

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”
Кафедра № 102 Міцності літальних апаратів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми


Віталій МІРОШНІКОВ
« » 2023 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Аеропружність конструкцій

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 Механічна інженерія

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 131 Прикладна механіка

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Динаміка та міцність машин

(найменування спеціалізації)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2023 рік

Робоча програма Аеропружність конструкцій

для студентів за спеціальністю 131 Прикладна механіка

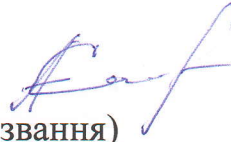
освітня програма Динаміка та міцність машин

«22» серпня 2023 р., – 11 с.

Розробник:

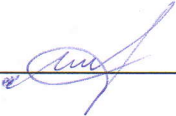
Кирпикін А.О., к.т.н., доцент

(автор, посада, наукова ступень та вчене звання)



Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри міцності літальних апаратів
Протокол № 1 від «23» 08 2023р.

Завідувач кафедри міцності літальних апаратів д.т.н., професор



Віталій Мірошніков

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
		Денна форма навчання
Кількість кредитів – 4.0	Галузь знань: <u>13 Механічна інженерія</u> Спеціальність: <u>131 Прикладна механіка</u> Освітня програма: <u>Динаміка та міцність машин</u>	Обов'язкова
Модулів – 1		Навчальний рік:
Змістових модулів – 2		2023/2024
Індивідуальне науково-дослідне (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 48/120		1-й
		Лекції*
	16	
	Практичні	
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,0 самостійної роботи студента – 4,5	Рівень вищої освіти: <u>другий (магістерський)</u>	32
		Лабораторні
		Самостійна робота
		72 год.
		Вид контролю
		іспит

Примітка. Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить: для денної форми навчання – 48/72.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення – підготовка магістрів до вирішення інженерних задач аеропружності щодо забезпечення необхідного рівня льотної придатності, міцності і довговічності, що виникають на стадіях проектування, виробництва і експлуатації повітряних суден.

Завдання - вивчення студентами вимог Норм льотної придатності, методів розрахунків навантажень та аеропружних характеристик конструкцій при експлуатаційних та розрахункових навантаженнях, визначення критеріїв міцності і довговічності, жорсткості та параметрів небезпечних коливань.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- Норми льотної придатності повітряних суден;
- розрахункові випадки навантаження, що регламентовані Нормами льотної придатності;
- фізичну суть явищ аеропружності, основні поняття та класифікацію явищ аеропружності;
- зовнішні навантаження і методи їх розрахунків;
- методи розрахунків динамічних характеристик ЛА;
- методи розрахунків статичних та динамічних явищ аеропружності в експлуатації;
- пружні властивості конструкції;
- характеристики власних, вимушених коливань та автоколивань.

вміти:

- виконувати розрахунки аеропружних характеристик;
- виконувати розрахунки навантажень на основні агрегати літака;
- виконувати проектувальний і перевірочний розрахунки планеру ЛА;
- визначати жорсткісні характеристики конструкції;
- виконувати розрахунки критичних швидкостей флатеру, дивергенції, реверсу рульових поверхонь.

повинен мати уявлення:

- про застосування рівнянь аеропружності для моделювання функціонування ЛА та силової конструкції на критичних режимах.

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Аеропружність ЛА

Змістовий модуль 1. Основи аеропружності та механіка пружних систем

Тема 1. Основи механіки пружних систем

Предмет вивчення і задачі дисципліни. Явища аеропружності. Класифікація явищ аеропружності. Статична та динамічна аеропружність.

Деформація конструкції від дії статичних навантажень. Основні співвідношення теорії пружності. Коефіцієнти впливу та жорсткості, їх властивості. Пружні властивості прямих та стрілоподібних крил великого подовження. Пружні властивості плоских та об'ємних систем. Види схематизації пружного ЛА.

Тема 2. Аеродинамічні моделі ЛА

Аеродинамічні моделі ЛА. Наближені методи визначення аеродинамічних характеристик. Гіпотеза квазістаціонарності.

Тема 3. Динамічні характеристики ЛА

Узагальнені координати та рівняння Лагранжа. Метод заданих форм. Власні форми коливань вільної пружної конструкції. Симетричні та косиметричні форми власних коливань. Визначення нормальних функцій та частот власних коливань для пружних моделей різного рівня. Ортогональність власних форм.

Тема 4. Рівняння аеропружності. Динаміка та навантаження конструкції

Рівняння лінійної нестационарної аеропружності. Диференційне рівняння руху. Динамічні характеристики пружного ЛА. Динамічне навантаження конструкції. Вібрації літального апарату та його частин, їх види. Вимушені коливання. Автоколивання. Параметричні коливання.

Змістовий модуль 2. Дослідження явищ аеропружності

Тема 5. Явища статичної аеропружності

Статична аеропружність. Деформація прямого та стрілоподібного крила. Явище аеропружної дивергенції. Критична швидкість дивергенції прямого крила. Вплив параметрів на критичну швидкість дивергенції.

Тема 6. Ефективність несучих поверхонь

Ефективність органів керування. Реверс елеронів. Критична швидкість реверса. Параметри, що впливають на реверс. Ефективність хвостового оперення. Статична стійкість пружного літака. Вплив пружності конструкції на стійкість та керованість ЛА.

Тема 7. Динамічна аеропружність

Динамічна аеропружність. Власні коливання ЛА. Розрахункові моделі. Згинальні та крутильні коливання крила. Згинальні та крутильні коливання лопаті несучого гвинта. Сумісні згинно-крутильні коливання. Коливання вільного ЛА. Розрахунок форм та частот власних коливань. Фізичні основи флатеру. Види флатеру. Рівняння флатеру. Згинально-крутильний флатер крила. Згинально-елеронний флатер крила. Флатер несучого гвинта. Маховий флатер.

