

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»**

**Кафедра** Двигуни внутрішнього згорання  
(найменування кафедри)

**СИЛЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Аерогідрогазодинаміка та теорія польоту літальних апаратів

( назва навчальної дисципліни )

Освітня програма: Електричні комплекси та системи літальних апаратів

(назва освітньої програми)

Спеціальність: 173 – Авіоніка

(найменування спеціальності)

Галузь знань: 17 – Електроніка та телекомунікації

(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти: бакалавр

(назва ступеня вищої освіти)

затверджено на засіданні кафедри “Двигуни внутрішнього згорання”  
Протокол № 1 від “ 14 ” серпня 2020 р.

м. Запоріжжя , 2020 рік

## ЗАГАЛЬНА ІНФОРМАЦІЯ

**Дисципліна:** Аерогідрогазодинаміка та теорія польоту літальних апаратів

**Тип:** нормативна

**Рівень вищої освіти:** перший (бакалаврський) рівень

**Курс (рік навчання):** 3-й

**Семестр:** 6-й

**Кредити:** 5

**Викладач:** Беженов Сергій Олександрович, канд. техн. наук, доцент

bezhenov@zntu.edu.ua

**Розподіл годин:** загальна кількість 150 годин (28 лекцій, 28 лабораторних занять, 94 години самостійної роботи).

Лекції, лабораторні роботи, індивідуальні завдання; екзамен.

### ПРЕРЕКВІЗИТИ І ПОСТРЕКВІЗИТИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліни, що передують вивченню цієї дисципліни – «Вища математика», «Загальна фізика», «Технічна механіка», «Прикладна механіка та основи конструювання», «Теорія автоматичного керування», «Основи авіації і космонавтики та загальної будови літальних апаратів». Дисципліни, вивчення яких спирається на цю дисципліну – «Приводи систем керування», «Чутливі елементи систем керування літальними апаратами», «Системи керування літальними апаратами».

### ХАРАКТЕРИСТИКА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Вивчення цієї дисципліни є необхідною складовою частиною підготовки фахівців, що забезпечуватимуть функціонування комплексів та систем літальних апаратів різного функціонального призначення, зокрема керування польотними характеристиками пілотованих та безпілотних літальних апаратів.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні отримати, у результаті вивчення навчальної дисципліни:

#### **Загальні компетентності:**

ЗК 1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК 2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації

ЗК 3. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК 4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності

#### **Фахові компетентності:**

ФК 4. Здатність до аналізу та синтезу систем керування літальних апаратів

ФК 5. Здатність розробляти авіоніку літальних апаратів та системи наземних комплексів із використанням інформаційних технологій

ФК 6. Здатність математично описувати і моделювати фізичні процеси в системах керування літальних апаратів.

ФК 10. Здатність обґрунтовувати прийняті рішення, ефективно працювати автономно та у складі колективу

### **Результати навчання:**

**Очікувані результати навчання з дисципліни:** після вивчення дисципліни студенти повинні знати і уміти використовувати основні закони механіки суцільних та розріджених середовищ; прикладні методи розрахунку гідросистем, що забезпечують роботу літальних апаратів; методики розрахунку аеродинамічних характеристик літальних апаратів та їх елементів; методи експериментального дослідження параметрів течії рідини та газів.

### **Очікувані програмні результати навчання:**

- автономно отримувати нові знання в своїй предметній та суміжних областях з різних джерел для ефективного розв'язання спеціалізованих задач професійної діяльності;
- розуміти стан і перспективи розвитку предметної області;
- критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у професійній діяльності;
- застосовувати сучасні інформаційні технології для забезпечення функціонування літальних апаратів та наземних комплексів;
- розробляти математичні моделі літальних апаратів як об'єктів керування.

## **МЕТА ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Метою викладання дисципліни “Аерогідрогазодинаміка та теорія польоту літальних апаратів” є формування у студентів базових теоретичних знань і практичних навичок розв'язання задач класичної гідромеханіки та газової динаміки для оцінювання аеродинамічних характеристик літальних апаратів різного функціонального призначення.

