

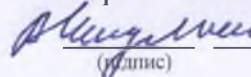
104

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут ”

Кафедра аерогідродинаміки (№ 101)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми/

 **Валерій СІКУЛЬСЬКИЙ**
(підпис) (ініціали та прізвище)

«_____» _____ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Льотні випробування авіаційної техніки
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: _____ **13 «Механічна інженерія»**
(шифр і назва галузі знань)

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

Освітня програма: _____ **«Випробування та сертифікація літальних апаратів»**
(найменування освітньої програми)

Рівень вищої освіти: другий (магістерський) рівень,

Харків
2021 рік

Розробник: Сергій ЄРЬОМЕНКО, доцент каф. 101, к.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

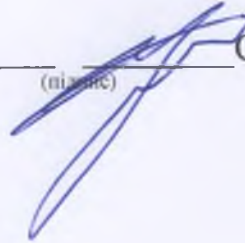
Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри аерогідродинаміки

(назва кафедри)

Протокол № 21/22-02 _____ від «28» 08 2021 р.

Завідувач кафедри к.т.н. _____

(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Сергій ЄРЬОМЕНКО

(ініціали та прізвище)

Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни
		денна форма навчання
Кількість кредитів – 5	Галузь знань 13 «Механічна інженерія» (шифр і назва)	Нормативна (за вибором)
	Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка» (шифр і назва)	
Модулів – 2	Освітня програма: « <u>Випробування та сертифікація літальних апаратів</u> »	Навчальний рік
Змістових модулів – 6		2021/ 2022
Індивідуальне завдання «Визначення перевантаження ЛА на різних режимах польоту» (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 32/150		10-й
Тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 2 самостійної роботи студента – 7,3	Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Лекції
		16 год.
		Практичні, семінарські
		16 год.
		Лабораторні
		—
		Самостійна робота
		118 год.
		Вид контролю: модульний контроль, іспит

1. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Льотні випробування авіаційної техніки» є отримання знань студентами визначення основних методів льотно-технічних характеристик, злітно-посадочних характеристик і характеристик маневреності літального апарату, сформувані у студентів міцну теоретичну базу з теоретичних основ і практичних підходів у підготовці та проведенні льотних випробувань літальних апаратів, що дозволить їм успішно вирішувати поставлені задачі в їх подальшій професійній діяльності.

Основними **завданнями** вивчення дисципліни «Льотні випробування авіаційної техніки» є отримання знань методики проведення льотних випробувань і оцінки льотно-технічних характеристик літальних апаратів та їх систем.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

знати:

- аеродинамічні характеристики літальних апаратів;
- основи теорії стійкості і керованості літальних апаратів;
- методики проведення льотних випробувань літальних апаратів та їх систем;
- методики оцінки льотно-технічних характеристик літальних апаратів;
- особливості виконання здавальних та контрольних-приймальних польотів на серійних заводах.

вміти:

- визначати експлуатаційні обмеження льотно-технічних характеристик досліджуваного літального апарату;
- аналізувати, отримані в ході льотних випробувань, дані і давати рекомендації льотному складу;
- давати оцінку льотно-технічними характеристиками літального апарату;
- давати рекомендації з розробки інструкції екіпажу.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких **компетентностей**:

- Здатність приймати обґрунтовані рішення.
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.
- Здатність використовувати теорії динаміки польоту та керування при проектуванні об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Здатність використовувати положення гідравліки, аеро- та газодинаміки для опису взаємодії тіл з газовим і гідравлічним середовищем.
- Здатність проектувати та здійснювати випробування елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки, її обладнання, систем та підсистем.

- Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій та спеціалізованого програмного забезпечення при навчанні та у професійній діяльності.
- Дотримуватися вимог галузевих нормативних документів щодо процедур проектування, виробництва, випробування та (або) сертифікації елементів та об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки на всіх етапах їх життєвого циклу.
- Пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про методи забезпечення стійкості та керованості авіаційної та ракетно-космічної техніки.
- Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газодинаміки).

Пререквізити: «Математика», «Фізика», «Теоретична механіка», «Термодинаміка і теплопередача», «Аерогідродинаміка», «Аеродинаміка ЛА», «Динаміка польоту» та ін.

Кореквізити: «Системи управління літальних апаратів», «Конструкція і міцність літальних апаратів» та ін.

2. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Теоретичні основи льотних випробувань ЛА.

Тема 1. Класифікація літальних апаратів.

Класифікація літальних апаратів. Класифікація літальних апаратів ФАІ.

