

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

**Циклова комісія аеронавігації**

**РОБОЧА ПРОГРАМА**

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. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Шифри та назви галузі знань, код та назва напрямку підготовки, спеціальності, освітньо-кваліфікаційний рівень	Характеристика навчальної дисципліни
Кількість кредитів ECTS – 3.5 Загальна кількість годин - 105,0 Змістовних модулів - 3 Кількість тем - 8	<u>27</u> <u>Транспорт;</u> (шифр галузі) (назва галузі знань) <u>272</u> <u>Авіаційний транспорт;</u> (код напрямку) (назва напрямку підготовки або спеціальності) <u>бакалавр</u> (назва сво)	Навчальний курс <u>2</u> (номер) Семестр <u>4</u> (номер) Види контролю: <u>Екзамен+КР</u> (екзамен, залік)
<b>Розподіл навчальної дисципліни за видами занять:</b>		
<b>Денна форма навчання</b>  Лекції - <u>60</u> (години) Семінарські заняття - <u>-</u> (години) Практичні заняття <u>26</u> (години)  Лабораторні заняття - <u>0</u> (години)  Самостійна робота - <u>19</u> (години)  Індивідуальні завдання:  Курсова робота <u>1, 4</u> (кількість, № семестру) Реферати <u>2, 4</u> (кількість, № семестру)		<b>Заочна форма навчання не передбачено</b>  Лекції <u>-</u> (години) Семінарські заняття <u>-</u> (години) Практичні заняття <u>-</u> (години)  Лабораторні заняття <u>-</u> (години)  Самостійна робота <u>-</u> (години)  Індивідуальні завдання:  Курсова робота <u>-</u> (кількість, № семестру) Реферати <u>-</u> (кількість, № семестру)
НЕ		

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета:** викладання початкової дисципліни «Загальні знання дистанційно пілотованих повітряних суден: Аеродинаміка та динаміка польотів безпілотних літальних апаратів», як обов'язкової компоненти циклу професійної підготовки 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 і вивчається паралельно з дисциплінами «Термодинаміка та теплопередача», «Авіаційна наземна техніка» і передують фаховим дисциплінам «Теорія і конструкція теплових двигунів», «Аеродинаміка, конструкція і системи вертольотів», «Гідравліка та ГППр АТ», «Конструкція АТ та її експлуатація».

Об'єктом і предметом дисципліни є літальні апарати, які здійснюють політ за одним з принципів польоту: аеростатичним, аеродинамічним чи балістичним за використанням теоретичних основ гідроаеромеханіки при утворенні підйомної сили на ЛА: закон Архімеда, закони І. Ньютона, теорема теоретичної механіки про імпульс сили, що виникає при зміні кількості руху, а також основні закони і рівняння гідроаеромеханіки: рівняння нерозривності (*рівняння Л. Ейлера*), рівняння балансу енергії рухомого потоку (*рівняння Д. Бернуллі*), рівняння збереження енергії за термодинамічними законами і рівняння стану газового потоку (*рівняння Клайперона-Менделєєва*).

**Завдання:** завданням дисципліни «Основи аеродинаміки та динаміки польотів» є оволодіння методами визначення:

- 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 приміжовому шарі;
- особливості балансування вертольоту;
- методи розрахунку дальності і тривалості польоту, необхідний запас палива для виконання польоту, часова і кілометрова витрата палива;
- впливу основних експлуатаційних факторів на дальність і тривалість польоту.
- особливостей зльоту і посадки, етапів і дистанції зльоту і посадки ЛА;
- особливостей руху вертольоту по землі і їх експлуатаційні обмеження.

**Міждисциплінарні зв'язки:** дисципліна відноситься до обов'язкової компоненти ОПП циклу професійної підготовки і вивчається після вивчення дисциплін: “Вища математика”, “Фізика”, “Інформаційні технології”, “Вступ аеронавігацію”, “Матеріалознавство”, “Технічна механіка”, “Вища математика”, “Фізика”, “Інформаційні технології”, “Вступ в аеронавігацію”, “Матеріалознавство”, “Технічна механіка” та інших дисциплін. Одночасно вивчаються дисципліни: “Метрологія, стандартизація та сертифікація”, “Конструкція ПС і АД”.

**Очікувані результати навчання:** у результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен:

**знати:**

- основні фізико-механічні властивості і параметри рідини і газу;
- основні закони аерогідрогазодинаміки рухомої рідини і газу;
- фізичну сутність процесів при взаємодії між рідиною і твердим тілом;

- аеродинамічні характеристики профілю, крила і несучого гвинта;
- загальні принципи компонування повітряних суден;
- газодинамічні особливості для математичного моделювання обтікання твердих тіл;
- теоретичні моделі розрахунку аеродинамічних характеристик несучих гвинтів БПЛА і особливості їх роботи;
- про повздовжню і бічну стійкість та керованість БПЛА;
- особливості балансування БПЛА;
- застосування автоматичних пристроїв в системах керування БПЛА;
- режими польоту БПЛА;
- про необхідну і наявну тяга та потужність НГ БПЛА;
- про набір висоти і зниження по похилій траєкторії;
- принципи розрахунку дальності і тривалості польоту;
- вплив основних експлуатаційних факторів на дальність і тривалість польоту.
- особливості зльоту і посадки, етапи і дистанції зльоту і посадки ЛА;
- особливості руху БПЛА по землі і експлуатаційні обмеження.

**вміти:**

- аналізувати вплив різних чинників на взаємодію середовища і твердого тіла;
- використовувати основні закони аерогідрогазодинаміки для визначення параметрів течії в різних умовах і пояснення виникнення на ЛА аеродинамічних сил і моментів;
- розраховувати аеродинамічні характеристики профілю і несучих поверхонь за результатами експериментальних досліджень;
- аналізувати вплив конструктивних і експлуатаційних факторів на аеродинамічні характеристики ЛА
- пояснити можливість і способи керування примежовим шаром і величинами аеродинамічних сил на несучих поверхнях повітряних суден;
- аналізувати особливості повздовжньої і бічної стійкості та керованість вертольоту, особливості балансування БПЛА
- пояснити використання автоматичних пристроїв в системах керування БПЛА;
- аналізувати режими польоту БПЛА, розраховувати необхідну і наявну тяга та потужність НГ ЛА;
- виконувати розрахунок дальності і тривалості польоту,

- аналізувати вплив основних експлуатаційних факторів на дальність і тривалість польоту;
- аналізувати особливості зльоту і посадки, етапи і дистанції зльоту і посадки БПЛА;
- пояснити особливості руху БПЛА по землі і експлуатаційні обмеження.