## **ЗАВДАННЯ ВИВЧЕННЯ ДИСЦИПЛІНИ**

Основними завданнями вивчення дисципліни “Аерогідрогазодинаміка та теорія польоту літальних апаратів” є опанування методами застосування фундаментальних законів рівноваги та руху рідкого середовища (як нестисливого, так і стисливого), до розв'язання практичних задач, щодо забезпечення заданих режимів роботи та автоматичного керування польотними характеристиками пілотованих та безпілотних літальних апаратів.

## **ЗМІСТ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Дисципліна складається з шести змістових модулів:

- гідростатика, основні закони та рівняння гідродинаміки;
- кінематика рідини та газу, динаміка плоских потоків;
- одномірні течії ідеального газу;
- аеродинамічні характеристики несучих поверхонь при різних швидкостях обтікання;
- динаміка польоту: льотно-технічні характеристики літальних апаратів;
- динаміка польоту: стійкість та керованість літальних апаратів.

Змістові модулі об'єднано в два блоки, кожний з яких завершується рубіжним модульним контролем.

### **Перший блок змістових модулів:**

**1.** Суцільність середовища; основні властивості рідин та газів; гідростатичний тиск та його властивості; абсолютна рівновага нестисливої рідини; міжнародна стандартна атмосфера; струминна модель потоку; рівняння нерозривності, рівняння кількості руху, рівняння Бернуллі; кавітація; досліди Рейнольдса; гідравлічні втрати на тертя; типи місцевих опорів; гідравлічні розрахунки: види задач, характеристика трубопроводу (лекції №№ 1 – 3).

**2.** Потенціальні та вихрові течії, потенціал швидкості, циркуляція швидкості, джерело та стік; опір під час обтікання тіл: теорема Жуковського про піднімальну силу, коефіцієнт піднімальної сили та лобового опору (лекції №№ 4 – 5).

**3.** Види фізичних впливів на газовий потік; ізоентропійний процес; параметри гальмування; газодинамічні функції; криза течії та методи її подолання; специфіка рівнянь газової динаміки для одномірних потоків (лекції №№ 6 – 7).

### **Другий блок змістових модулів:**

**4.** Дозвукове обтікання профілю; аеродинамічні характеристики профілів у надзвуковому потоці; особливості обтікання тіл гіперзвуковим потоком; основи аеродинаміки розріджених газів (лекції №№ 8 – 9).

**5.** Силова установка ЛА; класифікація повітряних гвинтів; тяга, потужність, к.к.д. гвинта; несучий і рульовий гвинти вертольота, їхні геометричні та кінематичні характеристики; особливості аеродинаміки гвинтів з жорстким і шарнірним кріпленням лопатей; горизонтальний політ ЛА: тяга, потужність, діапазон швидкостей; зліт, набирання висоти, зниження, посадка ЛА; дальність та тривалість польоту; пілотування ЛА (лекції №№ 10 – 11).

**6.** Рівновага сил та моментів; продольна рівновага та стійкість ЛА; бокова рівновага та стійкість ЛА; шляхова стійкість та керованість ЛА; кермо висоти, тример, елерони; траєкторія руху ЛА на штопорі, види штопора; зривання ЛА в штопор; характер штопора та виведення з нього; аеродинамічні характеристики вертольота під час польоту в зоні впливу землі і в гірській місцевості, на режимах «вихрового кільця» і самообертання (лекції №№ 12 – 14).

Паралельно з лекційним курсом студенти мають лабораторний практикум, задачею якого є опанування методами експериментального дослідження параметрів течії рідини та газів, що визначають ефективність роботи літальних апаратів різного функціонального призначення.

Згідно навчального плану передбачено проведення шести лабораторних робіт:

- прилади для вимірювання тиску
- графічна ілюстрація рівняння Д.Бернуллі
- визначення коефіцієнта піднімальної сили профілю Жуковського методом електрогідродинамічної аналогії
- способи експериментального визначення температури
- експериментальне визначення параметрів газової течії
- дослідження одномірного адіабатичного потоку газу з тертям

До самостійної роботи, окрім поглибленого опрацювання кожної теми, включено виконання індивідуальних завдань:

- розрахунок балансу енергій в одномірному потоці нестисливого середовища;
- розрахунок обтікання плоским потоком тілесного профілю Жуковського

## СИСТЕМА ТА КРИТЕРІЇ ОЦІНЮВАННЯ КУРСУ

**Оцінювання:** за результатами засвоєння дисципліни складається іспит. На іспит виносяться теоретичні питання, практичні задачі, а також завдання, що потребують творчого підходу та вміння синтезувати набуті знання. При оцінюванні враховується здатність застосовувати системний підхід до вирішення інженерних проблем авіоніки. При цьому перевага надається оригінальним рішенням спрямованим на досягнення певного рівня ефективності.

