

107

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

Кафедра аерогідродинаміки (№ 101)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми

 Михайло ТАРАНЕНКО  
(підпис) (ініціали та прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Аеродинаміка автомобілів  
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 27 «Транспорт»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 274 «Автомобільний транспорт»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Автомобілі та автомобільне господарство»  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

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

**Харків 2021 рік**

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

  
(підпис)

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

Протокол № 21/22-02 від « 28 » 08 2021 р.

Завідувач кафедри

К. Т. Н.

(науковий ступінь і вчене звання)

  
(підпис)

Сергій ЄРЬОМЕНКО

(ініціали та прізвище)

## 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показника	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма навчання)
Кількість кредитів – 4	<b>Галузь знань:</b> <u>27 «Транспорт»</u> (шифр і найменування)  <b>Спеціальність:</b> <u>274 «Автомобільний транспорт»</u> (код і найменування)  <b>Освітня програма:</b> <u>«Автомобілі та автомобільне господарство»</u> (найменування)  <b>Рівень вищої освіти:</b> <u>перший (бакалаврський)</u>	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 3		2021/2022
Індивідуальне завдання не передбачене (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 48/120		5-й
		Лекції*
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3 самостійної роботи студента – 4,5		32 годин
		Практичні, семінарські*
		годин
		Лабораторні*
	16 годин	
	Самостійна робота	
	72 години	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:  
48 / 72.

\*Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину залежно від розкладу занять.

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** вивчення дисципліни «Аеродинаміка автомобілів»: дати систему знань про механіку обтікання потоком повітря автомобіля, про складові сил опору, про тяговий баланс автомобіля, про особливості аеродинаміки легкових та вантажних автомобілів, про стійкість та керованість автомобіля при наявності бокового вітру, про типи приземних шарів вітру та вплив земної поверхні.

**Основні** завдання вивчення дисципліни «Аеродинаміка автомобілів»: навчити студента аналізувати та прогнозувати рух повітря навколо автомобіля та навчитися методам зниження аеродинамічного опору автомобіля.

### Компетентності, які набуваються:

- Здатність до аналізу та синтезу.
- Здатність до навчання та розв'язувати комплексні задачі та практичні проблеми з організації експлуатації та ремонту автомобілів у невизначених умовах.
- Здатність управляти комплексними діями або проектами.
- Базові загальні знання. Здатність до організації та планування.
- Засвоєння основ базових знань з професії. Дослідницькі навички та уміння.

### Очікувані результати навчання:

- Знання та розуміння основних принципів і процесів з експлуатації та ремонту автомобілів. Навички оцінювання виробничих процесів.
- Розуміння та використовувати математичні методи у автомобільному транспорті. Використовувати знання суміжних дисциплін.
- Аналізувати й оцінювати експериментальні дані.
- Розв'язання задач з використанням як теоретичних так практичних експериментальних методів.
- Ерудиція в галузі автомобільного транспорту, виробничих, технологічних процесів на основі системного підходу через знання та розуміння.
- Здатність продемонструвати знання та розуміння основ фізики, математики, механіки, комп'ютерні навички знання природничих та інших галузей.
- Вміння аналізувати і структурувати проблеми автотранспортного підприємства та розробка рішень.
- Проводити самостійні, оригінальні науково-практичні значущі дослідження у сфері автомобільного транспорту.

**Пререквізити** – вивчення дисципліни «Аеродинаміка автомобілів» базується на знанні дисциплін: «Вища математика», «Фізика», «Теоретична механіка», «Гідравліка, гідро- та пневмоприводи».

**Кореквізити** – вивчення дисципліни «Аеродинаміка автомобілів» забезпечує вивчення дисциплін: «Автомобілі», «Автомобільні двигуни», «Технічна експлуатація автомобілів».

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### Модуль 1.

#### **Змістовний модуль №1** *Основні закони аеродинаміки*

##### **Тема 1.** Основні фізико-механічні властивості газових середовищ.

Предмет вивчення аеродинаміки автомобілів. Газ та моделі, що його описують. Рівняння стану ідеально та реального газу. Внутрішнє тертя та в'язкість. Температура. Склад повітря та його стандартні властивості. Примежовий шар. Ламінарний та турбулентний режим течії. Обтікання плоскої пластинки.

##### **Тема 2.** Обтікання тіла потоком повітря

Статичний, абсолютний, відносний та атмосферний тиск. Коефіцієнт тиску. Прилади для визначення тиску. Безвихрове та вихрове обтікання. Обтікання кулі. Обтікання тіл, незручної форми.

##### **Тема 3.** Аеродинамічні характеристики автомобілю

Взаємодія твердого тіла з газовим середовищем при русі. Зв'язана та траєкторна системи координат. Складові аеродинамічної сили та моменту. Аеродинамічні коефіцієнти. Залежність аеродинамічних коефіцієнтів від числа Рейнольдса. Автомодельність. Аеродинамічні характеристики різних геометричних форм тіл. Вихровий слід. Вплив близькості землі на аеродинамічні характеристики.