### Програмні компетентності:

Програмні компетентності, які формуються при вивченні навчальної дисципліни:		
<b>Інтегральна компетентність</b>		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.
	ЗК 3	Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій.
<b>Загальні компетентності, спеціальні (фахові) компетентності</b>	ЗК 4	Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.
	ЗК 9	Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
	ЗК 11	Здатність зберігати та примножувати моральні, культурні, наукові цінності і досягнення суспільства на основі розуміння історії та закономірностей розвитку предметної області, її місця у загальній системі знань про природу і суспільство та у розвитку суспільства, техніки і технологій, використовувати різні види та форми рухової активності для активного відпочинку та ведення здорового способу життя.
	ФК 1	Здатність дотримуватися у професійній діяльності вимог міжнародних та національних нормативно-правових документів в галузі авіаційного транспорту, інструкцій та рекомендацій з експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту та їх систем.
	ФК 2	Здатність аналізувати об'єкти авіаційного транспорту та їх складові, визначати вимоги до їх конструкції, параметрів та характеристик.

	ФК 3	Здатність здійснювати експериментальні дослідження та вимірювання параметрів та характеристик об'єктів авіаційного транспорту, їх агрегатів, систем та елементів.
	ФК 4	Здатність розробляти та впроваджувати технологічні процеси, технологічне устаткування і технологічне оснащення, засоби автоматизації та механізації при виробництві, експлуатації, ремонті та обслуговуванні об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів.
	ФК 5	Здатність розробляти та впроваджувати у виробництво технологічні процеси будівництва, експлуатації, ремонту та обслуговування об'єктів авіаційного транспорту, їх систем, оформлювати відповідну документацію, інструкції, правила та методики.
	ФК 6	Здатність розробляти з урахуванням безпечних умов використання, міцнісних, естетичних, ергономічних і економічних параметрів 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.
	ФК 7	Здатність аналізувати технологічні процеси виробництва й ремонту об'єктів авіаційного транспорту.
	ФК 12	Здатність організовувати дію системи звітності та обліку (управлінського, статистичного, технологічного) роботи об'єктів та систем авіаційного транспорту, здійснювати діловодство, документування та управління якістю згідно нормативно-правових актів, інструкцій та методик.
	ФК 13	Здатність аналізувати техніко-економічні та експлуатаційні показники об'єктів авіаційного транспорту, їх систем та елементів з метою виявлення та усунення негативних чинників та підвищення ефективності виробничого процесу.
	ФК 14	Здатність організовувати власну роботу, роботу підлеглих та підпорядкованих підрозділів відповідно до вимог охорони

		праці, техніки безпеки та протипожежної безпеки на об'єктах авіаційного транспорту при їх побудові, виробництві, експлуатації, технічному обслуговуванні та ремонті.
<b>Програмні результати навчання</b>	РН 6	Аналізувати і обґрунтовувати соціальну значущість професійної діяльності для сталого розвитку країни.
	РН 9	Аналізувати основні історичні етапи розвитку предметної області спеціальності.
	РН 10	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
	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 13	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.
	РН 16	Виконувати розрахунок основних характеристик та параметрів технологічних процесів виробництва й ремонту об'єктів авіаційного транспорту.

### 3. Програма навчальної дисципліни

**ТЕМА № 1.** «Основні поняття і співвідношення аерогідрогазодинаміки. Фізико-механічні властивості і основні параметри рідин і газів».

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 газу. 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

## **ТЕМА № 2.** «Основи кінематики і динаміки рідини і газу».

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.

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

Закономірності вихрової течії газового потоку. Поняття про напругу, інтенсивність, циркуляцію і індукційну швидкість. Основні теореми про вихорі. Рівняння Біо-Савара для нескінченного і напівнескінченного вихору. Фізична сутність вихрового і потенціального руху. Характеристика газодинамічних особливостей (*вихровий шнур, сток, істок, диполь*). Моделювання течії рідини і газу навколо твердих тіл з допомогою вихорів, стоків, витоків і диполів. Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу.

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 № 4. «Аеродинамічні характеристики профілю і несучих поверхонь БПЛА».**

Призначення і форми несучих поверхонь ПС. Поняття про профіль крила і несучих гвинтів. 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 завдання.

#### **ТЕМА № 5. «Аеродинамічні характеристики несучих гвинтів БПЛА».**

Призначення, класифікація, види і основні елементи несучих гвинтів БПЛА. Основні відомості про несучі гвинти. Геометричні і кінематичні характеристики несучих гвинтів. Основні режими роботи несучих гвинтів БПЛА. 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 несучих гвинтів БПЛА. Визначення індуктивних швидкостей від НГ БПЛА. 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 № 6. «Рівновага, стійкість і керованість літальних апаратів».**

Поняття про повздовжню і бічну стійкість та керованість БПЛА. Схематизація руху БПЛА, рівняння руху БПЛА в польоті. Поняття стійкості і керованості БПЛА. Повздовжня стійкість і керованість БПЛА. Бічна стійкість і керованість БПЛА. Особливості балансування БПЛА. Застосування автоматичних пристроїв в системах керування ЛА.

#### **ТЕМА № 7. «Усталений рух літальних апаратів».**

Режими польоту БПЛА. Необхідна і наявна тяга та потужність НГ БПЛА. Режими вертикального польоту. Горизонтальний політ. Набір висоти по похилій траєкторії. Зниження по похилій траєкторії. Поняття і принципи розрахунку дальності і тривалості польоту. Дальність горизонтального польоту. Вплив основних експлуатаційних факторів на дальність і тривалість польоту.

#### **ТЕМА № 8. «Неусталений рух літальних апаратів».**

Зліт і посадка, етапи і дистанції зльоту і посадки ЛА. Особливості руху БПЛА по землі і експлуатаційні обмеження. Особливості зльоту БПЛА і експлуатаційні обмеження. Особливості посадки БПЛА і експлуатаційні обмеження.

#### 4. Структура навчальної дисципліни

##### 4.1.1. 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 співвідношенняаерогідрогазо-динаміки. Фізико-механічні властивості і параметри рідин і газів	3	2	-	-	-	1	
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	-	2	-	1	ПЗ-3.1, ПКЕЗ-№ 1, теми 1-3
Тема № 4. Аеродинамічні характеристики профілю і несучих поверхонь ЛА	8	4	-	-	-	4	
Тема № 5. Аеродинамічні характеристики несучого гвинта вертольоту	10	2	-	2	-	6	ПЗ-5.1, ПКР-1, теми 4...5 ІКЗ-1 теми 3-5
Тема № 6. Рівновага, стійкість і керованість літальних апаратів	8	2	-	-	2	4	
Тема № 7. Усталений рух літальних апаратів	8	2	-	-	2	4	
Тема № 8. Неусталений рух літальних апаратів	10	2	-	2	-	6	ПЗ-8.1 ПКР-2 теми

							6...8 ІКЗ-2 теми 6-8
<b>Всього за семестр № 6:</b>	<b>86</b>	<b>60</b>	<b>-</b>	<b>26</b>	<b>-</b>	<b>19</b>	<b>Екза- мен + КР</b>