Тема 2. Теоретичні основи льотних випробувань ЛА.

Теоретичні основи льотних випробувань ЛА. Етапи створення дослідних зразків авіаційної техніки. Сучасний АК. Структура і особливості. Особливості експлуатації сучасного АК.

Тема 3. Системи координат.

Нормальна система координат Ox_gYgZg . Пов'язана система координат $OXYZ$. Швидкісна система координат Ox_aYaZa . Траєкторні система координат Ox_kYkZk . Системи координат за міжнародним стандартом ІСО.

Тема 4. Фактори, що враховуються при льотних випробуваннях. методологічні сліdstва.

Фактори, що враховуються при льотних випробуваннях. методологічні сліdstва. Області досліджуваних параметрів руху і режимів польотів ЛА. Вимоги до стійкості і керованості ЛА і ефективності АК. Загальні принципи оцінки динамічних властивостей і керованості ЛА при виконанні льотних випробувань. Загальні принципи встановлення експлуатаційних обмежень. Приведення льотних характеристик до стандартних атмосферних і розрахунковим умовам польоту). Приведення льотних характеристик до стандартних атмосферних і розрахунковим умовам польоту

Тема 5. Моделі руху ЛА.

Спрощені математичні моделі руху ЛА. Рівняння руху ЛА в траєкторній СК при русі у вертикальній площині. Рівняння руху ЛА в траєкторній СК при русі в горизонтальній площині. Модель стандартної атмосфери. Приведення ЛТХ до умов МСА. Загальна стратегія проведення льотних випробувань.

Змістовий модуль 2. Наземна підготовка льотних випробувань ЛА.

Тема 6. Перший виліт досвідченого ЛА.

Перший виліт досвідченого ЛА. Характер робіт, що проводяться. Програма льотних випробувань ЛА. Нівелювання, обмір, зважування ЛА. Визначення ЦМЛА і його моментів інерції. Визначення характеристик системи управління ЛА. Тренажі льотного складу. Руління, пробіжки, підльоти. Перший виліт ЛА

Змістовий модуль 3. Основні типові маневри, що застосовуються в льотних випробуваннях, методи їх виконання.

Тема 7. Основні типові маневри, що застосовуються в льотних випробуваннях.

Основні типові маневри, що застосовуються в льотних випробуваннях. Майданчик. Зубці. Імпульс. Дача. Перекладання рулів. Віраж-спіраль. Розгін. Гальмування. Ступінчастий розгін. Стале ковзання.

Змістовий модуль 4. Визначення льотних характеристик ЛА.

Тема 8. Визначення льотних характеристик ЛА.

Визначення льотних характеристик ЛА. Методи визначення аеродинамічних і сумарних поправок ПВД. Визначення максимальної швидкості польоту ЛА з ТРД. Визначення максимальної швидкості польоту ЛА з ТВД. Визначення найвигіднішої швидкості набору висоти. Визначення скоропідйомності і практичної стелі. Визначення максимальної дальності польоту. Визначення максимальної тривалості польоту.

Змістовий модуль 5. Визначення злітно-посадочних характеристик ЛА.

Тема 9. Визначення злітно-посадочних характеристик ЛА.

Якісна оцінка злітно-посадочних властивостей ЛА. Методи визначення злітно-посадочних характеристик. Візуальний метод. Оптичний метод. Радіолокаційний метод. Метод злітно-посадкових фотокамер. Метод лічильника обертів коліс. Метод інтегрування швидкостей і перевантажень. Порядок проведення льотних випробувань при визначення злітно-посадочних характеристик. Засоби скорочення злітної і посадкової дистанцій і методи їх оцінки. Особливості визначення злітно-посадочних характеристик на ґрунтових, металевих і вузьких ВПП.

Змістовий модуль 6. Визначення характеристик стійкості і керованості ЛА

Тема 10. Стійкість і керованість ЛА

Статична стійкість ЛА. Динамічна стійкість ЛА. Керованість ЛА.

Тема 11. Визначення характеристик стійкості і керованості ЛА

Статичні характеристики поздовжньої стійкості і керованості. Динамічні характеристики поздовжньої стійкості і керованості. Статичні характеристики керованості ла при зміні режиму роботи двигуна, випуск шасі і механізації крила, скиданні підвісок (вантажів). Статичні характеристики бічної стійкості і керованості. Динамічні характеристики бічної стійкості і керованості. Особливості динаміки і керованості сучасних літаків і методи їх оцінки. Визначення характеристик стійкості і керованості на граничних режимах і в особливих випадках польоту.