#### **Модульний контроль**

#### **Змістовний модуль №2** *Практична аеродинаміка автомобіля*

##### **Тема 4.** Механіка обтікання автомобіля.

Введення в аеродинаміку автомобіля. Особливості аеродинаміки наземного транспорту. Аеродинамічна сила та моменті, що діють на автомобіль при русі. Коефіцієнти аеродинамічних сил та моментів. Залежність аеродинамічних характеристик при нестационарному русі. Особливості розгону та гальмування.

Вплив окремих частин конструкцій на картину течії та коефіцієнт аеродинамічного опору. Лобовий опір та його залежність від форми кабіни. Опір автомобільних крил та бокових поверхонь автомобіля. Донний опір. Тертя повітря на нижній поверхні автомобіля. Ваговий вклад кожної типу опору. Опір колес.

##### **Тема 5.** Антикрило та притискуюча сила.

Основи теорії авіаційного профілю. Підймальна (притискуюча) сила та її залежність від параметрів потоку. Основи теорії крила (антикрила). Вплив близькості поверхні на аеродинамічні характеристики антикрила. Вплив кута установки на притис кальну силу антикрила.

**Змістовний модуль №3** *Аеродинамічна ефективність автомобілів та методи її підвищення.*

##### **Тема 6.** Вплив бокового вітру на опір автомобіля.

Просторове обтікання автомобіля. Залежність опору від кута набігання потоку на автомобіль. Шляхи зниження аеродинамічного опору при боковому вітрі. Поворот та нестационарні похідні аеродинамічних коефіцієнтів. Аеродинамічна стійкість автомобіля та методи її підвищення.

##### **Тема 7.** Аеродинамічна ефективність автомобіля.

Тяговий баланс автомобіля. Їздові цикли. Витрати палива та показники потужності. Розрахункові методи оцінки аеродинамічної досконалості автомобілів методом тяг.

#### **Модульний контроль**

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Усього	У тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1. Основні закони аеродинаміки.</b>					
Тема 1. Основні фізико-механічні властивості газових середовищ	6	2	0	2	2
Тема 2. Обтікання тіла потоком повітря, що набігає.	18	6	0	2	10
Тема 3. Аеродинамічна сила	12	4	0	4	6
Разом за змістовим модулем 1	36	12	0	8	18
<b>Змістовий модуль 2. Аеродинамічні характеристики автомобілів.</b>					
Тема 4. Механіка обтікання автомобіля	30	10	0	0	16
Тема 5. Антикрито та притискаюча сила	18	4	0	4	12
Разом за змістовим модулем 2	48	14	0	4	28
<b>Змістовий модуль 3. Аеродинамічна ефективність автомобілів та методи її підвищення.</b>					
Тема 6. Вплив бокового вітру на опір автомобіля	21	3	0	4	14
Тема 7. Аеродинамічна ефективність автомобіля	15	3	0	0	12
Разом за змістовим модулем 3	36	6	0	4	26
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>32</b>	<b>0</b>	<b>16</b>	<b>72</b>

#### 5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачено	
	<b>Разом</b>	

#### 6. Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Не передбачено	
	<b>Разом</b>	

### 7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Визначення параметрів пограничного шару на плоскій пластині пневмометричним методом.	2
2	Визначення коефіцієнта лобового опору кулі і початкового ступеня турбулентності потоку.	2
3	Визначення місцевих тисків та їх розподіл по поверхні крила.	4
4	Визначення аеродинамічних характеристик моделі крила ваговим методом.	4
5	Визначення опору автомобіля методом наскрізних характеристик	4
	<b>Разом</b>	<b>16</b>

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
	Тема 1. Основні фізико-механічні властивості газових середовищ	2
	Тема 2. Обтікання тіла потоком повітря, що набігає.	10
	Тема 3. Аеродинамічна сила	6
	Тема 4. Механіка обтікання автомобіля	16
	Тема 5. Антикрито та притискуюча сила	12
	Тема 6. Вплив бокового вітру на опір автомобіля	14
	Тема 7. Аеродинамічна ефективність автомобіля	12
	<b>Разом</b>	<b>72</b>

### 9. Індивідуальні завдання

Для денної форми навчання не передбачено.

### 10. Методи навчання

Проведення аудиторних занять (лекцій, лабораторних робіт та консультацій), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники) та навчальних посібників (видаються в електронному вигляді).

### 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю на лабораторних роботах, модульного контролю на лекційних та лабораторних заняттях, семестровий контроль у вигляді іспиту (до іспиту допускається студент, що виконав усі лабораторні роботи, передбачені цією програмою).

