

401

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

Кафедра аерогідродинаміки (№ 101)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

 Гарант освітньої програми  
Віталій ГАЙДАЧУК  
(підпис) (ініціали та прізвище)

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ  
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Динаміка польоту безпілотної літального апарату  
(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 13 «Механічна інженерія»  
(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»  
(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Безпілотні літальні комплекси»  
(найменування освітньої програми)

**Форма навчання: денна**

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

**Харків 2021 рік**

Розробник: Сергій ЄРЬОМЕНКО, доцент кафедри 101, к.т.н.  
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)

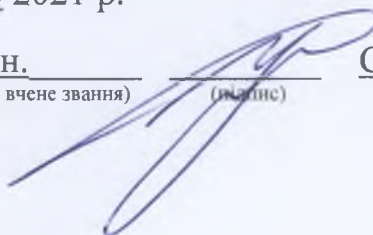


Підпис

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 – 5	<b>Галузь знань</b> <u>13 «Механічна інженерія»</u> (шифр і найменування)  <b>Спеціальність</b> <u>134 «Авіаційна та ракетно-космічна техніка»</u> (код і найменування)  <b>Освітня програма</b> <u>«Безпілотні літальні комплекси»</u> (найменування)  <b>Рівень вищої освіти:</b> <u>перший (бакалаврський)</u>	Вибіркова
Кількість модулів – 1		Навчальний рік
Кількість змістовних модулів – 2		2021/2022
Індивідуальне завдання РГР «Визначення льотно-технічних характеристик ЛА» (назва)		Семестр
Загальна кількість годин – 56/150		6-й
Кількість тижневих годин для денної форми навчання: аудиторних – 3,5 самостійної роботи студента – 5,9		Лекції*
		32 години
		Практичні, семінарські*
		годин
		Лабораторні*
	24 години	
	Самостійна робота	
	94 годин	
	Вид контролю	
	модульний контроль, іспит	

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної роботи становить:

56 / 94.

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

## 2. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** вивчення дисципліни «Динаміка польоту безпілотної літального апарату»: дати студентам знання основних принципів теорії динаміки польоту, які необхідні при проектуванні об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки, що допоможе розв'язувати складні спеціалізовані та практичні задачі, пов'язані з розробкою, виробництвом та сертифікацією авіаційної та ракетно-космічної техніки як в період навчання, так і в подальшій професійній діяльності.

**Завдання** вивчення дисципліни «Динаміка польоту безпілотної літального апарату»: навчити студента основним методам розрахунку льотно-технічних характеристик літального апарату залежно від параметрів літального апарату та характеристик навколишнього середовища.

**Компетентності, які набуваються:** здатність використовувати теорії динаміки польоту та керування при проектуванні об'єктів авіаційної та ракетно-космічної техніки.

**Очікувані результати навчання:** пояснювати вплив конструктивних параметрів елементів авіаційної та ракетно-космічної техніки на її льотно-технічні характеристики. Мати уявлення про стійкість та керованість авіаційної та ракетно-космічної техніки.

**Пререквізити** – вивчення дисципліни «Динаміка польоту безпілотної літального апарату» базується на знанні дисциплін: «Вища математика», «Фізика», «Термодинаміка і теплообмін», «Теоретична механіка», «Гідравліка», «Аерогідродинаміка», «Аеродинаміка безпілотної літального апарату».

**Кореквізити** – вивчення дисципліни «Динаміка польоту безпілотної літального апарату» забезпечує вивчення дисциплін: «Конструкція безпілотних літальних апаратів та їх систем», «Міцність літальних апаратів».

### 3. Зміст навчальної дисципліни

#### Модуль 1

**Змістовий модуль 1. Динаміка літального апарату у горизонтальному сталому польоті.**

**Тема 1. Основні закони динаміки польоту. Основні поняття і визначення.**  
Основні закони динаміки. Завдання динаміки польоту. Льотно-технічні характеристики літального апарату.

**Тема 2. Рівняння руху літального апарату як матеріальної точки.**  
Рівняння руху тіла змінного складу. Зовнішні сили що діють на літальний апарат. Системи координат що застосовуються в динаміці польоту. Матриці направляючих косинусів. Рівняння руху літального апарату як матеріальної точки в загальному випадку. Рівняння руху літального апарату в траєкторній системі координат в приватних випадках.

