

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВНУТРІШНІХ
СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія аеронавігації

МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ

до практичних занять
із навчальної дисципліни

**«Загальні знання дистанційно пілотованих повітряних
суден: Аеродинаміка та динаміка польотів безпілотних
літальних апаратів»**

обов'язкових компонент
освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

**Авіаційний транспорт (Оператор безпілотних
літальних апаратів)**

272 Авіаційний транспорт

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією Науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії *аеронавігації*, *протокол від 28.08.2023*
№ 1

Розробник: професор навчального відділу КЛК ХНУВС, викладач циклової комісії аеронавігації, к. т. н., с. н. с., спеціаліст вищої категорії, викладач – методист, Тягній В. Г.

Рецензенти:

1 Головний науковий співробітник ТОВ «Науково-виробниче об'єднання» «АВІА», к.т.н., с.н.с., Зінченко В. П.

2 Професор навчального відділу КЛК ХНУВС, викладач-методист циклової комісії енергозабезпечення та систем управління, к. т. н., професор, спеціаліст вищої категорії, Гаврилюк Ю. М.

1. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами
1.1 Розподіл часу навчальної дисципліни за темами
(денна форма навчання)

Номер та назва навчальної теми	Кількість годин, відведених на вивчення навчальної дисципліни						Вид контролю
	Всього	з них:					
		Лекції	Семінарські заняття	Практичні заняття	Лабораторні заняття	Самостійна робота	
Семестр № 6							
Тема №1. Основні поняття і співвідношення аерогідрогазодинаміки. Фізико-механічні властивості і параметри рідин і газів	5	2	-	-	-	3	
Тема № 2. Основи кінематики і динаміки рідин і газів	8	2	-	-	2	4	
Тема № 3. Фізична сутність газодинамічних особливостей. Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу крила. Фізична сутність тертя в примежовому шарі	5	2	-	-	-	3	ПЗ-3.1 ПКЕЗ № 1 за темами 1...3
Тема № 4. Аеродинамічні характеристики профілю і несучих поверхонь ЛА	14	4	-	2	-	8	
Тема № 5. Аеродинамічні характеристики несучого гвинта вертольоту	8	2	-	2	-	4	ПЗ-5.2 ПКР № 1 за темами 4...5;
Тема № 6. Рівновага, стійкість і керованість літальних апаратів	6	2	-	-	2	4	ІКЗ № 1 за темами 3-5
Тема № 7. Усталений рух літальних апаратів	6	2	-	-	-	4	
Тема № 8. Неусталений рух літальних апаратів	10	2	-	2	2	4	ПЗ-8.1 ПКР № 2 за

							темами 6...8; ІКЗ № 2 за темами 6-8
Всього за семестр № 5:	60	18	-	6	6	30	Екзаме н + КР

1.2 Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (заочна форма навчання не передбачена)

2. Методичні вказівки до практичних занять

Практичне заняття - це вид навчального заняття, на якому організовується детальний розгляд здобувачами освіти окремих теоретичних положень навчальної дисципліни та формується вміння і навички їх практичного застосування шляхом індивідуального виконання здобувачами освіти роботи відповідно до сформульованих завдань.

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 1 (ІЗ-3.1, виконання ПКЕЗ № 1)

ТЕМА № 1: Основні поняття і співвідношення аерогідродинаміки.

Фізико-механічні властивості і основні параметри рідин і газів.

ТЕМА № 2: Основи кінематики і динаміки рідин і газів.

ТЕМА № 3: Фізична сутність газодинамічних особливостей. Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу крила. Фізична сутність тертя в примежовому шарі.

Тематичні питання практичного заняття № 1:

- 1 Фізичні властивості і параметри рідини і газу, їх вплив на розмір аеродинамічних сил.
- 2 Ознайомлення з устаткуванням аеродинамічних лабораторій, їх призначенням і принципом дії.
- 3 Основні поняття і параметри прямолінійної рівномірної течії і вихрового руху рідини і газу.
- 4 Основні рівняння рухомого потоку рідин і газів і їх практичне використання в аерогідродинаміці.

Навчальна мета заняття:

- 1 Закріплення теоретичних знань впливу фізичних властивостей і параметрів рідин і газів на протікання фізичних процесів та на розмір

аерогідродинамічних сил. Оволодіння методикою їх розрахунку.

2 Характеристика устаткування аеродинамічних лабораторій, методів і методик проведення експериментальних досліджень і їх використання в практичній діяльності.

3 Закріплення теоретичних знань про потік рідини і газу, прямолінійну рівномірну течію і обертальний рух частинок рідини і газу.

4 Розгляд теоретичних моделей обтікання твердих тіл потоком рідини і газу.

5 Практичне використання в аерогідрогазодинаміці основних рівнянь рухомого потоку рідини і газу.

6 Виконання лабораторної роботи № 1 (ПЗ-2.1)

Кількість годин – 2 год.

