



МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
Харківський національний університет внутрішніх справ
Кременчуцький льотний коледж
Відділення фахової підготовки
Циклова комісія аеронавігації

ЗАТВЕРДЖЕНО

На засіданні циклової комісії
аеронавігації

протокол № 1 від 28.08.2023

Голова циклової комісії

 **Світлана ДРОЗДОВА**

ПРИНЦИПИ ПОЛЬОТУ

(Аерогідрогазодинаміка)

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Циклова комісія	Циклова комісія аеронавігації https://klk.univd.edu.ua/uk/dir/153
Контактний телефон	+380980933566
E-mail	leps.nv.klk@gmail.com
ВИКЛАДАЧ	
	Тягній Володимир Григорович , професор навчального відділу, викладач-методист, спеціаліст вищої категорії, кандидат технічних наук, старший науковий співробітник E-mail: tagnijvladimir@gmail.com
Назва освітньої (освітньо-професійної, освітньо-наукової) програми	Аеронавігація
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень вищої освіти
Галузь знань	27 Транспорт
Спеціальність	272 Авіаційний транспорт
Статус дисципліни	Вибіркова компонента освітньо-професійної програми
Мета вивчення дисципліни	Метою вивчення дисципліни «Принципи польоту (Аерогідрогазодинаміка)», є вивчення

	закономірностей руху рідини і газу, механічної та теплової взаємодії між середовищем і твердими тілами при їх відносному русі, фізичної сутності і природи виникнення аеродинамічних сил і моментів, залежність їх від фізико-механічних властивостей і фізичних параметрів середовища, умов руху з різними швидкостями, а також основ моделювання обтікання тіл з використанням газодинамічних особливостей.
Завдання вивчення дисципліни	<p>Завданням дисципліни «Принципи польоту (Аерогідрогазодинаміка)», є оволодіння методами визначення:</p> <ul style="list-style-type: none"> - параметрів руху рідини і газу в аеродинамічних трубах і гідро каналах; - енергетичних характеристик руху рідини і газу; - умов обтікання твердих тіл рідинами і газами; - фізичної сутності взаємодії між середовищем і обтікаємими тілами, силових і енергетичних характеристик явищ обтікання; - особливостей руху рідини і газу в примежовому шарі.
Обсяг дисципліни в кредитах ECTS/годинах	Кількість кредитів ECTS- 4 (загальний обсяг 120 год.)
	3 них:
	<ul style="list-style-type: none"> - аудиторна робота: <u>80</u> год. - самостійна робота: <u>40</u> год.
Форми та види проведення навчальних занять	<p>Форма навчання – денна</p> <p>Види навчальних занять:</p> <ul style="list-style-type: none"> - лекції: <u>60</u> год.; - семінарські заняття: <u>0</u> год.; - практичні заняття: <u>20</u> год.
Самостійна робота	<i>Робота з навчальною літературою, нормативно- правовою базою: чи передбачене виконання контрольних робіт під час аудитори занять чи поза аудиторними заняттями; виконання аналітично-розрахункових завдань, самостійне вирішення практичних задач, складання планів, програм, проектів тощо.</i>
Індивідуальні завдання	Реферат
Необхідне обладнання	Мультимедійне обладнання (ноутбук, проектор), комп'ютерне забезпечення з виходом у мережу Інтернет.
Мова викладання	Українська
Контроль	Методи контролю: усний контроль, письмовий.

