

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

Кафедра аерогідродинаміки (№ 101)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Керівник проектної групи


(підпис) (ініціали та прізвище)

« 30 » 08 2024р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ОБОВ'ЯЗКОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Аерогідродинаміка

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 27 «Транспорт»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 272 «Авіаційний транспорт»

(код та найменування спеціальності)

Освітня програма: Технічне обслуговування та ремонт повітряних
суден і авіадвигунів

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: перший
(бакалаврський)

Харків 2024 рік

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

Марія СУРГАЙЛО, доцент кафедри 101, к.т.н.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

Володимир КРАСНОВОЛЬСЬКИЙ, ст. викладач кафедри 101
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

Олена КРАСНОВОЛЬСЬКА, асистент кафедри 101
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

(підпис)
(підпис)
(підпис)
(підпис)

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

Протокол № 02 від «28» 08 2024 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 – 5	Галузь знань <u>27 «Транспорт»</u> (шифр і найменування) Спеціальність <u>272 «Авіаційний транспорт»</u> (код і найменування) Освітня програма <u>«Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів»</u> (найменування) Рівень вищої освіти: <u>перший (бакалаврський)</u>	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2024/2025
Індивідуальне завдання «Аеродинамічні характеристики профілю» (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 64/150		5-й
		Лекції*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 4 самостійної роботи студента – 5,375		32 години
		Практичні, семінарські*
		24 годин
		Лабораторні*
	8 години	
	Самостійна робота	
	86 годин	
Вид контролю		
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:
64 / 86.

*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, перспектив розвитку аерогідродинаміки.

Завдання вивчення дисципліни: отримати основи знань про фізичні властивості рідин і газів; закони збереження в механіці рідини і газу; природу виникнення аеродинамічних сил і моментів; основні характеристики профілю крила.

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:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у професійній діяльності у сфері авіаційного транспорту або у процесі подальшого навчання із застосуванням положень, теорій та методів природничих, технічних, інформаційних наук, що характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК 01. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК 04. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК 09. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.

Спеціальні (фахові) компетентності спеціальності (СК):

СК 02. Здатність аналізувати об'єкти авіаційного транспорту та їх складові, визначати вимоги до їх конструкції, параметрів та характеристик.

СК 03. Здатність здійснювати експериментальні дослідження та вимірювання параметрів та характеристик об'єктів авіаційного транспорту, їх агрегатів, систем та елементів.

СК 10. Здатність застосовувати методи та засоби технічних вимірювань, технічні регламенти, стандарти та інші нормативні документи при технічному діагностуванні об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.

СК 11. Здатність застосовувати сучасні програмні засоби для розробки проектно-конструкторської та технологічної документації зі створення, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.

СК 16. Здатність враховувати метеорологічні, кліматичні, сейсмічні та інші природні фактори при проектуванні, експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті об'єктів авіаційного транспорту.

СК 17. Здатність ведення технічної документації та складання звітності за встановленими формами.

СК 18. Здатність вирішення завдань з планування технічної експлуатації повітряних суден, експлуатаційної надійності, регулярності польотів.

Очікувані результати навчання (РН):

РН 02 Вільно спілкуватися з професійних питань державною мовою усно і письмово.

РН 03 Застосовувати сучасні інформаційні технології, технічну літературу, бази даних, інші ресурси та сучасні програмні засоби для розв'язання спеціалізованих складних задач авіаційного транспорту.

РН 08 Застосовувати міжнародні та національні стандарти і практики в професійній діяльності.

РН 11 Аналізувати побудову і функціонування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем, елементів, фактори, що впливають на їхні характеристики та параметри.

РН 12 Визначати параметри об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів шляхом проведення вимірювального експерименту з оцінкою його результатів.

РН 20 Розробляти проектно-конструкторську та технологічну документацію зі створення, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів використовуючи спеціалізовані сучасні програмні засоби.

РН 23 Знати основні вимоги охорони праці, техніки безпеки, протипожежної безпеки та санітарно-гігієнічного режиму при здійсненні професійної діяльності.

РН 25 Знати необхідні положення авіаційної метеорології та транспортної географії, вміти їх використовувати при проектуванні, експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті об'єктів авіаційного транспорту.

РН 26 Аналізувати технічну документацію та звітність за встановленими формами.

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

Кореквізити – вивчення дисципліни «Аерогідродинаміка» забезпечує вивчення дисциплін: «Гідравліка та гідропневмопристрої авіаційної техніки», «Динаміка польоту» «Основи безпеки польотів», «Технічна експлуатація повітряних суден», «Конструкція авіаційної техніки».