#### 4.1.2. Розподіл часу навчальної дисципліни за темами (заочна форма навчання не передбачена)

#### 4.1.3. Питання, що виносяться на самостійне опрацювання

Перелік питань до тем навчальної дисципліни		Література :
Тема № 1. Основні поняття і співвідношення аерогідрогазодинаміки.		1.1-4...19; 1.2-5...34; 1.3-7...27; 1.4-5...25; 1.8-3...23.
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Аеродинаміка як наука, її складові частини, основні напрями її розвитку</li> <li>2 Поняття про літальні апарати, принципи виникнення піднімальної сили і польоту ЛА</li> <li>3 Атмосфера землі, її будова, основні фізичні параметри, що характеризують її властивості і використовуються в аеродинаміці</li> <li>4 Гідроаеродинаміка, як комплексна наука, розвиток і характеристика розділів динаміки рідини і газів, як самостійних наукових напрямів</li> <li>5 Динаміка польоту як наука, її призначення і задачі які можна розв'язувати з її допомогою</li> <li>6 Гідроаеромеханіка як наука, її складові частини, характеристика складових частин</li> <li>7 Характеристика фізичної властивості речовини: інертність і плинність, фізичних параметрів: масова густина і питома вага</li> <li>8 Характеристика фізичної властивості речовини: в'язкість: динамічний і кінематичний коефіцієнти в'язкості, градієнт швидкості, фізичного параметру: температура середовища</li> <li>9 Характеристика фізичної властивості речовини: стисливість і фізичних параметрів: число Мах і швидкість звуку</li> <li>10 Характеристика фізичної властивості речовини: питома теплоємність і вологість, фізичного параметру - тиск в середовищі</li> <li>11 Характеристика фізичних параметрів: тиск в середовищі і ковзна напруга</li> </ol>	

	<p>12 Характеристика фізичної властивості середовища: вологість: абсолютна і відносна. Поняття числа Рейнольдса</p> <p>13 Характеристика фізичної властивості речовини: стисливість і інертність, градієнт швидкості, фізичних параметрів: температура і масова густина середовища</p> <p>14 Сутність гіпотези суцільності середовища, характеристика середовища за числом Кнудсена</p> <p>15 Принципи зворотності і моделювання потоку в аерогідрогазодинаміці</p> <p>16 Призначення, види і конструктивні типи аеродинамічних труб</p>	
	Тема № 2. Основи кінематики рідини і газу.	<p>1.1-15...30; 1.2-35...48; 77...86; 1.3-14...28; 1.4-15...22; 1.8-23...41</p>
	<p>1 Рівняння стану газового середовища і взаємозалежність фізичних параметрів</p> <p>2 Рівняння збереження і балансу енергії потоку</p> <p>3 Рівняння нерозривності рухомого потоку</p> <p>4 Рівняння Д. Бернуллі для рухомого потоку</p> <p>5 Теоретичні моделі моделювання течії навколо твердих тіл</p> <p>6 Повітряний потік, поняття усталеного і не усталеного потоку, спектр течії навколо тіл</p> <p>7 Охарактеризувати плавний поступальний рух потоку: трубка току, лінія току, траєкторія</p> <p>8 Використання рівнянь Л. Ейлера і Д. Бернуллі для аналізу фізичної сутності виникнення підйомної сили і сили опору</p> <p>9 Фізична картина течії газу навколо твердих тіл, характеристика спектру обтікання і зон течії</p> <p>10 Розкрити поняття стаціонарний й не стаціонарний потік, основні відмінності</p> <p>11 Дати визначення понять: лінія току, траєкторія, вихрова лінія, вихровий шнур</p> <p>12 Практичне використання теоретичних моделей моделювання течії навколо твердих тіл в аеродинаміці</p>	



		Тема № 3. Фізична сутність газодинамічних особливостей. Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу крила. Фізична сутність тертя в примежовому шарі.	1.1-16...19; 71...75; 1.2-50...77; 1.3-28...31; 45...48; 1.4-61...73; 1.8-56...58 1.1-45...55; 1.2-175...180; 1.4-22...30; 1.8-58...62
		<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу: визначення, сутність і розрахункова формула</li> <li>2 Залежність коефіцієнта підйомної сили від кута атаки, її фізична сутність і характерні ділянки.</li> <li>3 Сутність вихрової течії, характеристика основних параметрів вихрової течії: напруження вихору, колова швидкість, циркуляція швидкості.</li> <li>4 Теорема Гельмгольца і її сутність, визначення напруження вихору.</li> <li>5 Теорема Стокса і її сутність, визначення колової швидкості.</li> <li>6 Теорема Томпсона і її сутність, поняття про циркуляцію швидкості.</li> <li>7 Визначення колової швидкості для нескінченного і напівнескінченного вихору.</li> <li>8 Сутність газодинамічних особливостей, характеристика витоку і стоку.</li> <li>9 Газодинамічна особливість диполь, його сутність і параметри, їх розрахунок.</li> <li>10 Моделювання течії газового потоку газодинамічними особливостями і її коротка характеристика.</li> <li>11 Формула Біо-Савара, її застосування для нескінченних і напівнескінченних вихорів.</li> <li>12 Фізична сутність потенціального і не потенціального руху, характеристика газодинамічних особливостей.</li> <li>13 Сутність примежового шару, його характеристика і зміна параметрів по товщині шару</li> <li>14 Структура примежового шару, якісна характеристика зміни основних параметрів для кожного виду шару</li> <li>15 Умови зміни структури примежового шару, сутність</li> </ol>	

		<p>критичного числа Рейнольдса</p> <p>16 Розкрити фізичну сутність виникнення сили тертя в примежовому шарі</p> <p>17 Фізична сутність відриву потоку в примежовому шарі</p> <p>18 Розкрити фізичну сутність парадоксу Ейлера-Даламбера</p> <p>19 Сутність виникнення сили опору при обтіканні циліндра в'язкою рідиною чи газом</p> <p>20 Сутність явища "в'язка криза", залежність коефіцієнту опору від числа Рейнольдса</p> <p>21 Сутність і способи управління примежовим шаром</p> <p>22 Взаємодія примежового шару і стрибків згущення, сутність хвильового зриву потоку</p>	
		Тема № 4. Аеродинамічні характеристики профілю і несучих поверхонь	<p>1.1-61...103;</p> <p>1.2-197...315;</p> <p>1.3-34...100;</p> <p>1.4-48-144;</p> <p>1.5-82...86;</p> <p>1.8-67...86</p>
		<p>1 Призначення і сутність несучих поверхонь ЛА, характеристика геометричних параметрів крила: подовження, звуження, кут стріловидності, кут поперечної "V-подібності", кут установки перерізу крила</p> <p>2 Охарактеризувати поняття скрутки несучих поверхонь: геометричної, аеродинамічної і конічної</p> <p>3 Охарактеризувати основні геометричні параметри профілю несучих поверхонь: хорда, товщина, кривизна, середня лінія профілю, відносні координати максимальної товщини і кривизни профілю</p> <p>4 Дати характеристику формам несучих поверхонь в плані і видам профілів перерізів крила</p> <p>5 Дати визначення середньої аеродинамічної хорди крила і її сутності, охарактеризувати геометричний метод визначення місця розташування і розміру САХ</p> <p>6 Охарактеризувати основні системи координат, які використовуються в Аерогідрогазодинаміці, дати визначення кута атаки і кута ковзання</p> <p>7 Побудувати схеми векторних діаграм розподілу тиску по поверхням профілю і епюри розподілу коефіцієнтів тиску по хорді профілю для різних значень кута атаки</p> <p>8 Розкрити поняття: аеродинамічний центр тиску,</p>	