	Форми контролю: поточний контроль і підсумковий контроль у формі іспиту
Інтегральна компетентність, загальні компетентності (ЗК)	Здатність розв'язувати спеціалізовані задачі та вирішувати практичні проблеми під час професійної діяльності у галузі транспорту або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів вивчення елементів транспортної системи і характеризуються комплексністю та невизначеністю умов.
Спеціальні (предметні, фахові) компетентності (СК)	Знати технічні вимоги до повітряних суден і авіадвигунів, експлуатацію повітряних суден та авіаційних двигунів, експлуатацію авіаційного і радіоелектронного обладнання, принципи польоту
ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ЗА ТЕМАМИ	
<p>Тема № 1. «Основні поняття і співвідношення аерогідрогазодинаміки. Фізико-механічні властивості і основні параметри рідин і газів».</p> <p>Аеродинаміка, як наука і її складові частини. Основні поняття і визначення аерогідрогазодинаміки, її складові частини. Вклад російських і українських вчених у розвиток аерогідрогазодинаміки, як науки і розвиток вітчизняної авіації. Принципи польоту літальних апаратів, види і типи ЛА. Будова атмосфери Землі, її основні фізичні властивості і параметри, міжнародна стандартна атмосфера. Поняття про теоретичну, експериментальну і прикладну аеродинаміку. Загальні відомості про рідину і гази. Фізико-механічні властивості і параметри рідин і газів. Гіпотеза суцільності середовища. Принципи зворотності руху і моделювання в аеродинаміці і їх практичне використання при проведенні досліджень. Поняття про аеродинамічні труби і гідролотки.</p>	
<p>Тема № 2. «Основи кінематики рідини і газу».</p> <p>Поняття потоку рідини і газу, види рухів і його основні властивості. Прямолінійна рівномірна течія потоку. Поняття про обертальний рух частинок рідини і газу. Теоретичні моделі моделювання течії навколо твердих тіл. Фізична картина обтікання твердих тіл потоком рідини і газу. Рівняння стану газового потоку і взаємозалежність фізичних параметрів рідини і газу. Рівняння нерозривності рухомого потоку. Рівняння збереження енергії рухомого потоку. Рівняння балансу енергії рухомого потоку. Практичне застосування рівнянь Л. Ейлера і Д. Бернуллі в аерогідрогазодинаміці. Алгоритми розрахунку фізичних параметрів потоку рідини і газу.</p>	
<p>Тема № 3. «Рівняння руху газового потоку з урахуванням стисливості середовища. Теорія сопла Лавалю»</p> <p>Рівняння балансу енергії газового потоку з урахуванням стисливості середовища (рівняння Д. Бернуллі). Залежність фізичних параметрів газового потоку від швидкості його руху. Рівняння постійної масової витрати з урахуванням стисливості середовища (рівняння Л. Ейлера). Фізична сутність критичних параметрів газового потоку. Поняття про критичний переріз і критичну швидкість потоку. Теорія сопла Лавалю. Взаємозалежність між швидкістю руху і швидкістю звуку.</p>	

Тема № 4. «Закономірності вихрового руху газового потоку. Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу крила».

Загальні положення про течію в'язкої рідини і газу. Структура примежового шару. Градієнт швидкості по товщині примежового шару. Умови зміни структури примежового шару. Поняття про точку переходу ламінарної структури примежового шару в турбулентну. Фізична сутність числа Рейнольдса. Фізична сутність тертя в примежовому шарі. Ковзна напруга, сила тертя, алгоритм розрахунку коефіцієнтів тертя в залежності від структури течії в примежовому шарі. Коефіцієнти кінематичної і динамічної в'язкості. Фізична сутність відриву потоку в примежовому шарі при дозвукових швидкостях течії. Особливості обтікання циліндра потоком ідеальної і реальної рідини і газу. Сутність в'язкої кризи. Поняття про засоби і види керування примежовим шаром. Фізична сутність хвильового відриву в примежовому шарі, поняття про критичне число Рейнольдса.

Тема № 5. «Основи теорії примежового шару».

Загальні положення про течію в'язкої рідини і газу. Структура примежового шару. Градієнт швидкості по товщині примежового шару. Умови зміни структури примежового шару. Поняття про точку переходу ламінарної структури примежового шару в турбулентну. Фізична сутність числа Рейнольдса. Фізична сутність тертя в примежовому шарі. Ковзна напруга, сила тертя, алгоритм розрахунку коефіцієнтів тертя в залежності від структури течії в примежовому шарі. Коефіцієнти кінематичної і динамічної в'язкості. Фізична сутність відриву потоку в примежовому шарі при дозвукових швидкостях течії. Особливості обтікання циліндра потоком ідеальної і реальної рідини і газу. Сутність в'язкої кризи. Поняття про засоби і види керування примежовим шаром. Фізична сутність хвильового відриву в примежовому шарі, поняття про критичне число Рейнольдса.

Тема № 6. «Стрибки ущільнення і характеристики розширення в газовому середовищі».

Виникнення і розповсюдження звукових хвиль збурювання середовища. Розповсюдження слабких збурювань середовища. Розповсюдження сильних збурювань середовища. Поняття про стрибки ущільнення і характеристики розширення в газовому потоці. Основні рівняння руху газової потоку на стрибку ущільнення. Зміна параметрів газового потоку на стрибку ущільнення. Особливості течії газового потоку навколо затуплених і ступінчатих циліндричних і конічних тіл при надзвукових швидкостях. Фізична сутність ударних хвиль і звукового удару. Практичне використання рівнянь Л. Ейлера і Д. Бернуллі при розрахунку фізичних параметрів на стрибку ущільнення.