Критична швидкість флатеру. Параметри, що впливають на характеристики флатеру. Автоколивання вільно-орієнтованого колеса шасі типу шимі. Критична швидкість шимі. Параметри, що впливають на шимі.

Тема 8. Аеропружні коливання

Динамічна аеропружна реакція літального апарату на зовнішній вплив. Динаміка літального апарату в умовах атмосферної турбулентності. Аеропружні коливання літального апарату при зривному обтіканні несучих поверхонь. Бафтинг, його види. Коливання ЛА при русі по нерівному аеродрому.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
л		лаб.	пр.	с.р.	
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Основи аеропружності та механіка пружних систем					
Тема 1. Основи механіки пружних систем	14	2		4	8
Тема 2. Аеродинамічні моделі ЛА	16	2		4	10
Тема 3. Динамічні характеристики ЛА	14	2		4	8
Тема 4. Рівняння аеропружності. Динаміка та навантаження конструкції	16	2		4	10
Разом зі змістовим модулем 1	60	8		16	34
Змістовий модуль 2. Дослідження явищ аеропружності					
Тема 5. Явища статичної аеропружності	16	2		4	10
Тема 6. Ефективність несучих поверхонь	14	2		4	8
Тема 7. Динамічна аеропружність	16	2		4	10
Тема 8. Аеропружні коливання	14	2		4	8
Разом зі змістовим модулем 2	60	8		16	36
Усього годин	120	16		32	72

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не плануються	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Врахування стислості повітря на аеродинамічні характеристики	2
2	Розрахунок кута атаки з урахуванням стислості повітря	2
3	Розрахунок центру тиску профілю з урахуванням стислості повітря	2
4	Розрахунок аеродинамічного фокусу профілю з урахуванням стислості повітря	2
5	Розподіл масових характеристик за розмахом консолі крила	2
6	Розподіл жорсткості на згін за розмахом консолі крила	2
7	Розподіл жорсткості на крутіння за розмахом консолі крила	2
8	Модуль № 1	2
9	Визначення пружних прогинів крила графоаналітичним методом	2
10	Визначення кутів закручування крила графоаналітичним методом	2
11	Визначення пружних прогинів крила аналітичними методами	2
12	Згинні коливання з одним ступенем вільності	2
13	Вільні згинні коливання консолі крила з двома степенями вільності	2
14	Підготовка даних до розрахунку дивергенції крила	2
15	Розрахунок дивергенції крила	2
16	Модуль № 2	2
	Усього годин	32

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кільк. год.
1	Не плануються	

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основи механіки пружних систем. (Тема 1)	10
2	Аеродинамічні моделі ЛА. (Тема 2)	8
3	Динамічні характеристики ЛА. (Тема 3)	10
4	Рівняння аеропружності. Динаміка та навантаження конструкції. (Тема 4)	8
5	Явища статичної аеропружності. (Тема 5)	10
6	Ефективність несучих поверхонь. (Тема 6)	8
7	Динамічна аеропружність. (Тема 7)	8
8	Аеропружні коливання. (Тема 8)	10
	Разом	72

9. Індивідуальні завдання

Виконання розрахункової роботи на тему «Розрахунок дивергенції крила»

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних робіт, індивідуальних консультацій, самостійна робота студентів.

11. Методи контролю

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

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...10	4	0...40
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист лабораторних (практичних) робіт	0...10	4	0...40
Модульний контроль	0...10	1	0...10
Усього за семестр			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 отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з чотирьох теоретичних питань, кожне яких оцінюється в двадцять п'ять балів.

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Показати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання. Знати: основні етапи сертифікації авіаційної техніки; структуру та зміст Норм льотної придатності; основні види випробувань авіаційної техніки при сертифікації.

Добре (75-89). Твердо знати мінімум знань. Показати вміння виконувати та захищати всі практичні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Знати: основні органи та організації, що приймають участь в сертифікації; основні етапи сертифікації авіаційної техніки; структуру та зміст Норм льотної придатності; основні види випробувань авіаційної техніки при сертифікації; умови для видачі Сертифікату типу, Сертифікату льотної придатності; умови сертифікації при авіаційної техніки що експортується або імпортується.

Відмінно (90-100). Здати всі контрольні точки з оцінкою «відмінно». Досконально знати всі теми з основного та додаткового матеріалу та уміти застосовувати їх.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

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

1. Онищенко В.М. Динамическая реакция крыла самолета на действие атмосферной турбулентности.- Учебное пособие. Харьков: ХАИ, 2016. – 102с.
2. Онищенко В.М. Свободные и вынужденные колебания конструкции ЛА.- Учебное пособие, Харьков: ХАИ, 2016. – 101 с.
3. Онищенко В.М. Расчет резонансной диаграммы лопасти несущего винта в процессе проектирования.- Учебное пособие, Харьков: ХАИ, 2017. – 106 с.
4. Кирп'юк А.О. Розрахунок дивергенції крила.- Навчальний посібник, Харків: ХАІ, 2023,- 50с.

14. Рекомендована література

1. Кузнецов О.А. Динамические нагрузки на самолет [Текст] / О.А. Кузнецов. – М.: Изд-во физ.-мат. лит., 2008. – 264 с.
2. Бисплингхофф Р.Л., Эшли Х., Халфмэн Р.Л. Аэроупругость.-М.: ИЛ, 1958.
3. Бидерман В.Л. Прикладная теория механических колебаний. - М.: Высш. школа, 1972. - 418 с.

15. Інформаційні ресурси

Сайт кафедри k102@d1.khai.edu