**Тема 3. Сталій рух літального апарату.**  
Аеродинамічний розрахунок літака метод тяг, метод потужностей Н.Є. Жуковського. Характерні точки на прямій потрібних тяг. Вплив зміни деяких параметрів на криву потрібних тяг. Перші та другі режими польоту на діаграмі потрібних і наявних тяг. Зміна швидкості горизонтального усталеного польоту з висотою. Можливий діапазон швидкостей і висот горизонтального усталеного польоту з висотою. Балістичні і динамічні стелі літального апарату. Зведений графік діапазону можливих висот і швидкостей польоту літального апарату.

#### Модульний контроль

**Змістовий модуль 2. Динаміка літального апарату по нахиленій траєкторії.**

**Тема 4. Набір висоти та зниження літального апарату.**  
Рівняння руху літального апарату по нахиленій траєкторії. Потрібних швидкості і тяги для польоту по нахиленій траєкторії. Полярна діаграма швидкостей. Швидкість підйому літального апарату. Барограма набору висоти. Зниження літального апарату. Планування. Перші і другі режими.

**Тема 5. Рух літального апарату по криволінійній траєкторії.**  
Рух у горизонтальній площині. Віраж. Рух у вертикальній площині. Маневр у вертикальній площині.

**Тема 6. Розрахунок дальності і тривалості польоту.**  
Розрахунок дальності польоту з повітряно-реактивним двигуном. Дальність польоту при заданій швидкості. Дальність польоту при заданій висоті. Найбільша дальність польоту.

**Тема 7. Злітно-посадочні характеристики літального апарату.**  
Зліт літального апарату. Посадка літального апарату. Розрахунок дистанцій посадки. Розрахунок посадкової швидкості. Розрахунок часу і дистанції пробігу.

#### Модульний контроль

#### 4. Структура навчальної дисципліни

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин				
	денна форма				
	усього	у тому числі			
		л	п	лаб	с.р.
1	2	3	4	5	6
<b>Модуль 1</b>					
<b>Змістовий модуль 1.</b>					
Тема 1. Основні закони динаміки польоту. Основні поняття і визначення.	10	4		2	2
Тема 2. Рівняння руху літального апарату як матеріальної точки.	16	4		2	10
Тема 3. Сталий рух літального апарату.	31	8		4	20
<b>Разом за змістовим модулем 1</b>	<b>57</b>	<b>16</b>		<b>8</b>	<b>32</b>
<b>Змістовий модуль 2.</b>					
Тема 4. Набір висоти та зниження літального апарату.	18	4		4	15
Тема 5. Рух літального апарата по криволінійній траєкторії.	18	4		4	15
Тема 6. Розрахунок дальності і тривалості польоту.	21	4		4	16
Тема 7. Злітно-посадочні характеристики літального апарату.	21	4		4	16
<b>Разом за змістовим модулем 2</b>	<b>78</b>	<b>16</b>		<b>16</b>	<b>62</b>
<b>Усього годин</b>	<b>135</b>	<b>32</b>		<b>24</b>	<b>94</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	Аеродинамічні та масові характеристики літального апарату.	2
2	Побудова наближеної польотної, злітної і посадкової поляр.	2
3	Визначення льотних характеристик літального апарату методом тяг і потужностей.	4
4	Визначення характеристик силової установки літального апарату.	4
5	Характеристики набору висоти літального апарату.	4
6	Дальність польоту літального апарату.	2
7	Характеристики маневреності літака.	2
8	Зліт і посадка літального апарату.	4
	<b>Разом:</b>	<b>24</b>

### 8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Тема 1. Основні закони динаміки польоту. Основні поняття і визначення.	2
2	Тема 2. Рівняння руху літального апарату як матеріальної точки.	10
3	Тема 3. Сталий рух літального апарату.	20
4	Тема 4. Набір висоти та зниження літального апарату.	15
5	Тема 5. Рух літального апарата вздовж криволінійної траєкторії.	15
6	Тема 6. Розрахунок дальності і тривалості польоту.	16
7	Тема 7. Злітно-посадочні характеристики літального апарату.	16
	<b>Разом:</b>	<b>94</b>

### 9. Індивідуальні завдання

З навчальної дисципліни «Динаміка польоту безпілотного літального апарату» передбачено розрахунково-графічну роботу за темою «Визначення льотно-технічних характеристик ЛА».