	аеродинамічний фокус і парабола стійкості	
9	Сутність виникнення результуючої (повної) аеродинамічної сили і вплив на її розмір і просторове положення геометричних, кінематичних і фізичних параметрів	
10	Проекції результуючої аеродинамічної сили на вісі швидкісної і зв'язаної систем координат, охарактеризувати назву її складових	
11	Алгоритм перерахунку проекцій повної аеродинамічної сили з швидкісної на зв'язану систему координат і навпаки	
12	Сутність виникнення повного аеродинамічного моменту, його проекції на вісі систем координат, їх назва і правило знаків.	
13	Поняття про лобовий опір, його сутність, причини виникнення і складові частини.	
14	Профільний опір, його фізична сутність, складові частини, вплив геометричних і кінематичних параметрів на його розмір і характер зміни	
15	Опір тертя, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила	
16	Опір тиску, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила	
17	Сутність індуктивного опору, вплив на його розмір кінематичних і геометричних параметрів профілю крила	
18	Сутність відсмоктувальної сили профілю, графічна залежність $C_x=f(\alpha)$	
19	Фізична сутність хвильового опору, вплив стисливості середовища, його залежність від числа Маха	
20	Характеристика залежності коефіцієнта лобового опору від кута атаки в швидкісній і зв'язаній системах координат	
21	Сутність впливу стисливості середовища на аеродинамічні характеристики профілю крила	
22	Охарактеризувати залежність коефіцієнта піднімальної сили від числа Маха, визначити характерні ділянки на графіку	
23	Охарактеризувати залежність коефіцієнта сили лобового опору від числа Маха, визначити характерні ділянки на	

	<p>графіку</p> <p>24 Сутність аеродинамічної якості профілю крила, її залежність від кута атаки, характерні ділянки на графіку залежності <math>K=f(\alpha)</math></p> <p>25 Характеристика полярної діаграми I роду, особливості її побудови і практичного використання, характерні ділянки на графіку залежності <math>C_{xa}=f(C_{ya})</math></p> <p>26 Характеристика впливу стисливості повітря на аеродинамічну якість і полярну I роду: <math>C_{xa}=f(C_{ya}, M)</math>, <math>C_{xa}=f(M)</math></p> <p>27 Фізична сутність відсмоктувальної сили і її практичне використання</p> <p>28 Сутність полярної діаграми II роду, особливості її побудови, характеристика ділянок на графіку</p> <p>29 Характеристика аеродинамічного моменту тангажу і його графічна залежність <math>m_z=f(\alpha)</math></p> <p>30 Шляхи і способи підвищення несучих властивостей крила</p> <p>31 Характеристика елементів механізації крила: щитків і закрилків, їх вплив на протікання залежностей аеродинамічних характеристик від кута атаки</p> <p>32 Характеристика елементів механізації крила: передкрилків і відхиляємих носків та носових щитків</p> <p>33 Характеристика елементів механізації крила: гальмівних щитків, інтерцепторів і елеронів</p> <p>34 Характеристика елементів механізації крила: аеродинамічних перегородок, запилів та турбулізаторів</p> <p>Тема № 5. Аеродинамічні характеристики несучих гвинтів БПЛА. 1.5-97...113; 1.7-29...39; 1.8- 108...116; 2.5-99...125; 2.6-5...42</p> <p>1 Призначення, види, класифікація і основні конструктивні елементи НГ.</p> <p>2 Геометричні параметри і характеристики НГ.</p> <p>3 Кінематичні параметри НГ.</p> <p>4 Геометричні параметри лопатей НГ.</p> <p>5 Кінематичні параметри лопатей НГ.</p> <p>6 Особливості обтікання НГ на режимах висіння і вертикальних переміщень.</p>	
--	--	--

			<p>7 Особливості обтікання НГ на режимах горизонтального польоту.</p> <p>8 Сутність імпульсної теорії визначення тяги НГ.</p> <p>9 Визначення індуктивних швидкостей НГ на режимах висіння.</p> <p>10 Визначення реальної тяги НГ з урахуванням вимушених витрат.</p> <p>11 Визначення індуктивних швидкостей НГ і тяги на режимах вертикального переміщення.</p> <p>12 Фізична сутність режимів роботи НГ при зміні вертикальних швидкостей зниження вертольоту.</p> <p>13 Визначення тяги та індуктивної швидкості на режимах косого обтікання НГ.</p> <p>14 Сутність загальної вихрової теорії розрахунку тяги НГ.</p> <p>15 Сутність лопатної і дискової теорії розрахунку тяги НГ.</p> <p>16 Момент опору НГ і його складові частини на режимах вертикального обтікання.</p> <p>17 Момент опору НГ і його складові частини на режимах косого обтікання.</p> <p>18 Коефіцієнт корисної дії ідеального гвинта і його відмінність від реального.</p> <p>19 Відносний коефіцієнт корисної дії НГ і його залежність від аеродинамічних коефіцієнтів.</p> <p>20 Поняття про необхідну потужність НГ і види витрат.</p> <p>21 Характеристика сил і моментів на елемент лопаті.</p> <p>22 Поняття про махові рухи лопаті НГ.</p> <p>23 Характеристика основних закономірностей махових рухів лопатей.</p> <p>24 Особливості руху лопатей у площині обертання НГ.</p> <p>25 Характеристика основних закономірностей коливання лопатей в площині обертання НГ.</p> <p>26 Поняття про пружність лопатей.</p> <p>27 Причини виникнення флатеру лопатей НГ.</p> <p>28 Поняття про динамічну міцність лопатей НГ.</p>	

	Тема № 6: Рівновага, стійкість і керованість літальних апаратів	1.5-262 с; 1.6-224 с; 1.7-557 с; 1.8-446 с;
--	---	---

		2.5-484 с; 2.6-256 с; 2.7-280 с; 2.8-208 с; 2.13
	<ol style="list-style-type: none"> <li>1 Поняття про схему сил і моментів діючих на БПЛА.</li> <li>2 Поняття стійкості і керованості БПЛА.</li> <li>3 Повздовжня стійкість і керованість БПЛА.</li> <li>4 Бічна стійкість і керованість БПЛА.</li> <li>5 Статичні характеристики стійкості по куту атаки.</li> <li>6 Особливості керування вертольоту по куту атаки.</li> <li>7 Особливості повздовжньої керованості БПЛА. по швидкості польоту.</li> <li>8 Поняття про стійкість вертольоту по швидкості польоту.</li> <li>9 Поняття про стійкість БПЛА по перевантаженості ЛА.</li> <li>10 Статичні характеристики стійкості по куту ковзання (шляхова стійкість).</li> <li>11 Статичні характеристики стійкості по куту крену (поперечна стійкість).</li> </ol> <hr/> <p>Тема № 7: Усталений рух літальних апаратів</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1 Загальні відомості про режими польоту</li> <li>2 Необхідна і наявна тяга та потужність НГ</li> <li>3 Характеристика режимів вертикального польоту</li> <li>4 Умови і особливості виконання висіння.</li> <li>5 Умови і особливості вертикального підйому БПЛА.</li> <li>6 Умови і особливості вертикального зниження БПЛА.</li> <li>7 Характеристика горизонтального польоту</li> <li>8 Набір висоти по похилій траєкторії</li> <li>9 Зниження по похилій траєкторії</li> <li>10 Поняття про демпфірування поведінки БПЛА.</li> <li>11 Поняття про керованість БПЛА: потужність і ефективність керування.</li> <li>12 Поняття про необхідну і розрахункову тягу і потужність НГ.</li> <li>13 Характеристика необхідної потужності НГ.</li> <li>14 Характеристика розрахункової потужності НГ.</li> <li>15 Характеристика швидкостей горизонтального польоту: мінімальної, економічної, крейсерської і максимальної.</li> <li>16 Поняття про діапазон швидкостей і висот польоту БПЛА.</li> </ol>	