Навчальні питання:

- 1 Принципи польоту ЛА, види і типи ПС.
- 2 Будова атмосфери Землі, її основні фізичні параметри.
- 3 Гіпотеза суцільності середовища, характеристика числа Кнудсена.
- 4 Принципи зворотності руху і моделювання течії в аерогідрогазодинаміці.
- 5 Поняття про крапельну і газоподібну рідину, ідеальну і реальну рідину.
- 6 Характеристика в'язкості рідини, розкрити поняття: ковзна напруга, градієнт швидкості, коефіцієнти динамічної і кінематичної в'язкості.
- 7 Характеристика стисливості і модулю пружності рідини та питомої теплоємності газу.
- 8 Характеристика фізичних параметрів рідини: тиск і швидкість звуку в середовищі.
- 9 Рівняння стану газового середовища і його практичне використання в аерогідрогазодинаміці.
- 10 Рівняння збереження енергії потоку рідини і газу, його практичне використання в аерогідрогазодинаміці.
- 11 Рівняння нерозривності потоку рідини і газу і його практичне використання в аерогідрогазодинаміці.
- 12 Рівняння Д. Бернуллі для рухомого потоку рідини і галузі його практичне використання в аерогідрогазодинаміці.
- 13 Теоретичні моделі моделювання течії потоку рідини і газу навколо твердих тіл.
- 14 Охарактеризувати прямолінійний рівномірний рух потоку рідини і газу, дати визначення термінам: трубка току, лінія току, траєкторія.

- 15 Охарактеризувати вихровий потік рідини і газу, дати визначення термінам: вихрова трубка, вихрова лінія, вихровий шнур.

План проведення заняття:

- 1 Проведення усного опитування за темами 1 і 2.
- 2 Показ навчальних фільмів:
 - 2.1 “Кінематика рідини і газу. Фрагмент 1. Способи спостереження течії рідини і газу” та Фрагмент 2. «Безвихрова течія”.
 - 2.2 “Аеродинамічна база ДНДІ НАУ”;
 - 2.3 “Молекулярна будова матерії, рідин і газів”.
- 3 Розв’язок типових задач.
- 4 Доведення варіантів домашнього індивідуального контрольного завдання № 1.
- 5 Виконання лабораторної роботи № 1 (ЛР - 2.1).

Рекомендована література

- 1.1 - 4...19; 1.2 - 5...48; 77...86; 1.3 - 7...27; 1.4 - 5...25;
1.2 1.8 - 3...41; 3.1; 3.2.

Порядок проведення заняття

Теоретична частина заняття

По темі № 1

Аеродинаміка - це розділ, в якому вивчаються закони руху повітря і сил, що виникають на поверхні тіл, відносно яких здійснюється його рух.

Аеродинаміка умовно поділяється на **теоретичну**, яка вивчає закономірності руху повітря і його дію на тіла, **експериментальну**, яка досліджує рух і взаємодію його з тілами, що обтікаються повітрям на моделях в аеродинамічних трубах і **прикладну**, що дозволяє об’єднувати теоретичні розробки і експериментальні дослідження для використання їх в практичній інженерній діяльності.

Однією із найважливіших задач аеродинаміки є отримання і вивчення аеродинамічних характеристик, які кількісно показують взаємодію літального апарату з повітряним середовищем.

Сучасна аеродинаміка розвивається за двома напрямками:

- **перший-це** дослідження розподілу нормального тиску і ковзної напруги по поверхні літального апарату, а також визначає результуючі аеродинамічні сили і моменти;

- *другий- це* вивчення проблем аеротермодинаміки і аеродинамічного нагрівання, яке виникає при обтіканні тіл газом, що рухаються з надзвуковими швидкостями.

При вивченні основних законів аерогідрогазодинаміки приймається припущення про суцільність повітряного середовища. Згідно цього припущенню гази в аеродинаміці розглядаються як суцільне середовище з безперервним розподілом тиску в просторі.

При вивченні фізичної сутності обтікання різних тіл потоком повітря, а також силової взаємодії з потоком використовується принцип оборотності руху. Згідно цього принципу рух тіла з заданою швидкістю в нерухомому середовищі рівнозначно руху середовища з тією ж швидкістю відносно нерухомого тіла.

В теорії аеродинаміки розглядаються три основних принципи польоту: *аеростатичний, аеродинамічний і балістичний*.

До літальних апаратів, які важчі повітря і використовують аеродинамічний принцип польоту відносяться: планери, літаки, гвинтокрилі апарати і космічні апарати.

Атмосфера Землі-це повітряна оболочка навколо земного шару, нижньою межею якої є поверхня Землі, а верхньою-висота **2-3 тис. км.**, де густина повітря у **$16 \cdot 10^{17}$** раз менше чим на поверхні Землі. Стан і фізичні властивості повітря характеризуються фізичними параметрами: тиском, густиною, температурою і швидкістю звуку.

До фізичних властивостей газів, які впливають на виникнення і розмір аеродинамічних сил відносяться: *інертність, в'язкість, стисливість, плинність, питома теплоємність*.

Більшість фізичних властивостей газів, які визначають їх стан характеризуються фізичними параметрами: *температурою, тиском, густиною, вологістю, швидкістю звуку*.

По темі № 2

Основним завданням кінематики рідини і газу є визначення швидкостей і напрямку руху частинок рідини і газу. Сукупність швидкостей частинок середовища створює поле швидкостей. Рух рідини чи газу можна вважати визначеним, якщо відомо вектор швидкості в кожній точці середовища, а саме коли відоме поле швидкостей. Швидкості руху частинок рідини і газу можна виразити як функцію часу і координат, в яких знаходяться час-тинки в даний момент часу.