Тема 12. Оцінка стійкості і керованості ЛА.

Оцінка стійкості і керованості літака на великих перевантаженнях. Оцінка стійкості і керованості літака на великих кутах атаки. Оцінка стійкості і керованості літака з випущеної механізацією задньої кромки крила на малих і негативних кутах атаки. Оцінка стійкості і керованості літака при відмовах двигунів.

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	лаб	п	с.р.
1	2	3	4	5	6
Змістовий модуль 1.					
Тема 1. Класифікація літальних апаратів.	6	1		1	4
Тема 2. Теоретичні основи льотних випробувань ЛА.	6	1		1	4
Тема 3. Системи координат.	5	1			4
Тема 4. Фактори, що враховуються при льотних випробуваннях. методологічні слідства.	5	1			4
Тема 5. Моделі руху ЛА.	5	1			4
Разом за змістовим модулем 1	27	5		2	20
Змістовий модуль 2.					
Тема 6. Перший виліт досвідченого ЛА.	19	1			18
Разом за змістовим модулем 2	19	1		—	18
Змістовий модуль 3.					
Тема 7. Основні типові маневри, що застосовуються в льотних випробуваннях.	24	2		2	20
Разом за змістовим модулем 3	24	2		2	20
Змістовий модуль 4.					
Тема 8. Визначення льотних характеристик ЛА.	26	2		4	20
Разом за змістовим модулем 4	26	2		4	20
Змістовий модуль 5.					
Тема 9. Визначення злітно-посадочних характеристик ЛА.	24	2		2	20
Разом за змістовим модулем 5	24	2		2	20
Змістовий модуль 6.					
Тема 10. Стійкість і керованість ЛА	11	2		2	7
Тема 11. Визначення характеристик стійкості і керованості ЛА	10	1		2	7
Тема 12. Оцінка стійкості і керованості ЛА.	9	1		2	6
Разом за змістовим модулем 6	30	4		6	20

Усього годин	150	16		16	118
ІНДЗ					30
Усього годин	150	16		16	118

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1		
2		
	Разом:	-

6. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Разом:	

7. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахунок геометричних, масових та аеродинамічних характеристик літального апарату.	1
2	Розрахунок і побудова наближеної польотної, злітної і посадкової поляр.	1
3	Розрахунок льотних характеристик літального апарату методом тяг.	1
4	Розрахунок повітряного гвинта	1
5	Розрахунок льотних характеристик літального апарату методом потужностей.	1
6	Розрахунок характеристик силової установки літального апарату з ТВД.	1
7	Розрахунок характеристик силової установки літального апарату з ТРД.	1
8	Модуль №1	1
9	Розрахунок характеристик силової установки літального апарату з ПД.	1
10	Розрахунок характеристики набору висоти літального апарату.	1
11	Визначення статичної та динамічної стелі	1
12	Розрахунок дальності та тривалості польоту літального апарату.	1

13	Розрахунок маневреності ЛА	1
14	Розрахунок злітної дистанції ЛА	1
15	Розрахунок посадкової дистанції ЛА	1
16	Модуль №1	1
	Разом:	16

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Класифікація літальних апаратів.	4
2	Тема 2. Теоретичні основи льотних випробувань ЛА.	4
3	Тема 3. Системи координат.	4
4	Тема 4. Фактори, що враховуються при льотних випробуваннях. методологічні слідства.	4
5	Тема 5. Моделі руху ЛА.	4
6	Тема 6. Перший виліт досвідченого ЛА.	18
7	Тема 7. Основні типові маневри, що застосовуються в льотних випробуваннях.	20
8	Тема 8. Визначення льотних характеристик ЛА.	20
9	Тема 9. Визначення злітно-посадочних характеристик ЛА.	20
10	Тема 10. Стійкість і керованість ЛА	7
11	Тема 11. Визначення характеристик стійкості і керованості ЛА	7
12	Тема 12. Оцінка стійкості і керованості ЛА.	6
	Разом:	118

9. Індивідуальні завдання

З навчальної дисципліни «Льотні випробування авіаційної техніки» передбачено розрахункову роботу за темою «Визначення перевантаження ЛА на різних режимах польоту».

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, практичних занять, та індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), та підручниками.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю (проводиться на заняттях, відведених на практичні та лабораторні роботи), фінальний контроль у вигляді іспиту.

12. Розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття	Кількість занять	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	-	8	-
Виконання практичних робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...25	1	0...20
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	-	8	-
Виконання практичних робіт	0...5	4	0...20
РР	0...20	1	0...20
Модульний контроль	0...25	1	0...20
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з 2 теоретичних запитань, та однієї задачі. За повну правильну відповідь на перше та друге запитання студент отримує 20 та 23 балів відповідно. За повну правильну відповідь на останнє запитання – 21 балів.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- аеродинамічні характеристики літальних апаратів;
- основи теорії стійкості і керованості літальних апаратів;
- методики проведення льотних випробувань літальних апаратів та їх систем;
- методики оцінки льотно-технічних характеристик літальних апаратів;
- особливості виконання здавальних та контрольно-приймальних польотів на серійних заводах.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

1. визначати експлуатаційні обмеження льотно-технічних характеристик досліджуваного літального апарату;
2. аналізувати, отримані в ході льотних випробувань, дані і давати рекомендації льотному складу;
3. давати оцінку льотно-технічними характеристиками літального апарату;
4. давати рекомендації з розробки інструкції екіпажу.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати усі лабораторні заняття. Мати загальну уяву про основні моделі руху та закони руху літального апарату; характеристики маневреності літака; орієнтуватися у темах лекційного матеріалу.

Добре (75-89). Вільно володіти лекційним матеріалом. Мати навички самостійного виконання розрахунків. Вміти опрацьовувати отримані результати. Виконати та належним чином оформити усі лабораторні роботи.

Відмінно (90-100). В повному обсязі володіти лекційним та додатковим матеріалом. Виконав та належно оформив усі лабораторні роботи. Вміти аналізувати та робити висновки з отриманих результатів. Орієнтуватися у підручниках та посібниках.

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

1. Семенчин В.А., Захаренко В.А., Чмовж В.В. Аэродинамика и динамика полета. Конспект лекций. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 381 с.
2. Остославский И.В., Стражева И.В. Динамика полета. Траектории летательных аппаратов. Оборонгиз, Москва - 1963 г, 430с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Остославский И.В., Стражева И.В. Динамика полета Устойчивость и управляемость летательных аппаратов. Оборонгиз, Москва - 1965г., 467с.
2. Ковалев Е.Д., Политучий И.В., Удовенко В.А. Основы аэродинамики и динамики полета легких вертолетов – Учебное пособие. Харьков, 2008. – 280 с.
3. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. - М.: Наука, 1985. – 440 с.
4. Курочка Г.П. Льотно-технічні характеристики, поздовжня стійкість і керованість літака. Навчальний посібник. Харків, «ХАІ», 1999 р., 188 с.

5. Гудков А.И., Лешаков П.С. Методы и техника лётных испытаний самолётов на прочность. Машиностроение, 1972.
6. Котик М.Г., Павлов А.В., Пашковский И.М., Щитаев Н.Г. Лётные испытания самолёта. 2-е издание. Машиностроение, 1968.
7. Котик М.Г. Динамика штопора самолёта. Машиностроение, 1976.
8. Котик М.Г.. Критические режимы сверхзвукового самолёта. Машиностроение, 1967.
9. Котик М.Г., Филиппов В.В. Полёт на предельных режимах. Воениздат, 1970.
10. Павлов А.В. Аппаратура и методы измерений при лётных испытаниях самолётов, 1967.

Допоміжна

11. Аэрогидродинамика. Ч. 1 / В.В. Чмовж. – Конспект лекций. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2006. – 193 с.
12. Грайворонский В.А., Захаренко В.А., Чмовж В.В. Аэродинамика вертолета. Учебное пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. Авиац. ин-т», 2013. – 200 с.
13. Грайворонский В.А. Аэродинамика вертолёта. Основные режимы работы винта. Харьков: ХАИ, 1981. – 65 с.
14. Лысенко Н.М. Практическая аэродинамика манёвренных самолётов. Военное издательство МО СССР, 1977.
15. Остославский И.В., Стражева И.В. Динамика полёта. Устойчивость и управляемость летательных аппаратов. Машиностроение, 1965.
16. Снешко Ю.И. Исследования в полёте устойчивости и управляемости самолёта. Машиностроение, 1971.
17. Ковалёнок В.В. Аэродинамика и динамика полёта транспортных самолётов. ВВИА им. Проф. Н.Е. Жуковского, 2007.
18. Ништ М.И. Аэродинамика и динамика полёта манёвренных самолётов. ВВИА им. Проф. Н.Е. Жуковского, 2006.

15. Інформаційні ресурси

<https://library.khai.edu>