## 12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

### 12.1 Розподіл балів, які отримують студенти (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань), які оцінюються	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Робота на лекціях	0...0,625	8	0...5
Виконання і захист лабораторних робіт	0...6	3	0...18
Модульний контроль	0...30	1	0...30
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях	0...0,625	4	0...2,5
Виконання і захист лабораторних робіт	0...6	1	0...6
<b>Змістовний модуль 3</b>			
Робота на лекціях	0...0,625	4	0...2,5
Виконання і захист лабораторних робіт	0...6	1	0...6
Модульний контроль	0...30	1	0...30
<b>Усього за семестр</b>			<b>0...100</b>

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

Під час складання модульного контролю студент має можливість отримати максимум 30 балів. Білет для модуля складається з 3 запитань. За повну правильну відповідь на кожне запитання студент отримує по 10 балів.

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

При складанні семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів. Білет для іспиту складається з 3-х теоретичних запитань, максимальна кількість балів за два перших питання 33 бали, за третє – 34 бали.



## 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

- закони руху повітря, аеродинамічну силу та її залежність від кінематичних параметрів автомобіля;
- підходи в аналізі складових аеродинамічного опору автомобіля;
- методи визначення аеродинамічного опору автомобіля;
- взаємодію зовнішнього та внутрішнього потоків повітря;
- критерії аеродинамічної стійкості.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

- виконувати розрахунок аеродинамічних характеристик легкових, вантажних автомобілів та автобусів;
- експериментально визначати аеродинамічні характеристики автомобілів та їх елементів;
- пропонувати шляхи зниження аеродинамічного опору, підвищення стійкості та керованості автомобілів різних класів.

## 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Відмінно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати усі лабораторні заняття. Мати загальну уяву про закони руху повітря, аеродинамічну силу та її залежність від кінематичних параметрів автомобіля; підходи в аналізі складових аеродинамічного опору автомобіля; методи визначення аеродинамічного опору автомобіля; взаємодію зовнішнього та внутрішнього потоків повітря; критерії аеродинамічної стійкості, орієнтуватися у темах лекційного матеріалу.

**Добре (75-89).** Вільно володіти лекційним матеріалом. Мати навички самостійного виконання розрахунків. Вміти опрацьовувати отримані результати. Виконати та належним чином оформити усі лабораторні роботи.

**Задовільно (90-100).** В повному обсязі володіти лекційним та додатковим матеріалом. Виконати та належно оформити усі лабораторні роботи. Вміти аналізувати та робити висновки з отриманих результатів. Орієнтуватися у підручниках та посібниках.

### Шкала оцінювання: бальна і традиційна

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит, диференційований залік	Залік
90 – 100	Відмінно	Зараховано
75 – 89	Добре	
60 – 74	Задовільно	
0 – 59	Незадовільно	Не зараховано

### 13. Методичне забезпечення

1. Аэродинамика летательных аппаратов [Текст]: учеб. пособие / С. М. Ерёменко; Нац. аэрокосм. ун-т им. Н. Е. Жуковского «Харьков. авиац. ун-т». - Харьков: ХАИ, 2019. - 383 с.: рис. - Библиогр.: с. 377.

2. Экспериментальная аэродинамика / П.Н. Соляник, М.Л. Сургайло, В.В. Чмовж. – Учеб. пособие по лабораторному практикуму. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2007. – 96 с.

3. Чмовж В.В. Аэрогидродинамика: конспект лекций / В. В. Чмовж. - Ч. 1. – Х.: Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2006. – 193 с.

**Електронний ресурс**, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни (сторінка курсу в «Ментор»): <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=4176>

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Евграфов А.Н. Аэродинамика автомобиля: учеб. Пособие / А.Н. Евграфов. – М.: МГИУ, 2010. – 356 с.

2. Аэродинамика автомобиля / В. Г. Гухо, Д. Гуммель, Г. -Й. Эммельман, Р. Пиатек [и др.]. - под ред. В.Г. Гухо. - М.: Машиностроение, 1987. - 424 с.

3. Михайловский Е.В. Аэродинамика автомобиля / Е.В. Михайловский. – М.: «Машиностроение», 1973. – 224 с.

#### Допоміжна

1. Крашаница Ю.А. Аэрогидродинамика : основные законы и математические модели: учеб. пособие / Ю. А. Крашаница. – Х. : Нац. аэро-косм. ун-т им. Н. Е. Жуковского "Харьк. авиац. ин-т", 2004. – 287 с..

2. Сахно А.Г. Жидкости и газы. Их свойства и математические модели : учеб. пособие / А. Г. Сахно. – Х. : Нац. аэрокосмический ун-т "ХАИ", 2009. – 107 с.

### 15. Інформаційні ресурси

<https://library.khai.edu>