У випадку ***неусталеного руху*** потоку рідини (газу) прискорення частинок визначається як зміну швидкості у часі, так і зміна

швидкості в залежності від положення частинки у просторі.

У випадку *усталеного руху* потоку прискорення частинок визначається як зміна положення їх у просторі, без врахування змін у часі.

Лінія, по якій одна і та ж частинка рухається у просторі за деякий термін часу, називається *траєкторією руху* частинки. *Лінією току* називається така лінія у потоці, дотична в кожній точці якої співпадає з вектором миттєвої швидкості частинки у цій же точці. Лінії току дають наочну уяву про фізичну картину течії потоку навколо твердого тіла і про миттєву картину розподілу швидкостей у різних точках простору.

Якщо в усталеному потоці виділити деякий замкнутий контур і через кожну точку цього контуру провести лінію току, то отримаємо поверхню, що обмежує відповідний об'єм рідини (газу), цей об'єм називається *трубкою току*. Рідина (газ), що рухається в середині трубки називається *струменем*. Кожний, віртуально виділений в потоці струмінь, можна розглядати ізольовано від загального потоку рідини (газу), так як маса речовини не змінюється. Це дозволяє застосовувати до струменю основні закони збереження: закон збереження маси і закон збереження енергії.

Рух реальної рідини (газу) в загальному виді являє собою складний вихровий рух, коли частинки рідини і газу беруть участь у прямолінійному рівномірному і обертальному рухах і деформуються при цьому. Основною характеристикою вихрового руху є кутова швидкість деформованої частинки рідини (газу).

Якщо відомо поле прямолінійного рівномірного руху рідини (газу), то можна визначити поле кутових швидкостей цього руху.

Вихровою лінією називається така лінія в потоці рідини (газу), в кожній точці якої в даний момент часу вектор кутовою швидкості є дотичним до неї. Частина рухомої рідини (газу), обмеженої вихровими лініями, проведеними через усі точки якого-небудь нескінченно малого замкнутого контуру, що знаходиться в області зайнятою рідиною (газом), називається *вихровою трубкою*. Вихрова трубка, поза якою рух невихровий, називається *вихровим шнуром*. Вихровий шнур нескінченно малого перерізу, але кінцевої інтенсивності називається *вихровою ниткою*.

При *усталеному русі* секундна витрата є величиною постійною для усіх перерізів даного струменю і називається *рівнянням постійної витрати*.

Рівняння Д. Бернуллі являє собою вираз закону збереження енергії, що застосовується до струменю рухомої рідини (газу). **Рівняння Д. Бернуллі для нестисливого середовища:** сума статичного тиску і швидкісного напору в будь-якому перерізі одного і того ж струменю є величиною постійною. Рівняння Д. Бернуллі є основним рівнянням аерогідрогазодинаміки, встановлює зв'язок між тиском, швидкістю і густиною у різних перерізах струменю ustalеної течії рідини (газу). Рівняння використовується при обґрунтуванні фізичної сутності виникнення підйомної сили на несучих поверхнях. На рівнянні Д. Бернуллі побудовано принцип виміру швидкості польоту ЛА з допомогою приймача повітряного тиску.

Перелік питань до розгляду

По темі № 1

- 1 Аеродинаміка як наука, її складові частини, основні напрями її розвитку.
- 2 Поняття про ЛА, принципи виникнення підйомної сили і польоту ПС.
- 3 Сутність гіпотези суцільності середовища, характеристика середовища за числом Кнудсена.
- 4 Атмосфера землі, її будова, основні фізичні параметри, що характеризують її властивості і використовуються в аерогідрогазодинаміці.
- 5 Гідроаеродинаміка, як комплексна наука, розвиток і характеристика розділів динаміки рідини і газів, як самостійних наукових напрямів.
- 6 Динаміка польоту як наука, її призначення і задачі, які можна розв'язувати з її допомогою.
- 7 Характеристика фізичної властивості речовини: інертність і плинність, фізичних параметрів: масова густина, питома вага і питомий об'єм.
- 8 Характеристика фізичної властивості речовини: в'язкість, динамічний і кінематичний коефіцієнти в'язкості, градієнт швидкості, фізичного параметру: температура середовища.
- 9 Характеристика фізичної властивості речовини: стисливість, модуль пружності і фізичних параметрів: число Маха і швидкість звуку.
- 10 Характеристика фізичної властивості речовини: питома теплоємність і вологість, фізичного параметру: тиск в середовищі.

- 11 Характеристика фізичних параметрів: тиск в середовищі, ковзна напруга і закону внутрішнього тертя.
- 12 Характеристика фізичної властивості середовища: вологість, абсолютна і відносна. Поняття числа Рейнольдса.
- 13 Характеристика фізичної властивості речовини: стисливість і інертність, градієнт швидкості.