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовний модуль 1. *Основні закони аерогідродинаміки.*

Тема №1. Кінематика та динаміка рідин і газів.

Загальна картина обтікання тіла газом. Моделі газового середовища. Основні властивості рідин і газів. Гіпотеза суцільності. Масова щільність. В'язкість. Стисливість. Види досліджуваних течій. Лінія струму і струминки. Швидкості і прискорення. Вихровий рух. Вихрова лінія і вихрова трубка. Кутові швидкості. Напрямок вихору і циркуляція швидкості. Основні теореми кінематики та динаміки рідин і газів. Математичне моделювання течій газодинамічними особливостями. Потенціал швидкості.

Тема №2. Динаміка суцільного середовища.

Поняття про теоретичні методи в аерогідродинаміці. Основні рівняння аерогідродинаміки. Рівняння нерозривності. Окремі випадки рівняння нерозривності. Рівняння руху в напругах. Окремі випадки. Рівняння Бернуллі. Рівняння Нав'є-Стокса. Окремі випадки рівняння руху. Рівняння енергії і стану.

Тема №3. Течії газу з великими швидкостями.

Поширення слабких збурень в газовому потоці. Конус збурень. Утворення ударних хвиль (стрибків ущільнення). Зміна параметрів газу на стрибку ущільнення. Визначення кута нахилу стрибка ущільнення. Коефіцієнт відновлення повного тиску за стрибком ущільнення. Вимірювання швидкості потоку і числа Маха. Обтікання клина і конуса надзвуковим потоком. Надзвукова течія розширення. Особливості гіперзвукових течій.

Модульний контроль 1.

Змістовний модуль 2. *Аеродинамічні характеристики профілю*

Тема №4. Пограничний шар.

Пограничний шар і його структура. Положення точки переходу ламінарного пограничного шару в турбулентний. Тертя у пограничному шарі. Вплив градієнта тиску на пограничний шар. Зрив потоку при обтіканні тіла і фактори, які визначають його. В'язка криза при відривному обтіканні тіл. Аеродинамічне нагрівання. Тепловий пограничний шар. Рівняння теплового балансу. Засоби зниження аеродинамічного нагрівання.

Тема №5. Загальні відомості про аеродинамічні характеристики профілю.

Геометричні характеристики крилових профілів. Системи координат. Аеродинамічні сили і моменти. Визначення сил і моментів по картині розподілу тиску. Залежність коефіцієнтів аеродинамічних сил від кута атаки. Зміна коефіцієнта моменту тангажа по кутах атаки. Поляра і аеродинамічна якість. Центр тиску і фокус.

Тема №6. Аеродинамічні характеристики профілю при малих дозвукових швидкостях.

Вплив геометричних характеристик профілю на його аеродинамічні характеристики.

Тема №7. Аеродинамічні характеристики профілю при великих дозвукових швидкостях.

Вплив стисливості на картину обтікання і розподіл тиску по профілю. Критичне число M і фактори, які впливають на нього. Аеродинамічні характеристики

профілю на великих дозвукових швидкостях. Надкритичний профіль.

Тема №8. Аеродинамічні характеристики профілю у надзвуковому потоці.

Аеродинамічні характеристики профілю в надзвуковому потоці. Аеродинамічні характеристики профілю в гіперзвуковому потоці газу.

Модульний контроль 2.

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. Основні закони аерогідродинаміки.					
Тема №1. Кінематика та динаміка рідин і газів.	22	4	6		12
Тема №2. Динаміка суцільного середовища.	22	6	4		12
Тема №3. Течії газу з великими швидкостями.	16	4			12
Модульний контроль 1	2		2		
Разом за змістовним модулем 1	62	14	12		36
Змістовний модуль 2. Аеродинамічні характеристики профілю					
Тема №4. Пограничний шар.	16	4		2	10
Тема №5. Загальні відомості про аеродинамічні характеристики профілю.	16	4		2	10
Тема №6. Аеродинамічні характеристики профілю при малих дозвукових швидкостях.	22	4	4	4	10
Тема №7. Аеродинамічні характеристики профілю при великих дозвукових швидкостях.	20	4	6		10
Тема №8. Аеродинамічні характеристики профілю в надзвуковому потоці.	12	2			10
Модульний контроль 2	2		2		
Разом за змістовним модулем 2	88	18	12	8	50
Усього годин	150	32	24	8	86

