


401

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

Кафедра аерогідродинаміки (№ 101)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми
 Олександр ЦИРЮК
(підпис) (ініціали та прізвище)

«___/___» _____ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Аеродинаміка літального апарату

(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: «Ракетні та космічні комплекси»
(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)

Харків 2021 рік


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


(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри аерогідродинаміки (№ 101)
(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)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 3	Галузь знань: <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і найменування) Спеціальність: <u>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</u> (код і найменування) Освітня програма: <u>«Ракетні та космічні комплекси»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2021/2022
Індивідуальне завдання «Розрахунок аеродинамічних характеристик ЛА» (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 48 / 90		5-й
		Лекції*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 2,625		24 години
		Практичні, семінарські*
		годин
		Лабораторні*
	24 години	
	Самостійна робота	
	42 години	
	Вид контролю	
	модульний контроль, залік	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
48 / 42.

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

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета вивчення дисципліни: дати студентам знання основних законів аерогідродинаміки, ролі й місця теоретичних та експериментальних досліджень, обчислювального експерименту, вплив аерогідродинаміки на формування зовнішнього вигляду літального апарату (ЛА), перспектив розвитку аерогідродинаміки.

Завдання вивчення дисципліни: дати студентам знання методів розрахунку аеродинамічних характеристик ЛА та їхніх елементів, вміння аналізувати особливості аеродинамічного конструювання і аеродинамічних характеристик літаків та вертольотів.

Предметом вивчення дисципліни є аеродинамічні сили і моменти, які виникають при впливі повітря (газу) на обтічне тіло, аеродинамічні характеристики літального апарату і його частин.

Науковою основою аерогідродинаміки є фундаментальні теореми і положення механіки та газової динаміки, які відображають об'єктивні закони стану, руху і збереження енергії газу.

Компетентності, які набуваються:

1. Здатність розв'язувати складні спеціалізовані та практичні задачі, пов'язані з розробкою, виробництвом та сертифікацією авіаційної та ракетно-космічної техніки, що передбачає застосування теорій та методів фізики, математики та інженерних наук, і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

2. Здатність використовувати положення гідравліки, аерота газодинаміки для опису взаємодії тіл з газовим і гідравлічним середовищем.

Очікувані результати навчання:

1. 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.

2. Розуміти принципи механіки рідини та газу, зокрема, гідравліки, аеродинаміки (газодинаміки).

Пререквізити – вивчення дисципліни «Аеродинаміка ЛА» базується на знанні дисциплін: «Вища математика», «Фізика», «Термодинаміка і теплообмін», «Теоретична механіка», «Аерогідродинаміка», «Гідравліка».

Кореквізити – вивчення дисципліни «Аеродинаміка ЛА» забезпечує вивчення дисциплін: «Динаміка польоту ЛА», «Конструкція літальних апаратів і їх систем», «Міцність літальних апаратів», «Двигунні установки літальних апаратів».

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1

Змістовний модуль №1 *Аеродинамічні характеристики частин планера ЛА*

Вступ.

Тема №1. Аеродинамічні характеристики крила при малих швидкостях.

Літак і його основні частини. Типи оперення, органи механізації та управління. Розміщення силової установки на літальному апараті. Геометричні характеристики крила та інших несучих поверхонь. Система координат, аеродинамічні сили і моменти, їхні коефіцієнти. Особливості обтікання прямого і змінного крил. Розподілені та сумарні аеродинамічні характеристики і вплив на них форми крила. Особливості обтікання крил складної форми в плані. Нелінійні аеродинамічні характеристики.

Тема №2. Аеродинамічні характеристики крила при великих дозвукових швидкостях.

Розрахунок аеродинамічних характеристик крила в дозвуковому потоці з урахуванням стисливості. Вплив геометричних параметрів крила на його аеродинамічні характеристики при великих дозвукових і трансзвукових швидкостях. Особливості аеродинамічних характеристик крил складної форми в плані та змінної стрілоподібності. Аналіз переваг і недоліків крил різної форми у плані.

Тема №3. Аеродинамічні характеристики корпусу літального апарату.