По темі № 2

- 1 Рівняння стану газового середовища і його практичне використання в аерогідрогазодинаміці.
- 2 Рівняння збереження енергії потоку рідини і газу, його практичне використання в аерогідрогазодинаміці.
- 3 Рівняння нерозривності потоку рідини і газу і його практичне використання в аерогідрогазодинаміці.
- 4 Рівняння Д. Бернуллі для рухомого потоку рідини і газу і його практичне використання в аерогідрогазодинаміці.
- 5 Теоретичні моделі моделювання течії потоку рідини і газу навколо твердих тіл.
- 6 Охарактеризувати прямолінійний рівномірний рух потоку рідини і газу, дати визначення термінам: трубка току, лінія току, траєкторія.
- 7 Охарактеризувати вихровий потік рідини і газу, дати визначення термінам: вихрова трубка, вихрова лінія, вихровий шнур.
- 8 Визначення потоку, розкрити поняття усталеного і не усталеного потоку, спектру течії навколо тіл.
- 9 Фізична картина течії рідини і газу навколо твердих тіл, характеристика зон течії.
- 10 Застосування рівнянь Л. Ейлера і Д. Бернуллі для пояснення фізичної сутності виникнення підйомної сили в аерогідрогазодинаміці.
- 11 Практичне застосування рівнянь Клайперона-Менделєєва і збереження енергії газового потоку в аерогідрогазодинаміці.

По темі № 3.

- 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 дільниці.

- 3 Сутність вихрової течії, характеристика основних параметрів вихрової течії: напруга вихору, колова швидкість, циркуляція швидкості.
- 4 Теорема Гельмгольца і її сутність, визначення напруги вихору.
- 5 Теорема Стокса і її сутність, визначення колової швидкості.
- 6 Теорема Томпсона і її сутність, поняття про циркуляцію швидкості.
- 7 Визначення колової швидкості для нескінченного і напівнескінченного вихоря.
- 8 Сутність газодинамічних особливостей, характеристика витоку і стоку.
- 9 Газодинамічна особливість диполь, його сутність і параметри, їх розрахунок.
- 10 Моделювання течії газового потоку газодинамічними особливостями і її коротка характеристика.
- 11 Формула Біо-Савара, її застосування для нескінченних і напівнескінченних вихорів.
- 12 Фізична сутність потенціального і не потенціального руху, характеристика газодинамічних особливостей.
- 13 Сутність примежового шару, його характеристика і зміна параметрів по товщині шару
- 14 Структура примежового шару, якісна характеристика зміни основних параметрів для кожного виду шару
- 15 Умови зміни структури примежового шару, сутність критичного числа Рейнольдса
- 16 Розкрити фізичну сутність виникнення сили тертя в примежовому шарі
- 17 Фізична сутність відриву потоку в примежовому шарі
- 18 Розкрити фізичну сутність парадоксу Ейлера-Даламбера
- 19 Сутність виникнення сили опору при обтіканні циліндра в'язкою рідиною чи газом
- 20 Сутність явища "в'язка криза", залежність коефіцієнту опору від числа Рейнольдса
- 21 Сутність і способи управління примежовим шаром. Взаємодія примежового шару і стрибків згущення, сутність хвильового зриву потоку

Рекомендований перелік літератури

Основна:

- 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». Часть 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.

Допоміжна:

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

Інформаційні ресурси

Інформаційні ресурси в Інтернеті

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

Технічні засоби

- 1 Багатофункціональний плазмовий телевізор.
- 2 Персональний комп'ютер.
- 3 Мультимедійний проектор.

Наочні посібники

- 1 Опорний конспект лекцій по дисципліні «Основи аеродинаміки та динаміки польотів».
- 2 Електронний конспект лекцій по дисципліні.
- 3 Презентація окремих тем дисципліни.
- 4 Схеми та таблиці по темам дисципліни.
- 5 Зразки інформаційної та службової документації.
- 6 Навчальні фільми за тематикою дисципліни «Основи аеродинаміки та динаміки польотів».
- 7 Стенди і плакати за тематикою дисципліни «Основи аеродинаміки та динаміки польотів»
- 8 Начальний посібник по дисципліні “Аерогідрогазодинаміка”

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 2 (ПЗ-5.1, виконання ПКР № 1)

ТЕМА № 4: Аеродинамічні характеристики профілю і несучих поверхонь ЛА

ТЕМА № 5: Аеродинамічні характеристики несучого гвинта вертольоту

Тематичні питання практичного заняття № 3:

По темі 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 на графіку.
- 3 Сутність вихрової течії, характеристика основних параметрів вихрової течії: напруга вихора, циркуляція швидкості.
- 4 Теорема Гельмгольца і її сутність, визначення напруги вихора.
- 5 Теорема Стокса і її сутність, визначення індукційної колової швидкості.
- 6 Теорема Томпсона і її сутність, визначення циркуляції швидкості.
- 7 Сутність газодинамічних особливостей, характеристика витоку і стоку.
- 8 Газодинамічна особливість – диполь, його сутність, основні параметри і формули розрахунку.
- 9 Сутність моделювання течії газового потоку газодинамічними особливостями і її коротка характеристика.
- 10 Формула Біо-Савара, її загальний вигляд і застосування для нескінченних і напів-нескінченних вихорів.
- 11 Характеристика сили лобового опору, його складових частин і і

аналіз залежності їх від геометричних характеристик профілю і кінематичних параметрів обтікання.

- 12 Розгляд фізичної сутності впливу стисливості середовища на аеродинамічні характеристики профілю.
- 13 Характеристика залежності аеродинамічних коефіцієнтів підйомної сили і сили лобового опору від числа Маха.
- 14 Поняття про аеродинамічну якість і поляру I роду.
- 15 Поняття про підсмоктувальну силу профіля і поляру II роду.

