.А. Мелик-Саркисян, И.М. Алявдин. – М.: Машиностроение, 1987. – 416 с.
7. Виноградов И.Н. Конструкция и расчет самолета на прочность. Под ред. В.П. Ветчинкина. – Л.: ОНТИ, 1935. – 564 с.
8. Житомирский Г.И. Конструкция самолетов: Учебник для студентов авиационных специальностей вузов. – М.: Машиностроение, 1991. – 400 с.
9. Шульженко М.Н., Мостовой А.С. Курс конструкций самолетов. Изд. 2-е. – М.: Машиностроение, 1965. – 562 с.
10. Проектирование и конструктивно-технологические решения лонжеронного крыла из композиционных материалов/ Я.С. Карпов, Ф.М. Гагауз, П.М. Гагауз. – Учеб. пособие. – Х.: Харьк. авиац. ин-т, 2004. – 143 с.
11. Гроссман Е.П. Курс вибраций частей самолетов. – М.: ОБОРОНГИЗ, 1940. – 311 с.
12. Проектирование и конструирование изделий из композиционных материалов. Теория и практика [Текст]: учебник / П.М. Гагауз, Ф.М. Гагауз, Я.С. Карпов, С.П. Кривенда; под общ. ред. Я.С. Карпова. – Х.: Нац. аэрокосм. ун-т им. Н.Е. Жуковского «Харьк. авиац. ин-т», 2015. – 672 с.

Допоміжна

1. Альхимович Н.В., Попов Л.С. Моделирование флаттера самолета в аэродинамических трубах. Труды ЦАГИ №623. – М.: Бюро Новой Техники, – 1947. – 42 с.
Доннелл Л.Г. Балки, пластины и оболочки. – М.: Наука, 1982. – 568 с.
2. Малмейстер А.К., Тамуж В.П., Тетерс Г.А. Сопротивление жестких полимерных материалов. – Рига: Зинатне, 1967. – 390 с.
3. Композиционные материалы: В 8-ми т. Пер с англ./ Под ред. Л. Браутмана, П. Крока. – Т.7. Анализ и проектирование конструкций. Ч.1/ Под ред. К. Чамиса. – М.: Машиностроение, 1978. – 300 с.
4. Немировский Ю.В., Резников Б.С. Прочность элементов конструкций из композитных материалов. – Новосибирск: Наука, 1986. – 166 с.
5. Зайцев В.Н., Рудаков В.Л. Конструкция и прочность самолетов. Изд. 2-е. – К.: Вища школа, 1978. – 488 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри <http://k403.khai.edu>