		<p>17 Поняття про I і II режими постійного горизонтального польоту.</p> <p>18 Подовженість горизонтального польоту.</p> <p>19 Вплив основних експлуатаційних факторів на дальність і тривалість польоту.</p> <hr/> <p>Тема № 8: Неусталений рух літальних апаратів</p> <p>1 Особливості руху БПЛА по землі і експлуатаційні обмеження.</p> <p>2 Особливості зльоту і посадки по - вертольотному.</p> <p>3 Особливості зльоту і посадки по - літаковому.</p> <p>4 Етапи і дистанції зльоту і посадки БПЛА.</p> <p>5 Особливості посадки на режимі авторотації.</p> <p>6 Особливості посадки БПЛА з боковим вітром.</p>	
--	--	---	--

## **5. Індивідуальні завдання**

### **5.1.1. Теми рефератів (індивідуальних контрольних завдань)**

#### **ІКЗ № 1 за темами № 3 - № 5**

##### **Варіант № 1**

- 1 Призначення і форми несучих поверхонь в плані, основні їх геометричні і кінематичні параметри
- 2 Характеристика залежності коефіцієнта піднімальної сили від числа Маха
- 3 Сутність полярів II-го роду, її залежність від геометричних і кінематичних параметрів
- 4 Сутність імпульсної теорії визначення тяги несучого гвинта ЛА.
- 5 Поняття про гіперзвукову течію газового потоку

##### **Варіант № 2**

- 1 Сутність установчого кута перерізу крила, характеристика аеродинамічної, геометричної та конічної скруток крила
- 2 Характеристика залежності коефіцієнта сили лобового опору від числа Маха
- 3 Сутність механізації крила, її види і вплив на залежність коефіцієнта підйомної сили від кута атаки
- 4 Сутність лопатної і дискової вихрової теорії розрахунку тяги несучого гвинта

## 5 Аеродинамічні характеристики тіл при гіперзвуковому обтіканні

### Варіант № 3

- 1 Характеристика залежності коефіцієнта підйомної сили від кута атаки і вплив на її протікання кривизни і товщини профілю крила
- 2 Сутність поляри I-го роду, залежність коефіцієнта аеродинамічної якості від швидкості і подовження крила
- 3 Сутність індуктивного опору, вплив на його розмір кінематичних і геометричних параметрів профілю і форми крила в плані
- 4 Визначення індуктивних швидкостей і моменту опору НГ на режимах висіння і вертикального обтікання
- 5 Особливості виникнення стрибків ущільнення при гіперзвукових швидкостях

### Варіант № 4

- 1 Розподіл тиску по профілю крила і епюри його розподілу по хорді при зміні кута атаки
- 2 Вплив подовження крила і числа Рейнольдса на характер протікання залежності коефіцієнта підйомної сили від кута атаки
- 3 Вплив стисливості середовища на полярну і аеродинамічну якість профіля крила
- 4 Момент опору НГ на режимах косого обтікання, коефіцієнт корисної дії ідеального гвинта
- 5 Аеродинамічні характеристики профілів при гіперзвукових скоростях

### Варіант № 5

- 1 Сутність результуючої аеродинамічної сили, фактори що впливають на її розмір і положення в просторі
- 2 Поняття аеродинамічного центру тиску і аеродинамічного фокусу
- 3 Сутність поляри II-го роду, її залежність від геометричних і кінематичних параметрів
- 4 Фізична сутність режимів роботи НГ при різних значеннях вертикальних швидкостей зниження вертольоту
- 5 Поняття про аеродинамічне нагрівання конструкцій ПС при гіперзвукових швидкостях і способи зниження нагрівання



**Варіант № 6**

- 1 Системи координат, що використовуються в аерогідрогазодинаміці
- 2 Сила лобового опору, сутність профільного опору
- 3 Сутність механізації крила, її види і вплив на залежність коефіцієнта підйомної сили від кута атаки
- 4 Визначення реальної тяги НГ з урахуванням вимушених витрат, відносний коефіцієнт корисної дії НГ і його залежність від аеродинамічних коефіцієнтів
- 5 Особливості аеродинаміки розріджених газів

**Варіант № 7**

- 1 Складові повної аеродинамічної сили в проекціях її на вісі швидкісної та зв'язаної систем координат
- 2 Опір тертя, його сутність і вплив на його розмір геометричних і кінематичних параметрів профілю крила
- 3 Сутність поляри II-го роду, її залежність від геометричних і кінематичних параметрів
- 4 Особливості обтікання НГ на режимах горизонтального польоту, поняття про необхідну потужність НГ і види витрат потужності
- 5 Підйомна сила і сила лобового опору в молекулярному потоці розрідженого газу

**Варіант № 8**

- 1 Сутність повного аеродинамічного моменту і його проекцій на вісі зв'язаної системи координат
- 2 Сутність індуктивного опору, вплив на його розмір кінематичних і геометричних параметрів профілю і форми крила в плані
- 3 Вплив стисливості середовища на полярну і аеродинамічну якість профілю крила
- 4 Сутність загальної вихрової теорії моделювання і розрахунку тяги НГ
- 5 Особливості виникнення аеродинамічних сил при гіперзвуковому обтіканні і обтіканні розрідженим газом

**Варіант № 9**

- 1 Сутність коефіцієнтів аеродинамічних сил і моментів, перерахунок коефіцієнтів із швидкісної системи координат в зв'язану і навпаки
- 2 Сутність хвильового опору, залежність його від числа Маха
- 3 Сутність поляри I-го роду, залежність коефіцієнта аеродинамічної якості від швидкості і подовження крила

- 4 Визначення індуктивних швидкостей і тяги НГ на режимах висіння і вертикальних переміщень
- 5 Особливості розрахунку аеродинамічних сил і моментів при гіперзвуковому обтіканні і обтіканні розрідженим газом

### **Варіант № 10**

- 1 Сутність середньої аеродинамічної хорди крила і геометричного методу визначення її розміру і розташування по розмаху крила
- 2 Характеристика залежності коефіцієнта лобового опору від кута атаки в швидкісній і зв'язаній системах координат, сутність підсмоктувальної сили
- 3 Характеристика залежності коефіцієнта сили лобового опору від числа Маха
- 4 Поняття про необхідну і розрахункову потужності силової установки для обертання НГ, коефіцієнт корисної дії ідеального несучого гвинта
- 5 Поняття про аеродинамічне нагрівання конструкцій ПС при гіперзвукових швидкостях і способи зниження нагрівання

### **ІКЗ № 2 за темами № 6 - № 8**

#### **Варіант № 1**

- 1 Поняття про усталений і не усталений польоти БПЛА.
- 2 Поняття про стійкість вертольоту по перевантаженості БПЛА.
- 3 Характеристика необхідної потужності НГ
- 4 Особливості набору висоти по похилій траєкторії.