По темі - 5

- 1 Призначення, види, класифікація і основні конструктивні елементи НГ.
- 2 Геометричні параметри і характеристики НГ.
- 3 Кінематичні параметри НГ.
- 4 Геометричні параметри лопатей НГ.
- 5 Кінематичні параметри лопатей НГ.
- 6 Особливості обтікання НГ на режимах висіння і вертикальних переміщень.
- 7 Особливості обтікання НГ на режимах горизонтального польоту.
- 8 Сутність імпульсної теорії визначення тяги НГ.
- 9 Визначення індуктивних швидкостей НГ на режимах висіння.
- 10 Визначення індуктивних швидкостей НГ і тяги на режимах вертикального переміщення.
- 11 Фізична сутність режимів роботи НГ при зміні вертикальних швидкостей зниження вертольоту.
- 12 Визначення тяги та індуктивної швидкості на режимах косого обтікання НГ.
- 13 Сутність загальної вихрової теорії розрахунку тяги НГ.
- 14 Сутність лопатної і дискової теорії розрахунку тяги НГ.
- 15 Навести і охарактеризувати сили і моменти, що діють на елементи лопатей НГ.
- 16 Розкрити поняття про махові рухи лопаті НГ і навести основні сили, що діють в площині тяги НГ.
- 17 Охарактеризувати залежність кута злету лопатей відносно ГШ по азимутам від середнього кута конусності та кутів відхилення аеродинамічної вісі в повздожньому і поперечному напрямках.
- 18 Охарактеризувати динаміку зміни основних кінематичних параметрів лопатей по азимутам.
- 19 Охарактеризувати закономірності зміни кінематичних параметрів від махового руху лопатей і завалу конуса обертання НГ.

- 20 Охарактеризувати динаміку лопатей в площині обертання НГ і основні закономірності качання лопатей відносно ВШ.

План заняття

- 1 Проведення усного опитування за темами 2...5.
 - 2 Розв'язок типових задач.
 - 3 Показ навчальних фільмів:
 - 3.1 “Ефекти стисливості газового середовища. Фрагмент 3. Розповсюдження збурювань в газовому середовищі”; (5хв. 37с)
 - 3.2 “Аеродинаміка крила. Фрагмент 9. Вихрова система крила. Сучасні форми крил”. (5хв. 48с)
 - 3.3 “Ефекти в'язкості рідини і газу, Фрагмент 7. Керування примежовим шаром. Злітно-посадочна механізація крила”.
 - 4 Проведення підсумкової контрольної роботи № 1 за темами 2...5
- Кількість годин – 2 год.

Рекомендована література

- 1.1- 61...103; 1.2 - 197...209, 223...234, 298...315; 1.3 - 37...60, 90...100;
1.4 - 48...108, 133...144; 1.8 - 67...86; 3.1; 3.2.

Порядок проведення заняття

Теоретична частина заняття

Розгляд теоретичних питань за темами 2...5

Практична частина заняття

Розв'язок типових задач за матеріалом теми № 4

Перелік задач до практичного заняття

По темі - 4

- 1 Визначити коефіцієнт опору тиску і силу опору тиску, якщо відносний тиск перед профілем рівняється **0,015**, а за профілем – **0,007**, площа міделевого перерізу складає **1,5 м²**, площа поверхні профілю – **2 м²**, швидкість повітряного потоку **360 км/год**, площа крила рівняється **40 м²**, висота польоту – **1000 м**.
- 2 Визначити коефіцієнт опору тертя і силу опору тертя, якщо число Рейнольдса рівняється **2300**, площа поверхні плоскої пластини – **0,5 м²**, площі поверхні профіля **1,0 м²**, площа крила **40 м²**, політ літака здійснюється на висоті **1000 м** на швидкості **480 км/год**.
- 3 Визначити коефіцієнт індуктивного опору і силу індуктивного опору, якщо коефіцієнт підйомної сили рівняється **1,25**, середня