Геометричні характеристики корпусу. Аеродинамічні характеристики тіл різної форми. Аеродинамічні сили і моменти корпусу, і їхні коефіцієнти. Хвильовий опір головної частини. Хвильовий опір кормової частини. Донний опір корпусу. Підйомна сила і аеродинамічний фокус корпусу. Вплив числа M і форми корпусу на його аеродинамічні характеристики.

Тема № 4. Аеродинамічні характеристики повітряних гвинтів.

Призначення, принцип дії, основні елементи і типи повітряних гвинтів. Геометричні та кінематичні параметри повітряного гвинта. Тяга, потужність і коефіцієнт корисної дії гвинта. Нормальні характеристики повітряних гвинтів і режими їхньої роботи. Серійні діаграми повітряних гвинтів. Підбір гвинта до літака. Особливості повітряних гвинтів, які застосовуються на сучасних швидкісних літаках.

Модульний контроль

Змістовний модуль №2 Аеродинамічні характеристики ЛА

Тема №5. Аеродинамічне компонування літальних апаратів.

Аеродинамічне компонування і вимоги, які висуваються до нього. Основні аеродинамічні схеми літальних апаратів.

Тема №6. Аеродинамічна підйомна сила і опір літального апарату.

Взаємний вплив частин літального апарату (інтерференція). Підйомна сила крила і корпусу з урахуванням інтерференції. Скіс потоку від крила і його вплив на підйомну силу оперення. Визначення підйомної сили літального апарату. Лобовий опір при нульовій підйомній силі з урахуванням інтерференції. Опір літального апарату, який залежить від підйомної сили. Поляра і аеродинамічна якість літального апарату. Шляхи збільшення аеродинамічної якості.

Тема №7. Аеродинамічні моменти літального апарату.

Аеродинамічні моменти, які діють на літальний апарат та їхні коефіцієнти. Аеродинамічний момент тангажа і його залежність від кута атаки. Аеродинамічний фокус і залежність його положення від форми, пружних деформацій літального апарату і числа Маха.

Тема №8. Аеродинамічні характеристики літака з механізацією крила.

Механізація крила і її вплив на аеродинамічні характеристики літаків. Енергетичні способи підвищення ефективності механізації крила. Розрахунок коефіцієнта підйомної сили з різною механізацією крила і зі здуванням пограничного шару.

Тема №9. Аеродинамічні характеристики вертольотів.

Аеродинамічне компонування і аеродинамічні схеми вертольотів. Несучий і рульовий гвинти вертольота, їхні геометричні та кінематичні характеристики. Робота несучого гвинта на режимі осьового обтікання. Тяга, потужність і ККД гвинта. Аеродинамічні характеристики несучого гвинта. Особливості аеродинаміки гвинтів з жорстким і шарнірним кріпленням лопатей. Маховий рух лопатей і його наслідки. Зривні режими обтікання несучого гвинта. Аеродинамічні характеристики вертольота. Аеродинамічні характеристики вертольота під час польоту в зоні впливу землі і в гірській місцевості, на режимах «вихрового кільця» і самообертання.

Тема №10. Аналіз переваг і недоліків різних схем ЛА.

Особливості аеродинаміки літаків з крилами зворотної стрілоподібності. Аеродинамічні засоби зниження помітності літака. Особливості аеродинамічного компонування сучасних і перспективних вертольотів і перетворених літальних апаратів.

Модульний контроль

4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістовних модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб.	с. р.
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовний модуль 1. Аеродинамічні характеристики частин планера ЛА..					
Тема №1. Аеродинамічні характеристики крила при малих швидкостях.	12	4		4	4
Тема №2. Аеродинамічні характеристики крила при великих дозвукових швидкостях.	12	4		4	4
Тема №3. Аеродинамічні характеристики корпусу літального апарату.	8	4			4
Тема №4. Аеродинамічні характеристики повітряних гвинтів.	10	4			6
Разом за змістовним модулем 1	42	16		8	18
Змістовний модуль 2. Аеродинамічні характеристики ЛА					
Тема №5. Аеродинамічне компонування літальних апаратів.	9	2		4	3
Тема №6. Аеродинамічна підйомна сила і опір літального апарату.	14	2		8	4
Тема №7. Аеродинамічні моменти літального апарату.	9	1		4	4
Тема №8. Аеродинамічні характеристики літака з механізацією крила.	4	1			3
Тема №9. Аеродинамічні характеристики вертольотів.	6	1			5
Тема №10. Аналіз переваг і недоліків різних схем ЛА.	6	1			5
Разом за змістовним модулем 2	48	8		16	24
Усього годин	90	24		24	42