Контроль успішності студентів денної форми навчання здійснюється за результатами:

- тестування з кожного змістовного модулю
- захисту звітів про виконання лабораторних робіт
- захисту звітів про виконання індивідуальних завдань
- рубіжних модульних контролів за кожний блок змістовних модулів

Контроль успішності студентів заочної форми навчання здійснюється за результатами:

- захисту звітів про виконання лабораторних робіт
- захисту контрольної роботи
- тестування (усного опитування) за окремими змістовими модулями

Оцінювання успішності студентів здійснюється окремо за кожний з двох блоків змістових модулів на відповідному рубіжному модульному контролі (РМК) за 100-бальною шкалою.

Етапи роботи	Кількість балів	Етапи роботи	Кількість балів
Змістовий модуль 1	0 – 50	Змістовий модуль 3	0 – 50
Змістовий модуль 2	0 – 50	Змістовий модуль 4	0 – 50
Сума за перший РМК	0 – 100	Сума за другий РМК	0 – 100

Загальна оцінка студента на кожному етапі роботи складається з оцінювання: активності та якості його роботи в аудиторії – до 25 %; індивідуальної самостійної роботи – до 50 %; поточного опитування (тестування) – до 25 %.

Семестрова (підсумкова) оцінка студента з дисципліни складається за результатами двох РМК як середнє арифметичне відповідних сум балів з округленням до цілого на користь студента і подальшим переведенням в національну та ECTS шкали.

Студент, який отримав незадовільну (або низьку) семестрову оцінку за результатами РМК, має можливість покращити результат під час іспиту при наявності звітів про всі види робіт, передбачених робочою програмою дисципліни. Іспитовий білет складається з чотирьох теоретичних питань, які

охоплюють тематику основних розділів курсу, а також творчого завдання. Теоретичні питання, наведені у білетах, добираються з тематичного плану дисципліни, лекційного матеріалу, переліку питань для самостійного вивчення дисципліни.

Кількість балів	Оцінка ECTS		Традиційна оцінка	
	90 – 100	<b>A</b>	відмінно	<b>відмінно</b>
85 – 89	<b>B</b>	дуже добре	<b>добре</b>	
75 – 84	<b>C</b>	добре		
70 – 74	<b>D</b>	задовільно	<b>задовільно</b>	
60 – 69	<b>E</b>	достатньо		
35 – 59	<b>FX</b>	незадовільно	<b>незадовільно</b>	не зараховано
01 – 34	<b>F</b>	повторний курс навчання		

**Академічна доброчесність:** студент повинен виконувати роботи самостійно, не допускається залучення при розв'язанні індивідуальних завдань інших студентів. У разі виявлення ознак плагіату робота не зараховується і дисципліна не вважається зарахованою.

### Література:

#### Базова

- Ерєменко С.М. Аэродинамика летательных аппаратов. [Текст] /С.М.Ерєменко – Х: Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2019. – 384 с.
- Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика [Текст] /Г.Н.Абрамович. – М.: Наука, 1976. – 888 с.
- Сергель О.С. Прикладная гидрогазодинамика [Текст] /О.С. Сергель. – М.: Машиностроение, 1981. – 374 с.

#### Допоміжна

- Степчков А.А. Задачник по гидрогазовой динамике: Учеб. пособие для студентов авиационных специальностей вузов [Текст] /А.А.Степчков. – М.: Машиностроение, 1980. – 182 с.
- Самойлович Г.С. Сборник задач по гидроаэромеханике [Текст] /Г.С.Самойлович, В.В.Нитусов. – М.: Машиностроение, 1986. – 149 с.
- Aerodynamics for engineering students [Text] /E.L. Houghton, P.W. Carpenter, Steven H. Collicott, Daniel T. Valentine. – 6th ed. – USA: Elsevier Ltd, 2013. – 714 p.

#### Інформаційні ресурси

- Національна бібліотека України імені В.І.Вернадського. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.nbuv.gov.ua/>
- Наукова бібліотека НУ «Запорізька політехніка». [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://library.zntu.edu.ua/>