Тема № 7. «Аеродинамічні характеристики профілю і несучих поверхонь»

Призначення і форми несучих поверхонь ПС. Поняття про профіль крила і несучого гвинта. Геометричні характеристики профілю і несучих поверхонь. Поняття про середню аеродинамічну хорду крила. Системи координат, що використовуються в аерогідрогазодинаміці. Діаграми розподілу нормального тиску по поверхні профілю, епюри тиску по хорді профілю крила. Центр тиску, аеродинамічний фокус і парабола стійкості профілю крила. Утворення повної аеродинамічної сили і результуючого аеродинамічного моменту. Алгоритм розрахунку коефіцієнтів аеродинамічних сил і моментів. Коефіцієнти аеродинамічних сил і моментів в проекціях на зв'язану і швидкісну вісі систем

координат. Формули перерахунку коефіцієнтів аеродинамічних сил і моментів з швидкісної системи координат в зв'язану і навпаки. Залежність коефіцієнтів аеродинамічних сил від геометричних і кінематичних параметрів обтікання. Сила лобового опору, її складові частини, залежність їх від геометричних параметрів несучих поверхонь і кінематичних параметрів обтікання. Профільний опір, його фізична сутність і складові частини: опір тертя і опір тиску. Індуктивний опір і його фізична сутність. Хвильовий опір, його фізична сутність і залежність від геометричних і кінематичних параметрів. Фізична сутність впливу стисливості середовища на аеродинамічні характеристики профілю крила. Залежність аеродинамічних коефіцієнтів підйомної сили і сили лобового опору від чисел Маха і Рейнольдса. Поняття про аеродинамічну якість і полярні діаграми I і II роду. Вплив стисливості середовища на аеродинамічну якість і полярну I роду. Поняття про підсмоктувальну силу профілю крила і полярну II роду, особливості побудови полярної діаграми II роду. Загальні відомості про керуючі поверхні крила, способи і види механізації крила. Характеристика засобів механізації крила і їх вплив на аеродинамічний коефіцієнт підйомної сили. Виконання і захист курсової роботи по розрахунку і побудові графіків аеродинамічних сил, аеродинамічної якості і полярних діаграм I і II роду згідно варіантів

Тема № 8. «Аеродинамічні характеристики несучого гвинта вертольоту».

Призначення, класифікація, види і основні елементи несучого гвинта вертольоту. Основні відомості про несучі гвинти. Геометричні і кінематичні характеристики несучого гвинта. Основні режими роботи несучого гвинта вертольоту. Загальні поняття про імпульсну теорію гвинта. Визначення кінематичних параметрів і тяги несучого гвинта на різних режимах роботи НГ. Особливості обтікання НГ при вертикальному і косому режимах обтікання. Практичне використання імпульсної теорії при розрахунку тяги НГ. Вихрова теорія розрахунку кінематичних параметрів несучого гвинта вертольоту. Визначення індуктивних швидкостей від НГ вертольоту. Індуктивний взаємовплив лопатей НГ. Поняття про ідеальний гвинт і визначення витрат для реального НГ. Сили і моменти, що діють на лопаті НГ. Розгляд динаміки лопаті в площинах тяги і обертання НГ. Поняття про пружність і сутність флатеру лопатей НГ. Поняття про коефіцієнт корисної дії НГ. Динамічна аеропружність і міцність лопатей НГ. Моменти опору НГ і його залежність від режимів польоту. Необхідна потужність СУ і її розподіл на вертольоті. Фізична сутність небезпечних режимів навантаження лопатей НГ. Фізична сутність особливих режимів обтікання НГ: земний резонанс і “вихрове кільце”.

Тема № 9. «Особливості аеродинаміки гіперзвукових потоків і розріджених газів».

Поняття про гіперзвукову течію. Аеродинамічні характеристики тіл при гіперзвуковому обтіканні. Особливості виникнення стрибків ущільнення при гіперзвукових швидкостях. Аеродинамічні характеристики профілів при гіперзвукових швидкостях. Поняття про аеродинамічне нагрівання конструкцій ПС і способи зниження нагрівання. Особливості аеродинаміки розріджених газів. Підйомна сила і сила лобового опору в молекулярному потоці розрідженого газу. Особливості розрахунку аеродинамічних сил і моментів при гіперзвуковому обтіканні і при обтіканні розрідженим газом.

**Програмні результати навчання
(ПРН)**

ПРН 1: Знати основні положення нормативно-правових та законодавчих актів України у сфері авіаційного транспорту, інструкцій та рекомендацій з експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.