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачено	
	Разом	

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачено	
	Разом	

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Аеродинамічні сили і моменти та їх коефіцієнти. Системи координат, що застосовуються в аеродинаміці.	4
2	Геометричні та аеродинамічні характеристики профілю і крила.	4
3	Дослідження розподілених аеродинамічних характеристик крила кінцевого розмаху.	4
4	Дослідження сумарних аеродинамічних характеристик крила кінцевого розмаху.	4
5	Дослідження сумарних аеродинамічних характеристик корпусу ЛА і його компонування з крилом.	4
6	Дослідження моментних характеристик моделі літака.	4
	Разом	24

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Змістовний модуль 1. Аеродинамічні характеристики частин планера ЛА	
1.1	Аеродинамічні характеристики крила при малих швидкостях.	4
1.2	Аеродинамічні характеристики крила при великих дозвукових швидкостях.	4
1.3	Аеродинамічні характеристики корпусу літального апарату.	4
1.4	Аеродинамічні характеристики повітряних гвинтів.	6
	Всього по модулю 1	18,0

2	Змістовний модуль 2. Аеродинамічні характеристики ЛА	
2.1	Аеродинамічне компонування літальних апаратів.	3
2.2	Аеродинамічна підйомна сила і опір літального апарату.	4
2.3	Аеродинамічні моменти літального апарату.	4
2.4	Аеродинамічні характеристики літака з механізацією крила.	3
2.5	Аеродинамічні характеристики вертольотів.	5
2.6	Аналіз переваг і недоліків різних схем ЛА.	5
Всього по модулю 2		24,0
Разом		42

9. Індивідуальні завдання

Для денної форми навчання – розрахункова робота на тему «Розрахунок аеродинамічних характеристик ЛА». Оцінка за роботу виставляється згідно «Критеріїв оцінювання з дисципліни», максимальна кількість балів у рейтинговій оцінці з дисципліни – 20 балів.

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторного практикуму і консультацій, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (навчальні та методичні посібники).

11. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється на лабораторному практикумі і модульному контролі, семестровий контроль – залік (до заліку допускається студент, який виконав всі лабораторні/практичні роботи за програмою вивчення дисципліни та індивідуальне завдання). Система оцінювання подана у «Критеріях оцінювання з дисципліни».

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів (кількісні критерії оцінювання):

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань), які оцінюються	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0		0
Виконання та захист лабораторних/практичних робіт	0...10	2	0...20
Модульний контроль	0...25	1	0...25

Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0		0
Виконання та захист лабораторних/практичних робіт	0...10	1	0...10
Модульний контроль	0...25	1	0...25
Виконання та захист РР	0...20	1	0...20
Всього за семестр			0...100

Форма проведення модульного контролю – письмова, заліку – комбінована (письмово-усна). Під час дії карантинних обмежень поточний, модульний та семестровий контроль може проводитися у вигляді тестування із застосуванням інтернет-технологій.

Під час складання модульного контролю студент має можливість отримати максимум 25 балів. Білет для модуля складається з 3 запитань. За повну правильну відповідь на два перших запитання студент отримує по 8 балів. За повну правильну відповідь на останнє запитання – 9 балів.

Семестровий контроль (залік) проводиться у разі, якщо студент, набрав недостатню кількість балів, або незадоволений балами, отриманими при поточному і модульному контролі, та за наявності допуску до заліку. Для отримання допуску до заліку студент повинен надати звіти з усіх лабораторних/практичних робіт та з розрахункової роботи.