#### **Варіант № 2**

- 1 Поняття про статичну стійкість БПЛА.
- 2 Поняття про бокову стійкість і керованість БПЛА
- 3 Характеристика розрахункової потужності НГ
- 4 Особливості зниження по похилій траєкторії

#### **Варіант № 3**

- 1 Поняття про демпфірування поведінки БПЛА
- 2 Статичні характеристики стійкості по куту ковзання (*шляхова стійкість*).
- 3 Характеристика режимів вертикального польоту.
- 4 Поняття про розрахунковий запас палива для виконання польоту.

**Варіант № 4**

- 1 Поняття про керованість вертольоту: *потужність і ефективність керування.*
- 2 Статичні характеристики стійкості по куту крену (*поперечна стійкість*).
- 3 Умови і особливості виконання висіння.
- 4 Поняття про годинниковий і кілометровий витрати палива.

**Варіант № 5**

- 1 Поняття про повздовжню стійкість і керованість БПЛА.
- 2 Загальні поняття про бокову стійкість БПЛА.
- 3 Умови і особливості вертикального підйому БПЛА.
- 4 Подовженість горизонтального польоту.

**Варіант № 6**

- 1 Статичні характеристики стійкості по куту атаки.
- 2 Особливості бічної керованості БПЛА.
- 3 Умови і особливості вертикального зниження БПЛА.
- 4 Вплив основних експлуатаційних факторів на дальність і тривалість польоту.

**Варіант № 7**

- 1 Особливості керування вертольоту по куту атаки.
- 2 Загальні поняття про балансування БПЛА.
- 3 Характеристика швидкостей горизонтального польоту: *мінімальної, економічної, крейсерської і максимальної.*
- 4 Особливості зльоту по-вертольотному.

**Варіант № 8**

- 1 Особливості повздовжньої керованості вертольоту по швидкості польоту.
- 2 Загальні поняття про бічне балансування БПЛА.
- 3 Особливості зльоту по-літаковому.
- 4 Особливості зниження по похилій траєкторії

**Варіант № 9**

- 1 Поняття про повздовжній рух БПЛА.
- 2 Використання автоматичних систем керування БПЛА.
- 3 Поняття про I і II режими постійного горизонтального польоту.
- 4 Особливості посадки по-вертольотному.

### Варіант № 10

- 1 Поняття про стійкість вертольоту по швидкості польоту.
- 2 Поняття про необхідну і розрахункову тягу і потужність НГ
- 3 Умови і особливості виконання горизонтального польоту.
- 4 Особливості посадки по-літаковому.

#### 5.1.2 Теми курсових робіт

Теми курсових робіт здобувачів освіти мають однакові назви: **«Розрахунок та побудова графічних залежностей і аналіз основних аеродинамічних характеристик профілю несучих поверхонь ЛА»**, але для кожного здобувача освіти видаються різні вихідні дані для побудови несучої поверхні ЛА і цифрові дані для розрахунку параметрів польоту та графіки аеродинамічних характеристик різних аеродинамічних профілів за результатами продувок в аеродинамічній трубі згідно відповідних варіантів.

Вибір варіанту, зміст і порядок виконання курсової роботи здійснюється згідно з методичними вказівками щодо виконання курсової роботи. Індивідуальних тем не передбачено, варіанти кожної курсової роботи видаються згідно останньої цифри залікової книжки здобувача освіти.

#### *Вибір варіанту*

Варіанти курсової роботи вибираються згідно останньої цифри залікової книжки здобувача освіти за переліком графічних завдань, наведених в *Додатку 3*, і вихідних даних наведених в Таблицях 1,2 і 3, методичних вказівок щодо виконання курсової роботи.

Якщо в навчальній групі повторюються останні цифри залікових книжок, то викладач має право розподіляти варіанти за іншим підбором цифр залікової книжки з метою охопту всіх варіантів.

Після вибору варіанту викладач сумісно зі здобувачем вищої освіти оформляють завдання на курсову роботу. Здобувачі освіти на протязі тижня самостійно оформляють календарний план виконання курсової роботи і подають його на узгодження керівнику курсової роботи.

Методичні рекомендації щодо виконання окремих розділів Курсової роботи викладено в методичних рекомендаціях щодо виконання курсової роботи.

### 6 Методи навчання

При викладанні дисципліни використовуються наступні методи навчання:

- 1 Мотивація навчально-пізнавальної діяльності, формування професійного інтересу до дисципліни і майбутньої спеціальності

- 2 Заохочення за досягнення конкретних результатів, акцентування уваги на значущості досягнутих результатів, установлення взаємодії витрачених здобувачами освіти зусиль і результатів досягнень
- 3 Метод опори на життєвий досвід здобувачів освіти (*факти, явища, які вони спостерігали у житті, довкіллі*) як основи при вивченні нового матеріалу
- 4 «Навмисна помилка» або «Допоможі мені» - звернення за допомогою до здобувача освіти, пробудження почуття гідності (*знайшов помилку викладача*), стимулювання бажання вчитися
- 5 Візуалізація навчання за допомогою технічних засобів і наочних посібників
- 6 Прищеплювання методичних і практичних навичок при розв'язуванні практичних задач
- 7 Самостійна робота здобувачами освіти як навчання через активне мислення та розвиток здібностей
- 8 Виховання у здобувачів освіти розуміння беззаперечного застосування державних стандартів при виконанні курсової роботи
- 9 Формування інформаційно-технологічних знань за допомогою мультимедійних інструментальних систем

## **7 Перелік питань та завдань, що виносяться на підсумковий контроль**

### ***По темі 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 аерогідродинаміці.

### ***По темі 2***

- 1 Поняття потоку рідини і газу, види рухів і його основні властивості.

- 2 Прямолінійна рівномірна течія потоку.
- 3 Поняття про обертальний рух частинок рідини і газу.
- 4 Теоретичні моделі моделювання течії навколо твердих тіл.
- 5 Фізична картина обтікання твердих тіл потоком рідини і газу.
- 6 Рівняння стану газового потоку і взаємозалежність фізичних параметрів рідини і газу.
- 7 Рівняння нерозривності рухомого потоку.
- 8 Рівняння збереження енергії рухомого потоку.
- 9 Рівняння балансу енергії рухомого потоку.
- 10 Практичне застосування рівнянь Л. Ейлера і Д. Бернуллі в аерогідродинаміці.
- 11 Алгоритми розрахунку фізичних параметрів потоку рідини і газу.