ПРН 2: Знати основні технологічні операції, технологічне устаткування, технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації що використовуються в експлуатації, ремонті та обслуговуванні об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.

ПРН 3: Знати особливості та вміти розробляти технічні завдання і технічні умови на проектування об'єктів авіаційного транспорту, його систем та окремих елементів; складати плани розміщення устаткування, технічного оснащення та організації робочих місць, розраховувати завантаження устаткування та показники якості продукції.

ПРН 4: Розуміти і вдосконалювати структуру управління експлуатацією, технічного обслуговування та ремонту об'єктів авіаційного транспорту, його систем та окремих елементів.

ПРН 5: Знати призначення, специфіку та вміти аналізувати роботу структурних підрозділів авіаційних підприємств та заводів, малих колективів виконавців (бригад, дільниць, цеху), щодо виробництва, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.

ПРН 6: Знати та розраховувати основні показники звітності та обліку (управлінського, статистичного, бухгалтерського та фінансового) підприємства під час експлуатації та ремонту об'єктів та систем авіаційного транспорту.

ПРН 7: Знати основні вимоги охорони праці, техніки безпеки, протипожежної

	<p>безпеки та санітарно-гігієнічного режиму при здійсненні професійної діяльності.</p> <p>ПРН 8: Знати необхідні положення авіаційної метеорології та транспортної географії, вміти їх використовувати при проектуванні, експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті об'єктів авіаційного транспорту.</p>
Критерії оцінювання результатів навчання	<p>Оцінювання навчальної дисципліни проводиться за результатами поточного та підсумкового контролю:</p> <ul style="list-style-type: none"> - поточний контроль - 50 балів; - підсумковий контроль - 50 балів. <p>Оцінка за поточний контроль складається з оцінювання аудиторної та самостійної роботи здобувача вищої освіти. Оцінка за аудиторну роботу визначається як середнє арифметичне балів, які ним отримані на семінарських заняттях (здобувач має отримати не менш 5 позитивних оцінок) з коефіцієнтом 5. Оцінка за самостійну роботу визначається як середнє арифметичне балів, які отримані здобувачем за: реферати, програми (здобувач має підготувати не менш 2 проектів) з коефіцієнтом 5. Підсумкові бали з навчальної дисципліни визначаються як сума балів, які отримані здобувачем протягом семестру, та балів, які набрані на підсумковому контролі (екзамені).</p>

ШКАЛА ОЦІНЮВАННЯ: НАЦІОНАЛЬНА ТА ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
97-100	Відмінно («зараховано»)	A	«Відмінно» - теоретичний зміст курсу засвоєний цілком, потрібні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, усі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання, виконані в повному обсязі, відмінна робота без помилок або з однією незначною помилкою
94-96			
90-93			

85-89	Добре («зараховано»)	В	«Дуже добре» - теоретичний зміст курсу засвоєний цілком, потрібні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, усі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання, виконані, якість виконання більшості з них оцінена числом балів, близьким до максимального, робота з двома-трьома незначними помилками
80-84			
75-79			
70-74	Задовільно («зараховано»)	С	«Добре» - теоретичний зміст курсу освоєний цілком, практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, всі навчальні завдання, які передбачені програмою навчання виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальним числом балів, деякі види завдань виконані з помилками, робота з декількома незначними помилками або з однією-двома значними помилками
65-69			
60-64			
70-74	Задовільно («зараховано»)	D	«Задовільно» - теоретичний зміст курсу засвоєний частково, але прогалини не несуть істотний характер, потрібні практичні навички роботи з освоєним матеріалом в основному сформовані, більшість передбачених програмою навчання навчальних завдань виконана, деякі з виконаних завдань містять помилки, робота з трьома значними помилками
65-69			
60-64			
40-59	Незадовільно («не зараховано»)	E	«Достатньо» - теоретичний зміст курсу засвоєний частково, деякі практичні навички роботи не сформовані, частина передбачених програмою навчання навчальних завдань не виконана або якість виконання деяких з них оцінено числом балів, близьким до мінімального, робота, що задовольняє мінімуму критеріїв оцінки
21-40			
1-20			
40-59	Незадовільно («не зараховано»)	FX	«Умовно незадовільно» – теоретичний зміст курсу засвоєний частково, потрібні практичні навички роботи не сформовані, більшість передбачених програм навчання, навчальних завдань не виконана, або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до мінімального; при додатковій самостійній роботі над матеріалом курсу можливе підвищення якості виконання навчальних завдань (з можливістю повторного складання), робота, що потребує доробки
21-40			
1-20			
1-20	Незадовільно («не зараховано»)	F	«Безумовно незадовільно» – теоретичний зміст курсу
21-40			
40-59			