При складанні семестрового заліку студент має можливість отримати максимум 100 балів. Білет для заліку складається з 3-х теоретичних запитань, максимальна кількість балів за два перших питання 33 бали, за третє – 34 бали.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

основні закони аеромеханіки; методи розрахунку аеродинамічних характеристик ЛА та їхніх елементів; аеродинамічне компонування і аеродинамічні характеристики літальних апаратів.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

проводити аеродинамічний розрахунок ЛА; використовувати технічну документацію, розрахункові та експериментальні дані для аналізу аеродинамічних властивостей літальних апаратів.

12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

Задовільно (60...74). Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи та домашні завдання. Вміти самостійно аналізувати аеродинамічні властивості літальних апаратів та їхніх елементів.

Добре (75...89). Мати тверді знання, виконати усі завдання. Показати вміння виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Вміти пояснювати основні закони аеромеханіки; методи розрахунку аеродинамічних характеристик ЛА та їхніх елементів, проводити аеродинамічний розрахунок ЛА.

Відмінно (90...100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати основні закони аеромеханіки; методи розрахунку аеродинамічних характеристик ЛА та їхніх елементів; аеродинамічне конструювання і аеродинамічні характеристики літальних апаратів. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах. Проводити аеродинамічний розрахунок ЛА; використовувати технічну документацію, розрахункові та експериментальні дані для аналізу аеродинамічних властивостей літальних апаратів.

Шкала оцінювання: бальна і національна

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

	Назва підручника чи навчального посібника	Кількість примірників у бібліотеці ХАІ	Наявність електронної версії
1.	Ерєменко С.М. Аэродинамика летательных аппаратов. / С.М. Ерєменко – Х: Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2019. – 384 с.	85	√
2.	Чмовж В.В. Аэрогидродинамика, часть 1 (конспект лекций). / В.В. Чмовж – Х: Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2006. – 193 с.	102	√
3.	Тюрєв В.В. Численные методы в аэрогидродинамике. / В.В. Тюрєв, В.А. Тараненко – Х: Нац.	100	-

	аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2013. – 180 с.		
4.	Крашаница Ю.А. Аэрогидродинамика (основные законы и математические модели) /. Ю.А. Крашаница – Х: Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2004. – 287 с.	358	√
5.	Тюрёв В.В. Аэродинамические характеристики крыла. Методы расчёта и анализ. / В.В. Тюрёв - Х: Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2008. – 130 с.	100	-
6.	Соляник П.Н. Экспериментальная аэродинамика: учеб. пособие по лабораторному практикуму / П. Н. Соляник, М. Л. Сургайло, В. В. Чмовж. - Х.: Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2007. - 96 с.	54	√

Електронний ресурс, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни (сторінка курсу в «Ментор»):

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=4173>

14. Рекомендована література

Базова

	Назва підручника чи навчального посібника	Кількість примірників у бібліотеці ХАІ	Наявність електронної версії
1.	Краснов Н.Ф. Аэродинамика : учебник для студентов вузов , Ч. 1 : Основы теории. Аэродинамика профиля и крыла / Н. Ф. Краснов . - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1976. - 384 с.	54	-
2.	Краснов Н.Ф. Аэродинамика : учеб. для студентов вузов , Ч. 2 : Методы аэродинамического расчета / Н. Ф. Краснов . - 2-е изд., перераб. и доп. - М. : Высшая школа, 1976. -	56	-

	368 с.		
3.	Микеладзе В.Г. Основные геометрические и аэродинамические характеристики самолетов и крылатых ракет / В. Г. Микеладзе, В. М. Титов. - М. : Машиностроение, 1974. - 152 с.	29	-

Допоміжна

	Назва підручника чи навчального посібника	Кількість примірників у бібліотеці ХАІ	Наявність електронної версії
1.	Аэродинамика летательных аппаратов : для студ. авиационных специальностей вузов / под ред. Г.А. Колесникова. - М. : Машиностроение, 1993. - 544 с .	4	-
2.	Аэродинамика летательных аппаратов : учебник для студентов авиац. вузов / Н. С. Аржаников, Г. С. Садекова. - М. : Высшая школа, 1983. - 360 с	183	
3.	J. N. Nielsen, Missile Aerodynamics, McGraw Hill, Inc. (1960).	-	-

15. Інформаційні ресурси

<https://library.khai.edu>