### ***По темі 3***

- 1 Фізична сутність тертя в примежовому шарі. Закономірності вихрової течії газового потоку.
- 2 Поняття про напругу, інтенсивність, циркуляцію і індукційну швидкість.
- 3 Основні теореми про вихорі.
- 4 Рівняння Біо-Савара для нескінченного і напівнескінченного вихору.
- 5 Фізична сутність вихрового і потенціального руху.
- 6 Характеристика газодинамічних особливостей (*вихровий шнур, сток, істок, диполь*).
- 7 Моделювання течії рідини і газу навколо твердих тіл з допомогою вихорів, стоків, витоків і диполів.
- 8 Теорема М. Є. Жуковського про підйомну силу.
- 9 Загальні положення про течію в'язкої рідини і газу.
- 10 Структура примежового шару.
- 11 Градієнт швидкості по товщині примежового шару. Умови зміни структури примежового шару.
- 12 Поняття про точку переходу ламінарної структури примежового шару в турбулентну. Фізична сутність числа Рейнольдса.
- 13 Фізична сутність тертя в примежовому шарі.
- 14 Ковзна напруга, сила тертя, алгоритм розрахунку коефіцієнтів тертя в залежності від структури течії в примежовому шарі.
- 15 Коефіцієнти кінематичної і динамічної в'язкості.
- 16 Фізична сутність відриву потоку в примежовому шарі при дозвукових швидкостях течії.
- 17 Особливості обтікання циліндра потоком ідеальної і реальної рідини і газу. Сутність в'язкої кризи.

- 18 Поняття про засоби і види керування примежовим шаром.
- 19 Фізична сутність хвильового відриву в примежовому шарі, поняття про критичне число Рейнольдса.

#### ***По темі 4***

- 1 Призначення і форми несучих поверхонь ПС.
- 2 Поняття про профіль крила і несучого гвинта.
- 3 Геометричні характеристики профілю і несучих поверхонь.
- 4 Поняття про середню аеродинамічну хорду крила.
- 5 Системи координат, що використовуються в аерогідрогазодинаміці. Діаграми розподілу нормального тиску по поверхні профілю, епюри тиску по хорді профілю крила.
- 6 Центр тиску, аеродинамічний фокус і парабола стійкості профілю крила.
- 7 Утворення повної аеродинамічної сили і результуючого аеродинамічного моменту.
- 8 Алгоритм розрахунку коефіцієнтів аеродинамічних сил і моментів.
- 9 Коефіцієнти аеродинамічних сил і моментів в проекціях на зв'язану і швидкісну осі систем координат.
- 10 Формули перерахунку коефіцієнтів аеродинамічних сил і моментів з швидкісної системи координат в зв'язану і навпаки.
- 11 Залежність коефіцієнтів аеродинамічних сил від геометричних і кінематичних параметрів обтікання.
- 12 Сила лобового опору, її складові частини, залежність їх від геометричних параметрів несучих поверхонь і кінематичних параметрів обтікання.
- 13 Профільний опір, його фізична сутність і складові частини: опір тертя і опір тиску.
- 14 Індуктивний опір і його фізична сутність.
- 15 Хвильовий опір, його фізична сутність і залежність від геометричних і кінематичних параметрів.
- 16 Фізична сутність впливу стисливості середовища на аеродинамічні характеристики профілю крила.
- 17 Залежність аеродинамічних коефіцієнтів підйомної сили і сили лобового опору від чисел Маха і Рейнольдса.
- 18 Поняття про аеродинамічну якість і полярні діаграми I і II роду.
- 19 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.

- 20 Загальні відомості про керуючі поверхні крила, способи і види механізації крила.
- 21 Характеристика засобів механізації крила і їх вплив на аеродинамічний коефіцієнт підйомної сили.

### ***По темі 5***

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

### ***По темі 6***

- 1 Поняття про повздовжню і бічну стійкість та керованість БПЛА. Схематизація руху БПЛА, рівняння руху вертольоту в польоті. Поняття стійкості і керованості вертольоту.
- 2 Повздовжня стійкість і керованість БПЛА.
- 3 Бічна стійкість і керованість БПЛА.
- 4 Особливості балансування БПЛА.
- 5 Застосування автоматичних пристроїв в системах керування БПЛА



### ***По темі 7***

- 1 Режими польоту БПЛА. Необхідна і наявна тяга та потужність НГ БПЛА.
- 2 Режими вертикального польоту.
- 3 Горизонтальний політ.
- 4 Набір висоти по похилій траєкторії.
- 5 Зниження по похилій траєкторії.
- 6 Дальність горизонтального польоту.
- 7 Вплив основних експлуатаційних факторів на дальність і тривалість польоту.

### ***По темі 8***

- 1 Зліт і посадка, етапи і дистанції зльоту і посадки ЛА.
- 2 Особливості руху вертольоту по землі і експлуатаційні обмеження.
- 3 Особливості зльоту вертольоту і експлуатаційні обмеження.
- 4 Особливості посадки вертольоту і експлуатаційні обмеження.

## **8. Критерії та засоби оцінювання результатів навчання здобувачів**

Контрольні заходи включають у себе поточний та підсумковий контроль.

### **Поточний контроль.**

До форм поточного контролю належить оцінювання:

- рівня знань під час практичних занять;
- якості виконання індивідуальної та самостійної роботи.

Поточний контроль здійснюється під час проведення практичних занять і має за мету перевірку засвоєння знань, умінь і навичок здобувачем вищої освіти з навчальної дисципліни проведенням письмових контрольних експрес завдань.

У ході поточного контролю проводиться систематичний вимір приросту знань, їх корекція. Результати поточного контролю заносяться викладачем до журналів обліку роботи академічної групи за національної системою оцінювання («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») і за бальною системою.

Оцінки за самостійну та індивідуальну роботи виставляються в журнали обліку роботи академічної групи окремою графою за національною системою оцінювання («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») і за бальною системою оцінювання. Результати цієї роботи враховуються під час виставлення підсумкових оцінок.

При розрахунку успішності здобувачів вищої освіти в Університеті враховуються такі види робіт: навчальні заняття; самостійна та індивідуальна роботи (виконання домашніх завдань, виконання

розрахункових завдань, підготовка рефератів, наукових робіт, публікацій, виступи на наукових конференціях, семінарах та інше); контрольні роботи (виконання тестів, контрольних робіт у вигляді, передбаченому в робочій програмі навчальної дисципліни). Вони оцінюються за національною системою оцінювання («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») і за бальною системою оцінювання.

Результат навчальних занять за семестр розраховується як середньоарифметичне значення з усіх виставлених оцінок під час навчальних занять протягом семестру та виставляється викладачем в журналі обліку роботи академічної групи окремою графою.

Результат самостійної роботи за семестр розраховується як середньоарифметичне значення з усіх виставлених оцінок з самостійної роботи, отриманих протягом семестру та виставляється викладачем в журналі обліку роботи академічної групи окремою графою.