			не освоєний, потрібні практичні навички роботи не сформовані, всі виконані навчальні завдання містять грубі помилки, додаткова самостійна робота над матеріалом курсу не приведе до значного підвищення якості виконання навчальних завдань, робота, що потребує повної переробки
Перелік питань, що виносяться на іспит			
Тема 1			
1	Поняття про літальні апарати, принципи виникнення піднімальної сили і польоту ЛА.		
2	Характеристика фізичної властивості речовини - в'язкість: динамічний і кінематичний коефіцієнти в'язкості, градієнт швидкості, фізичного параметру – температура середовища і поняття числа Рейнольдса.		
3	Характеристика фізичної властивості речовини - стисливість і фізичних параметрів – число Мах і швидкість звуку.		
4	Характеристика фізичних параметрів – тиск в середовищі і ковзна напруга.		
5	Сутність гіпотези суцільності середовища, характеристика середовища за числом Кнудсена.		
6	Принципи зворотності руху і моделювання потоку в аерогідрогазодинаміці.		
Тема 2			
1	Рівняння стану газового середовища і взаємозалежність фізичних параметрів.		
2	Рівняння збереження енергії рухомого повітряного потоку.		
3	Рівняння нерозривності рухомого потоку (рівняння Л. Ейлера).		
4	Рівняння балансу енергії рухомого повітряного потоку (рівняння Д. Бернуллі).		
5	Використання рівнянь Л. Ейлера і Д. Бернуллі для аналізу фізичної сутності виникнення підйомної сили і сили опору.		
Тема 3			
1	Рівняння Д. Бернуллі для газового потоку з урахуванням стисливості, його визначення і фізична сутність.		
2	Критичний переріз, його сутність і визначення критичних параметрів потоку.		
3	Рівняння Л. Ейлера з урахуванням стисливості, його фізична сутність.		
4	Сопло Лавалю, залежність параметрів газового потоку від швидкості по довжині сопла Лавалю.		

Тема 4

- 1 Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу: визначення, сутність і розрахункова формула.
- 2 Залежність коефіцієнта підйомної сили від кута атаки, її фізична сутність і характерні ділянки.
- 3 Сутність вихрової течії, характеристика основних параметрів вихрової течії: напруга вихору, колова швидкість, циркуляція швидкості.
- 4 Формула Біо-Савара, її сутність і застосування для нескінченних і напівнескінченних прямолінійних вихорів.

Тема 5

- 1 Сутність примежового шару, його характеристика і зміна основних параметрів по товщині шару.
- 2 Умови зміни структури примежового шару, режимів течії в ньому і сутність критичного числа Рейнольдса.
- 3 Фізична сутність і динаміка відриву потоку в примежовому шарі.
- 4 Розкрити фізичну сутність парадоксу Ейлера - Даламбера.
- 5 Сутність явища "в'язка криза", залежність коефіцієнта опору від числа Рейнольдса.
- 6 Взаємодія примежового шару і стрибків ущільнення, сутність хвильового відриву потоку.

Тема 6

- 1 Виникнення і розповсюдження слабих збурювань в рухомому середовищі при русі з швидкостями менше і більше швидкості звуку.
- 2 Виникнення і фізична сутність характеристик розширення потоку.
- 3 Фізична сутність виникнення стрибків ущільнення, їх види і форми.
- 4 Зміна нормальної складової швидкості потоку на стрибку ущільнення.
- 5 Фізична картина і особливості обтікання затуплених і ступінчатих конічних тіл.
- 6 Фізична сутність виникнення і розповсюдження звукового удару.