- аеродинамічна хорда крила рівняється $b_a=120$ см, розмах крила – 25 м, політ здійснюється на висоті 2000 м з швидкістю – 480 км/год.
- 4 Визначити коефіцієнт лобового опору і силу лобового опору, якщо коефіцієнт лобового опору при $C_{ya} = 0$ рівняється $0,085$, подовження крила – 8 , коефіцієнт підйомної сили рівняється $0,9$, площа крила – 36 м², політ здійснюється на висоті 1000 м з швидкістю – 540 км/год.
 - 5 Визначити коефіцієнт індуктивного опору, силу індуктивного опору і відсмоктувальну силу, якщо політ виконується на висоті 1000 м з швидкістю 540 км/год, кут атаки 6° , коефіцієнт підйомної сили рівняється $1,2$, площа крила 50 м², подовження крила – 10 .
 - 6 Визначити коефіцієнт хвильового опору і силу хвильового опору, якщо критичне число Маха рівняється $0,7$, число Маха незбуреного потоку - $0,85$, коефіцієнт впливу форми профілю на розмір хвильового опору рівняється - 9 , політ здійснюється на висоті 1000 м, площа крила 45 м².
 - 7 Визначити підйомну силу, силу лобового опору і результуючу аеродинамічну силу літака при польоті з швидкістю $M = 0,5$ на висоті 2000 м, якщо коефіцієнт $C_{ya} = 0,8$, а $C_{xa} = 0,005 + 0,3 \cdot C_{ya}$, площа крила $S = 50$ м².
 - 8 Визначити повну аеродинамічну силу, що виникає на літаку в польоті, якщо при числі Маха $M = 0,75$, коефіцієнт $C_{ya} = 0,35$, висота польоту 500 м, полярна описується рівнянням $C_{xa} = 0,021 - 0,03C_{ya} + 0,102C_{ya}^2$, площа крила $S = 115$ м².
 - 9 При куті атаки $\alpha = 20^\circ$ без ковзання, коефіцієнти аеродинамічних сил мають значення $C_{xa} = 0,465$ і $C_{ya} = 1,99$. Визначити коефіцієнт аеродинамічної якості K , коефіцієнти повздовжньої сили C_x і нормальної сили C_y , а також нормальну силу на $H = 0$ м, при швидкості $V = 500$ км/год і площі несучої поверхні $S = 88$ м².
 - 10 Визначити швидкість і швидкісний тиск над профілем крила і під ним, якщо швидкість невимушеного потоку рівняється $V = 300$ км/год на висоті польоту 1000 м, площа перерізу потоку перед профілем рівняється $S = 250$ мм, при цьому площа над профілем зменшується на 20% , а під профілем збільшується на 10% .
 - 11 При куті атаки $\alpha = 15^\circ$ без ковзання, коефіцієнти аеродинамічних сил мають значення $C_{xa} = 0,55$ і $C_{ya} = 2,05$. Визначити коефіцієнти повздовжньої сили C_x і нормальної сили C_y , результуючий коефіцієнт аеродинамічних сил C_{Ra} та коефіцієнт аеродинамічної якості K .

- 12 Визначити аеродинамічну якість і швидкість польоту літака, якщо коефіцієнти аеродинамічних сил рівняються $C_{ya} = 0,6$ і $C_{xa} = 0,015 - 0,02C_{ya} + 0,11C_{ya}^2$, число Маха рівняється $M = 0,8$ на $H = 10000$ м.
- 13 Визначити числа Маха, Рейнольдса і швидкісний тиск, якщо літак летить на висоті де температура складає $t_n = \text{мінус } 45^\circ\text{C}$, температура на землі $t_0 = +15^\circ\text{C}$, швидкість польоту $V = 880$ км/год. Коефіцієнт кінематичної в'язкості складає $\nu_n = 32 \cdot 10^6$ м²/с, хорда крила $b_a = 2$ м.
- 14 Коефіцієнт лобового опору літака при виготовленні складає $C_{xa,1} = 0,019$. В процесі експлуатації і ремонту обшивки фюзеляжу літака коефіцієнт опору збільшився до $C_{xa,2} = 0,021$. Визначити на скільки збільшилась сила опору літака в польоті на висоті $H = 6000$ м при швидкості $V = 648$ км/год., площа крила $S = 140$ м².
- 15 В польоті літака з кутом атаки крила $\alpha = 0,07$ рад., коефіцієнт підйомної сили $C_{ya} = 0,6$. Визначити кут атаки нульової підйомної сили α_0 , якщо похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки рівняється $C_{ya}^\alpha = 5,3$, а також аеродинамічну якість, якщо коефіцієнт лобового опору рівняється $C_{xa} = 0,015 + 0,03C_{ya}^2$.
- 16 Підйомна сила крила нескінченного розмаху площею $S = 10$ м² при $\alpha_1 = 0,0434$ рад і швидкості польоту $V_1 = 880$ км/год коло землі рівняється $Y_a = 17760$ Н, похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки профілю рівняється $C_{ya}^\alpha = 4,8$. Визначити коефіцієнт підйомної сили C_{ya} і кут атаки нульової підйомної сили α_0 .
- 17 Визначити аеродинамічну якість і швидкість польоту літака, якщо коефіцієнти аеродинамічних сил рівняються $C_{ya} = 0,7$ і $C_{xa} = 0,015 - 0,02C_{ya} + 0,11C_{ya}^2$, число Маха рівняється $M = 0,7$ на $H = 8000$ м.
- 18 Визначити мінімальну посадкову швидкість літака посадковою вагою 100Тс , якщо похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки рівняється $C_{ya}^\alpha = 4,8$, критичний кут атаки $\alpha_{кр} = 15^\circ$, кут атаки при нульовій підйомній силі $\alpha_0 = \text{мінус } 2^\circ$, висота знаходження аеродрому $H = 1000$ м, площа крила складає 320 м².
- 19 Визначити максимальну посадкову вагу літака на аеродромі, що знаходиться на висоті 1500 м, якщо похідна коефіцієнта підйомної сили від кута атаки рівняється $C_{ya}^\alpha = 5,4$, критичний кут атаки $\alpha_{кр} = 20^\circ$, кут атаки при нульовій підйомній силі $\alpha_0 = \text{мінус } 4^\circ$, площа крила рівняється , посадкова швидкість $V = 200$ км/год.