### 10. Методи навчання

Проведення аудиторних занять (лекції, лабораторний практикум), консультацій (за необхідністю), самостійна робота студентів з матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники), навчальними посібниками та підручниками.

### 11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю (проводиться на заняттях, відведених на практичні роботи), підсумковий контроль у вигляді іспиту.

## 12. Розподіл балів, які отримують студенти

### 12.1. 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			
Виконання практичних завдань	0...5	3	0...15
Модульний контроль	0...25	1	0...25
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Робота на лекціях			
Виконання практичних завдань	0...5	3	0...15
Розрахункова робота	0...20	1	0...20
Модульний контроль	0...25	1	0...25
<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 підсумковий контроль може проводитися у вигляді тестування із застосуванням інтернет-технологій.

Під час складання модульного контролю студент має можливість отримати максимум 25 балів. Білет для модуля складається з 3 запитань. За повну правильну відповідь на два перших запитання студент отримує по 8 балів. За повну правильну відповідь на останнє запитання – 9 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 виконати та надати звіт з розрахунково-графічної роботи.

Під час складання іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів. Білет складається з двох теоретичних запитань та однієї задачі. За повну правильну відповідь на кожне теоретичне запитання студент отримує по 33 бали. За повне правильне рішення задачі (з наведенням усіх необхідних формул та пояснень) – 34 бали.

### 12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

1. основні закони динаміки польоту. Основні поняття і визначення;
2. рівняння руху літального апарату як матеріальної точки;
3. сталий рух літального апарату;

4. набір висоти та зниження літального апарату;
5. рух літального апарата по криволінійній траєкторії;
6. дальності і тривалості польоту.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

1. вміти будувати польотну, злітну і посадкову поляри;
2. вміти розраховувати льотні характеристики літального апарату методом тяг і потужностей;
3. вміти будувати характеристику силової установки літального апарату;
4. вміти будувати та аналізувати зведений графік діапазону можливих висот і швидкостей польоту літального апарату;
5. вміти розраховувати характеристики набору висоти літального апарату;
6. вміти розраховувати дальність та тривалість польоту літального апарату.

### 12.3 Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

**Задовільно (60-74).** Мати мінімум знань та умінь. Відпрацювати усі лабораторні та практичні заняття. Мати загальну уяву про основні закони динаміки польоту; рівняння руху літального апарату як матеріальної точки; усталений рух в горизонтальному польоті, при наборі висоти, зниженні та руху по криволінійній траєкторії; рівняння дальності і тривалості польоту; характеристики маневреності літака; 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.

**Відмінно (90-100).** В повному обсязі володіти лекційним та додатковим матеріалом. Виконав та належно оформив 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 и динамика полёта. / В.А. Семенчин, В.А. Захаренко, В.В. Чмовж. – Конспект лекций. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 381 с.
2. Холявко В.И. Расчёт аэродинамических характеристик самолёта. Харьков: ХАИ, 1991. – 71 с.
3. Грайворонский В.А. Расчёт аэродинамических характеристик вертолётa. Харьков: ХАИ, 1989. – 63 с.
4. Курочка Г.П. Льотно-технічні характеристики, поздовжня стійкість і керованість літака. Навчальний посібник. Харків, «ХАІ», 1999 р., 188 с.

**Електронний ресурс**, на якому розміщено навчально-методичний комплекс дисципліни (сторінка курсу в «Ментор»):

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=4741>

### 14. Рекомендована література

#### Базова

1. Семенчин В.А., Захаренко В.А., Чмовж В.В. Аэродинамика и динамика полета. Конспект лекций. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т», 2003. – 381 с.
2. Остославский И.В., Стражева И.В. Динамика полета. Траектории летательных аппаратов. Оборонгиз, Москва - 1963 г, 430с.
3. Остославский И.В., Стражева И.В. Динамика полета Устойчивость и управляемость летательных аппаратов. Оборонгиз, Москва - 1965г., 467с.
4. Грайворонский В.А., Захаренко В.А., Чмовж В.В. Аэродинамика вертолета. Учебное пособие. – Харьков: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. Авиац. ин-т», 2013. – 200 с.

#### Допоміжна

1. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. - М.: Наука, 1985. – 440 с.
2. Ковалев Е.Д., Политучий И.В., Удовенко В.А. Основы аэродинамики и динамики полета легких вертолетов – Учебное пособие. Харьков, 2008. – 280 с.

### 15. Інформаційні ресурси

<https://library.khai.edu>