Тема 7

- 1 Сутність кута установки несучої поверхні, охарактеризувати поняття: геометрична, аеродинамічна і конічна скрутки несучих поверхонь.
- 2 Розкрити поняття: аеродинамічний центр тиску, парабола стійкості і аеродинамічний фокус.
- 3 Сутність виникнення результуючої (повної) аеродинамічної сили і вплив на її розмір і просторове положення геометричних, кінематичних і фізичних параметрів.
- 4 Сутність виникнення і просторового положення повного аеродинамічного

- моменту, його проекції на вісі систем координат, їх назва і правило знаків
- 5 Профільний опір, його фізична сутність, складові частини, вплив геометричних і кінематичних параметрів на його розмір і характер зміни.
 - 6 Опір тертя, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила.
 - 7 Опір тиску, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила.
 - 8 Сутність індуктивного опору, вплив на його розмір кінематичних і геометричних параметрів профілю крила.
 - 9 Фізична сутність хвильового опору, вплив стисливості середовища, його залежність від числа Маха.
 - 10 Характеристика залежності коефіцієнта лобового опору від кута атаки в швидкісній і зв'язаній системах координат.
 - 11 Охарактеризувати залежність коефіцієнтів піднімальної сили і сили лобового опору від числа Маха, визначити характерні ділянки на графіках.
 - 12 Характеристика полярної діаграми I роду, особливості її побудови і практичного використання, характерні ділянки на графіку залежності $C_{xa} = f(\alpha)$.
 - 13 Сутність полярної діаграми II роду, особливості її побудови, характеристика ділянок на графіку.

Тема 8

- 1 Призначення, види, класифікація і основні конструктивні елементи НГ.
- 2 Особливості обтікання НГ на режимах висіння і вертикальних переміщень.
- 3 Особливості обтікання НГ на режимах горизонтального польоту.
- 4 Фізична сутність режимів роботи НГ при зміні вертикальних швидкостей зниження вертольоту.
- 5 Характеристика сил і моментів, що діють на лопаті НГ вертольоту.
- 6 Характеристика махових рухів лопаті в площині тяги НГ і зміна основних кінематичних параметрів по азимутам.
- 7 Фізична сутність флатеру лопатей і конструктивні заходи щодо його усунення.
- 8 Фізична сутність “земного резонансу” і конструктивні заходи його усунення.

Тема 9

- 1 Особливості обтікання твердих тіл гіперзвуковим газовим потоком.
- 2 Особливості визначення аеродинамічних характеристик профілю крила при гіперзвукових швидкостях потоку.
- 3 Поняття про аеродинамічне нагрівання конструкцій ПС і засоби

зниження нагрівання.

- 4 Особливості розрахунку підйомної сили и сили лобового опору в молекулярному потоці розрідженого газу.

ОСНОВНА ЛІТЕРАТУРА З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Навчальна та наукова література:

1. Котельніков Г. Н., Мамлюк О. В., Аеродинаміка літальних апаратів. Підручник. -К.: Вища школа, 2002. – 255 с.
2. Навчальний посібник «Аеродинаміка та динаміка польоту вертольота». Частина I, «Аеродинаміка вертольота» / А. Г. Зінченко, О. О. Бурсала, О. Л. Бурсала та ін.; за заг. ред. А. Г. Зінченка. – Х.: ХНУПС, 2016.–402 с.: іл.
3. Навчальний посібник «Аеродинаміка та динаміка польоту вертольота». Частина II, «Динаміка польоту вертольота». / А. Г. Зінченко, І. Б. Ковтонюк, В. М. Костенко та ін.; за загальною редакцією В. М. Костенка та І. Б. Ковтонюка. – Х.: ХУПС, 2010. – 272 с.: іл.
4. Опорний конспект з навчальної дисципліни «Аеродинаміка, динаміка польоту та практична аеродинаміка». Частина I «Аеродинаміка вертольоту». Автор: Пчельников С. І.
5. Опорний конспект з навчальної дисципліни «Аеродинаміка, динаміка польоту та практична аеродинаміка». Частина II «Динаміка польоту». Автор: Пчельников С.І.
6. Аеродинаміка літальних апаратів: навчальний посібник /О.О. Бурсала. А. Г. Зінченко, Є. Ю. Іленко, І. Б. Ковтонюк, А. Л. Сушко – Х.: ХУПС, 2015. -333 с.: іл.
7. Лебідь В. Г., Миргород Ю. І., Аерогідрогазодинаміка. Підручник Х.: ХУПС, 2006. – 350 с.
8. Тягній В. Г., Ємець В. В., Основи аеродинаміки та динаміки польоту, частина I, Аерогідрогазодинаміка. Навчальний посібник, КЛК ХНУВС, 2022. – 384 с.

ДОДАТКОВА ЛІТЕРАТУРА З НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

1. Ковалев Е. Д., Удовенко В. А., Основи аеродинаміки і динаміка польоту легких вертольотів. Навчальний посібник. - Х.: КБ Аерокоптер, 2008. – 280 с.

Інформаційні ресурси в Інтернеті:

1. <http://csm.kiev.ua/nd/nd.php?b=1>