По темі - 5

- 1 Визначити ометаєму площу НГ вертольоту *Mi-8*, питоме навантаження і коефіцієнт заповнення, якщо діаметр НГ рівняється **21,3 м**, маса вертольоту – **12000 кгс**, кількість лопатей – **5**, хорда лопаті складає **$b_a=580$ мм**.
- 2 Визначити частоту обертання, колову швидкість обертання кінця лопаті НГ і число Маха, якщо число обертання НГ вертольоту *Mi-24* рівняється **248 об/хв**, діаметр НГ – **17,4 м**, висота польоту вертольоту складає **1000 м**.
- 3 Визначити колову швидкість кінця лопаті НГ, коефіцієнт протікання і характеристику режиму роботи НГ вертольоту *Mi-2*, якщо частота обертання рівняється **26 1/с**, діаметр НГ – **14,5 м**, швидкість горизонтального польоту вертольота рівняється **210 км/год**, кут атаки НГ - **5^0** , індуктивна швидкість відкидання маси повітря рівняється **10 м/с**.
- 4 Визначити результуючу швидкість обтікання перерізів лопатей і її складові, якщо частота обертання рівняється **59,1 1/с**, швидкість горизонтального польоту вертольоту *AKI-3* складає **150 км/год**, азимут лопаті **90^0** , кут атаки НГ рівняється **5^0** , в перерізі поточного радіусу лопаті **150 см** кут взмаху лопаті - **3^0** , а швидкість зміни кута взмаху – **0,08 1/с**, індуктивна швидкість відкидання маси повітря – **6 м/с**.
- 5 Визначити характеристику режиму роботи НГ вертольоту *Mi-24* при горизонтальному польоті і геометричну скрутку лопатей НГ на поточному радіусі **8м**, якщо швидкість горизонтального польоту – **240 км/год**, кут атаки НГ - **5^0** , обороти НГ рівняються **248 об/хв**, кут установки лопаті у комля - **7^0** , погонна зміна кута установки по радіусу лопаті рівняється **$0,5^{град}/м$** , індуктивна швидкість відкидання маси повітря – **10 м/с.**, діаметр НГ – **17,4 м**.
- 6 Визначити горизонтальну і вертикальну складові швидкості обтікання перерізів лопатей НГ вертольоту *AKI-3*, а також кут атаки перерізу лопаті на радіусі **4000 см**, якщо швидкість горизонтального польоту рівняється **150 км/год**, кількість обертання НГ – **565 об/хв**, кут атаки НГ – **5^0** в азимуті лопаті **180^0** , індуктивна швидкість відкидання маси повітря – **6м/с**, кут взмаху лопаті – **6^0** , швидкість кута взмаху лопаті **0,1 1/с**, кут установки в перерізі рівняється **5^0** .

Рекомендований перелік літератури

Основна:

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». Часть 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.

Допоміжна:

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

Інформаційні ресурси

Інформаційні ресурси в Інтернеті

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

Технічні засоби

1. Багатофункціональний плазманий телевізор.
2. Персональний комп'ютер.
3. Мультимедійний проектор.

Наочні посібники

1. Опорний конспект лекцій по дисципліні «Основи аеродинаміки та динаміки польотів».
2. Електронний конспект лекцій по дисципліні.
3. Презентація окремих тем дисципліни.
4. Схеми та таблиці по темам дисципліни.
5. Зразки інформаційної та службової документації.
6. Навчальні фільми за тематикою дисципліни «Основи аеродинаміки та динаміки польотів».
7. Стенди і плакати за тематикою дисципліни «Основи аеродинаміки та динаміки польотів»
8. Начальний посібник по дисципліні “Аерогідрогазодинаміка”

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 3 (ПЗ-8.1, виконання ПКР № 2)

ТЕМА № 6 Рівновага, стійкість і керованість літальних апаратів

ТЕМА № 7: Усталений рух літальних апаратів

ТЕМА № 8: Неусталений рух ЛА

Тематичні питання практичного № 6

По темі - 6

- 1 Схематизація сил і моментів, рівняння руху вертольоту в польоті.
- 2 Поняття про усталений і не усталений польоти, статична стійкість, демпфірування поведінки і керованості вертольоту.
- 3 Повздовжня стійкість і керованість вертольоту.
- 4 Поняття про бокову стійкість і керованість вертольоту.
- 5 Особливості пілотування вертольотом при автоматичній системи керування вертольотом.

По темі - 7

- 1 Характеристика необхідної і розрахункової потужності НГ.
- 2 Характеристика режимів вертикального польоту: умови і особливості виконання висіння, вертикального підйому і вертикального зниження вертольоту.
- 3 Поняття про діапазон швидкостей і висот польоту вертольоту, характеристика швидкостей горизонтального польоту: мінімальної, економічної, крейсерської і максимальної.
- 4 Умови і особливості виконання горизонтального польоту. Поняття про I і II режими постійного горизонтального польоту.

По темі- 8

- 1 Особливості зльоту і посадки по - вертольотному.
- 2 Особливості зльоту і посадки по - літаковому.
- 3 Етапи і дистанції зльоту і посадки вертольоту.
- 4 Особливості руху вертольоту по землі і експлуатаційні обмеження.
- 5 Особливості посадки на режимі авторотації.
- 6 Особливості посадки вертольоту з боковим вітром.