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачено	
Разом		

6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні фізико-механічні властивості рідин та газів	2
2	Кінематика рідин та газів. Потенціальні потоки.	4
3	Динаміка суцільного середовища.	4
4	Аеродинамічні характеристики профілю (без врахування стисливості)	4
5	Аеродинамічні характеристики профілю (з врахуванням стисливості)	6
Разом		20

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення характеристик пограничного шару	2
2	Визначення коефіцієнту лобового опору кулі	2
3	Визначення розподілених аеродинамічних характеристик на поверхні профілю крила	2
4	Визначення сумарних аеродинамічних характеристик крила кінцевого розмаху	2
Разом		8

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Змістовний модуль 1. Основні поняття і закони аерогідродинаміки	
1.1	Фізико-механічні властивості рідин і газів	2
1.2	Кінематика суцільного середовища	6
1.3	Основи теорії потенційної течії	4
1.4	Динаміка рідин і газів	6
1.5	Потенційні течії ідеальної рідини	6
1.6	Критерії подібності	6
1.7	Диференційні рівняння руху рідин і газів (рівняння Бернуллі); рівняння Нав'є-Стокса	6
Всього по змістовному модулю 1		36
2	Змістовний модуль 2. Аеродинамічні характеристики профілю	
2.1	Геометричні характеристики крилових профілів	2
2.2	Теорема імпульсів. Парадокс Ейлера-Даламбера	6
2.3	Теорема М.Є. Жуковського для крила нескінченного розмаху	8
2.4	Вплив форми профілю на його аеродинамічні характеристики	8
2.5	Вплив в'язкості середовища на аеродинамічні характеристики профілю	8
2.6	Особливості обтікання профілю надзвуковим потоком	8
2.7	Лінійна теорія	10
Всього по змістовному модулю 2		50
Разом		86

9. Індивідуальні завдання

З навчальної дисципліни «Аерогідродинаміка» передбачено розрахункову роботу за темою «Аеродинамічні характеристики профілю».

10. Методи навчання

Проведення аудиторних занять (лекцій, практичних занять, лабораторних робіт), консультацій (за необхідністю), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (навчальні та методичні посібники).

11. Методи контролю

Поточний та модульний контроль (здійснюється на лабораторних і практичних заняттях), підсумковий контроль у вигляді іспиту (до іспиту допускається студент, який виконав всі лабораторні роботи за програмою навчання 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, які отримують студенти (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	8	0
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	3	0...15
Модульний контроль	0...24	1	0...24
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0	8	0
Виконання та захист лабораторних (практичних) робіт	0...5	4	0...20
Модульний контроль	0...24	1	0...24
Виконання та захист розрахункової роботи	0...17	1	0...17
Всього за семестр			0...100

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

Під час складання модульного контролю студент має можливість отримати максимум 24 бали. Білет для модуля складається з 3 запитань. За повну правильну відповідь на кожне запитання студент отримує по 8 балів.

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

Під час складання іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів. Білет складається з двох теоретичних запитань та однієї задачі. За повну правильну відповідь на кожне теоретичне запитання студент отримує по 33 бали. За повне правильне рішення задачі (з наведенням усіх необхідних формул та пояснень) – 34 бали.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

основні закони аеромеханіки; аеродинамічні характеристики профілю крила.

Необхідний обсяг умінь для одержання позитивної оцінки:

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 характеристики профілю крила.

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; аеродинамічні характеристики профілю крила.

Відмінно (90...100). Повно знати основний та додатковий матеріал. Знати усі теми. Орієнтуватися у підручниках та посібниках. Досконально знати основні закони аеромеханіки; аеродинамічні характеристики профілю крила. Безпомилково виконувати та захищати всі лабораторні роботи в обумовлений викладачем строк з докладним обґрунтуванням рішень та заходів, які запропоновано у роботах.

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.	Ерёмченко С.М. Аэродинамика летательных аппаратов. / С.М. Ерёмченко – Х: Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2019. – 384 с.	85	
2.	Чмовж В.В. Аэрогидродинамика, часть I (конспект лекций). / В.В. Чмовж – Х: Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2006. – 193 с.	102	√
3.	Тюрёв В.В. Численные методы в аэрогидродинамике. / В. В.В. Тюрёв, В.А. Тараненко – Х: Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2013. – 180 с.	100	-
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. –	100	-

	130 с.		
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=4737>

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. - 368 с.	56	-
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. Аржанников, 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>