***Здобувач освіти, який отримав оцінку «незадовільно» за навчальні заняття або самостійну роботу, зобов'язаний перескласти її.***

Загальна кількість балів (оцінка), отримана здобувачем за семестр перед підсумковим контролем, розраховується як середньоарифметичне значення з оцінок за навчальні заняття та самостійну роботу, та для переведу до 100-бальної системи помножується на коефіцієнт 10.

$$\text{Загальна кількість балів (перед підсумковим контролем)} = \left( \left( \frac{\text{Результат навчальних занять за семестр}}{2} + \frac{\text{Результат самостійної роботи за семестр}}{2} \right) / 2 \right) * 10$$

**Підсумковий контроль.** Підсумковий контроль проводиться з метою оцінки результатів навчання на певному ступені вищої освіти або на окремих його завершених етапах.

Для обліку результатів підсумкового контролю використовується поточно-накопичувальна інформація, яка реєструється в журналах обліку роботи академічної групи. Результати підсумкового контролю з дисциплін відображуються у відомостях обліку успішності, навчальних картках здобувачів освіти, залікових книжках. ***Присутність здобувачів освіти при проведенні підсумкового контролю (екзамену) обов'язкова.*** Якщо здобувач вищої освіти не з'явився на підсумковий контроль (екзамен), то викладач ставить у відомість обліку успішності відмітку «не з'явився».

***Підсумковий контроль (екзамен)*** оцінюється за національною шкалою. Для переведу результатів, набраних на підсумковому контролі (екзамену), з національної системи оцінювання в 100-бальну вводиться коефіцієнт 10, таким

чином максимальна кількість балів на підсумковому контролі (екзамену), які використовуються при розрахунку успішності здобувача освіти, становить – 50.

Підсумкові бали з навчальної дисципліни визначаються як сума балів, отриманих здобувачем протягом семестру та балів, набраних на підсумковому контролі (екзамену).

$$\text{Підсумкові бали навчальної дисципліни} = \text{Загальна кількість балів (перед підсумковим контролем)} + \text{Кількість балів за підсумковим контролем}$$

Здобувач вищої освіти, який під час складання підсумкового контролю (екзамену) отримав незадовільну оцінку, складає його повторно. Повторне складання підсумкового екзамену допускається не більше двох разів з кожної дисципліни: один раз викладачеві, другий - комісії, до складу якої входить завідувач відповідного відділення та 2-3 викладачів. Незадовільні оцінки виставляються тільки в відомостях обліку успішності. Здобувачам освіти, які отримали не більше як дві незадовільні оцінки (*нижче ніж 60 балів*) з навчальної дисципліни, можуть бути встановлені різні строки ліквідації академічної заборгованості, але не пізніше як за день до фактичного початку навчальних занять у наступному семестрі. Здобувачі освіти, які не ліквідували академічну заборгованість у встановлений термін, відраховуються з Коледжу. Особи, які одержали більше двох незадовільних оцінок (*нижче ніж 60 балів*) за підсумковими результатами вивчення навчальних дисциплін з урахуванням підсумкового контролю, відраховуються з Коледжу.

Вимоги до здобувачів освіти щодо засвоєння змісту навчальної дисципліни:

Робота під час навчальних занять	Самостійна та індивідуальна робота	Підсумковий контроль
Отримати не менше 4 – х позитивних оцінок на практичних заняттях при виконанні ПКЕЗ за відповідними темами	Виконати ІКЗ за відповідними варіантами за кожним.	Отримати за підсумковий контроль не менше 30 балів

## 9. Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка в балах		Оцінка за національною шкалою	Оцінка	
			оцінка	Пояснення
12	97–100	Відмінно ("зараховано")	А	„Відмінно” – теоретичний зміст курсу освоєний <b>цілком</b> , потрібні практичні навички роботи з освоєним матеріалом сформовані, <b>усі</b> навчальні завдання, які передбачені програмою навчання, <b>виконані</b> в повному обсязі, відмінна робота без помилок або з однією незначною помилкою.
11	94–96			
10	90–93			
9	85–89	Добре ("зараховано")	В	„Дуже добре” – теоретичний зміст курсу засвоєний <b>цілком</b> , необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом <b>в основному</b> сформовані, <b>усі</b> навчальні завдання, які передбачені програмою навчання, <b>виконані</b> , якість виконання <b>більшості</b> з них оцінено числом балів, близьким до <b>максимального</b> , робота з двома-трьома незначними помилками.
8	80–84			
7	75–79		С	„Добре” – теоретичний зміст курсу засвоєний <b>цілком</b> , практичні навички роботи з освоєним матеріалом <b>в основному</b> сформовані, <b>усі</b> навчальні завдання, які передбачені програмою навчання, <b>виконані</b> , якість виконання <b>жодного</b> з них <b>не оцінена мінімальним</b> числом балів, деякі види завдань виконані з <b>помилками</b> , робота з декількома незначними помилками або з однією–двома значними помилками.
6	70–74	Задовільно ("зараховано")	D	„Задовільно” – теоретичний зміст курсу освоєний <b>неповністю</b> , але <b>прогалини не несуть істотного</b> характеру, необхідні практичні навички роботи з освоєним матеріалом <b>в основному</b> сформовані, <b>більшість</b> передбачених програмою навчання навчальних завдань <b>виконано</b> , <b>деякі</b> з виконаних завдань містять <b>помилки</b> , робота з трьома значними помилками.
5	65–69			

4	60 – 64		Е	„Достатньо” – теоретичний зміст курсу освоєний <b>частково</b> , деякі практичні навички роботи <b>не сформовані</b> , частина передбачених програмою навчання навчальних завдань <b>не виконана</b> або якість виконання деяких з них оцінена числом балів, близьким до <b>мінімального</b> , робота, що задовольняє мінімуму критеріїв оцінки.
3	40–59	Незадовільно („не зараховано”)	FХ	„Умовно незадовільно” – теоретичний зміст курсу засвоєний <b>частково</b> , потрібні практичні навички роботи <b>не сформовані</b> , більшість передбачених програм навчання, навчальних завдань <b>не виконана</b> , або якість їхнього виконання оцінено числом балів, близьким до <b>мінімального</b> ; при <b>додатковій самостійній</b> роботі над матеріалом курсу <b>можливе підвищення якості</b> виконання навчальних завдань (з <b>можливістю повторного складання</b> ), робота, що потребує доробки
2	21–40			
1	1–20		F	„Безумовно незадовільно” – теоретичний зміст курсу <b>не освоєно</b> , необхідні практичні навички роботи <b>не сформовані</b> , <b>всі виконані</b> навчальні завдання містять <b>грубі помилки</b> , <b>додаткова самостійна</b> робота над матеріалом курсу <b>не приведе</b> до <b>значимого підвищення якості</b> виконання навчальних завдань, робота, що потребує повної переробки

## 10. Рекомендована література (основна, допоміжна), інформаційні ресурси в Інтернеті

### 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 І, «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”