Навчальна мета заняття:

- 1 Аналіз сил і моментів, що діють на вертольот, рівняння руху вертольоту
- 2 Розгляд понять усталений і не усталений польоти вертольоту. Вплив стійкості, демпфірування на керованість вертольоту.
- 3 Аналіз повздовжньої і бокової стійкості і керованості вертольоту.
- 4 Аналіз особливостей пілотування вертольотом при автоматичному керуванні.
- 5 За результатами підсумкової контрольної роботи оцінити рівень засвоєння знань і навичок основ динаміки польотів літаків і НГ вертольоту.
- 6 Виконання підсумкової контрольної роботи № 3
- 7 Кількість годин – 2 год.

Рекомендована література

1.1-132...197; 1.2 -210...261;1.3-238...283;

Рекомендований перелік літератури**Основна:**

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». Часть 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.

Допоміжна:

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

Інформаційні ресурси

Інформаційні ресурси в Інтернеті

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

Технічні засоби

1. Багатофункціональний плазмовий телевізор.
2. Персональний комп'ютер.
3. Мультимедійний проектор.

Наочні посібники

1. Опорний конспект лекцій по дисципліні «Основи аеродинаміки та динаміки польотів».
2. Електронний конспект лекцій по дисципліні.
3. Презентація окремих тем дисципліни.
4. Схеми та таблиці по темам дисципліни.
5. Зразки інформаційної та службової документації.
6. Навчальні фільми за тематикою дисципліни «Основи аеродинаміки та динаміки польотів».
7. Стенди і плакати за тематикою дисципліни «Основи аеродинаміки та динаміки польотів»
8. Начальний посібник по дисципліні “Аерогідрогазодинаміка”

ПРАКТИЧНЕ ЗАНЯТТЯ № 4 (Проводиться в поза аудиторні часи)

Тема заняття: Захист курсової роботи.

Мета заняття: За результатами захисту курсової роботи оцінити рівень засвоєння теоретичних знань і практичних навичок аеродинаміки літальних апаратів і визначення аеродинамічних характеристик профілю і несучих поверхонь ЛА.

План заняття

- 1 Проведення захисту курсової роботи згідно варіантів завдань.

Перелік питань до захисту курсової роботи

- 1 Характеристика систем координат, що використовуються в аерогідрогазодинаміці, дати визначення кута атаки і кута ковзання.
- 2 Характеристика складових частин результуючої аеродинамічної сили та повного аеродинамічного моменту в проекціях на вісі швидкісної і зв'язаної систем координат.
- 3 Сутність середньої аеродинамічної хорди профілю крила, геометричний метод визначення місця розташування і розміру середньої аеродинамічної хорди для крил складної форми в плані.
- 4 Форми несучих поверхонь в плані, основні геометричні і кінематичні параметри несучих поверхонь ЛА.
- 5 Аеродинамічні форми профілю несучих поверхонь. Визначення установчого кута і сутність геометричної, аеродинамічної і конічної круток несучих поверхонь.
- 6 Характеристика розподілу коефіцієнтів нормального тиску на профілі крила: векторна діаграма по поверхні профілю і епюра розподілу тиску по хорді профілю.
- 7 Поняття про центр тиску і аеродинамічний фокус профілю.
- 8 Характеристика коефіцієнта підйомної сили профілю, графічної залежності $C_{ya} = f(\alpha)$, характерні ділянки на графіку.
- 9 Характеристика лобового опору профілю і несучої поверхні ЛА, графічної залежності $C_{xa} = f(\alpha)$, характерні ділянки на графіку.
- 10 Профільний опір, його фізична сутність, складові частини, вплив геометричних і кінематичних параметрів на протікання залежності $C_{xa,p} = f(\alpha)$.

- 11 Сутність індуктивного опору, вплив кінематичних і геометричних параметрів профілю крила на його розмір і протікання залежності $C_{xa,i} = f(\alpha)$.
- 12 Аеродинамічна якість профілю крила, особливості побудови і характерні ділянки на графіку $K = f(\alpha)$.
- 13 Фізична сутність підсмоктувальної сили профілю крила і її вплив на протікання залежності $C_x = f(\alpha)$, характерні ділянки на графіку.
- 14 Поляра **I роду**, її сутність, особливості побудови і характерні ділянки графіку.
- 15 Поляра **II роду**, її сутність, особливості побудови і характерні ділянки графіку.
- 16 Момент тангажу профілю крила, його сутність і залежність коефіцієнта тангажа від кута атаки $m_z = f(\alpha)$.

Рекомендована література

1.8- 116...142; 192...201; 2.5 - 116...141.

Рекомендований перелік літератури

Основна:

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». Часть 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 І, Аерогідрогазодинаміка. Навчальний посібник, КЛК ХНУВС, 2022. – 384 с.

Допоміжна:

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

Інформаційні ресурси

Інформаційні ресурси в Інтернеті

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

Технічні засоби

1. Багатофункціональний плазмовий телевізор.
2. Персональний комп'ютер.
3. Мультимедійний проектор.

Наочні посібники

1. Опорний конспект лекцій по дисципліні «Основи аеродинаміки та динаміки польотів».
2. Електронний конспект лекцій по дисципліні.
3. Презентація окремих тем дисципліни.
4. Схеми та таблиці по темам дисципліни.
5. Зразки інформаційної та службової документації.
6. Навчальні фільми за тематикою дисципліни «Основи аеродинаміки та динаміки польотів».
7. Стенди і плакати за тематикою дисципліни «Основи аеродинаміки та динаміки польотів»
8. Начальний посібник по дисципліні “Аерогідрогазодинаміка”