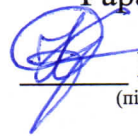


Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
"Харківський авіаційний інститут"

кафедра Систем управління літальних апаратів (№ 301)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Гарант освітньої програми



Костянтин ДЕРГАЧОВ

(під пнс)

(і ніці али та прізвище)

«28» серпня 2023 р.

## **РОБОЧА ПРОГРАМА ОBOB'ЯЗКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**«Основи навігації»**

(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 17 Електроніка та телекомунікації

Спеціальність: 173 «Авіоніка»

Освітня програма: Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів

**Форма навчання: денна**

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

Харків 2023

Робоча програма навчальної дисципліни «Основи навігації» для здобувачів за спеціальності: 173 Авіоніка, за освітньою програмою: Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів.


"24" серпня 2023 р, - 14с.

Розробник: Дергачов К.Ю., завідувач кафедри Систем управління літальних апаратів, к.т.н., с.н.с.

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Систем управління літальних апаратів

Протокол № 1 від "25" серпня 2023 р.

Завідувач кафедри 301  
к.т.н., с.н.с.



Костянтин ДЕРГАЧОВ  
(ім'я та прізвище)

### 1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітня програма, рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни		
Денна форма навчання				
Кількість кредитів – 9,5	Галузь знань 17 «Електроніка та телекомунікації»	Дисципліна загально-професійної підготовки		
Модулів - 2		<b>Навчальний рік:</b>		
Змістових модулів – 4				
Загальна кількість годин денна: <i>кількість годин аудиторних занять / загальна кількість годин - 128/285</i>	Спеціальність: 173 «Авіоніка»	2023/2024		
		<b>Семестр</b>		
		3-й	4-й	
Кількість тижневих годин для денної форми навчання	Освітня програма: Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів  Рівень вищої освіти: перший (бакалаврський)	<b>Лекції)</b>		
		32 год.	16 год.-	
<b>Семестр 3</b>		<b>Практичні<sup>1)</sup></b>		
Аудиторних - 4 год.		Самост. роботи- 5,4 год.	16 год.	16 год.
<b>Семестр 4</b>		<b>Лабораторні<sup>1)</sup></b>		
Аудиторних - 4 год.		Самост. роботи- 4,4 год.	16 год.	32 год. -
		<b>Самостійна робота</b>		
		86 год.	71 год.	
		<b>Вид контролю</b>		
		залік	іспит	

#### Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної і індивідуальної роботи становить для денної форми навчання: 128 / 157.

Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять

## Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета** - вивчення методів здобуття інформації про місцезнаходження рухомих об'єктів та їх траєкторій руху на основі різноманітних навігаційних методів та принципів функціонування систем навігації.

**Завдання:** дати здобувачам систематизовані знання, що відносяться до застосування різноманітних методів розрахунків і моделювання, що використовуються при навігації рухомих об'єктів із застосуванням сучасних комп'ютерних технологій.

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти повинні досягти таких компетентностей:

- ЗК1. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК2. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації.
- ЗК4. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності.

ФК1. Здатність здійснювати професійну діяльність у сфері авіоніки автономно і відповідально, дотримуючись законодавчої та нормативно-правової бази, а також державних та міжнародних вимог.

ФК6. Здатність математично описувати і моделювати фізичні процеси в системах керування літальних апаратів.

Програмні результати навчання:

ПРН1. Адаптуватися до змін технологій професійної діяльності, прогнозувати їх вплив на кінцевий результат.

ПРН2. Автономно отримувати нові знання в своїй предметній та суміжних областях з різних джерел для ефективного розв'язання спеціалізованих задач професійної діяльності.

ПРН4. Розуміти стан і перспективи розвитку предметної області.

ПРН5. Організувати власну професійну діяльність, обирати оптимальні методи та способи розв'язування складних спеціалізованих задач та практичних проблем у професійній діяльності.

ПРН6. Критично осмислювати основні теорії, принципи, методи і поняття у професійній діяльності.

ПРН11. Розробляти технічні вимоги до систем та пристроїв авіоніки;

здійснювати проектування систем та пристроїв авіоніки з урахуванням вимог замовника та нормативно-технічної документації.

ПРН14. Застосовувати сучасні інформаційні технології для забезпечення функціонування літальних апаратів та наземних комплексів.

### **Міждисциплінарні зв'язки:**

Передумови для вивчення даної дисципліни:

ОК1. Вища математика.

ОК2 Фізика.

ОК3. Алгоритмізація і програмування

ОК5. Вступ до фаху

Дисципліна підтримує наступні освітні компоненти:

ОК12. Основи навігації (курсова робота).

ОК26. Основи побудови автономних навігаційних систем.

ОК32. Кваліфікаційна робота бакалавра.

## **2. Програма навчальної дисципліни**

### **Модуль 1. Теоретичні основи навігації**

#### **Змістовий модуль 1. Геонавігаційна інформація.**

**Тема 1.** Вступ до навчальної дисципліни «Основи навігації».

Предмет навчання і задачі дисципліни «Основи навігації».

Основні завдання навігації рухомих об'єктів.

**Тема 2.** Історія навігації та основні терміни.

Основні історичні етапи розвитку і становлення навігації як науки. Основні терміни і визначення.

**Тема 3.** Теоретичні основи навігації.

Геонавігаційна інформація: форма Землі, рух Землі, основні географічні точки, лінії та кола земній кулі, географічна широта та довгота, напрями на земній поверхні, ортодромія, локсодромія. Системи земних координат: географічна, ортодромічна, прямокутна, полярна та їх зв'язок.

**Тема 4.** Геоінформатика

Сутність картографічного зображення місцевості та її основні властивості. Разграфка і номенклатура топографічних карт. Визначення номенклатури суміжних аркушів.

**Тема 5.** Цифрова картографічна інформація

Векторні і растрові карти. Карта місцевості в векторному вигляді. Маніпуляції з векторними картами при їх відображенні. Формати цифрової

картографічної інформації. Програмні продукти для роботи з цифровою картографічною інформацією.

#### **Тема 6. Географічні інформаційні системи (ГІС).**

Принципи побудови і функціонування ГІС. Види ГІС. Компоненти ГІС. Повнофункціональні ГІС.

#### **Змістовий модуль 2. Методи навігації**

#### **Тема 7. Оглядово-порівняльні методи навігації**

Оглядово-порівняльні методи навігації. Класифікація оглядово-порівняльних систем навігації. Принципи побудови оглядово-порівняльних систем навігації.

#### **Тема 8. Одометричні навігаційні системи.**

Принципи визначення місця розташування об'єкта методами числення шляху. Реалізація одометричних систем навігації.

**Тема 9. Інерційні навігаційні системи. Фізичні вимірювання, що лежать в основі інерційної навігації. Принципи побудови. Види реалізації..**

#### **Тема 10. Основи радіонавігації**

Принципи побудови радіонавігаційних систем. Радіотехнічні вимірювачі навігаційних параметрів. Класифікація радіонавігаційних пристроїв по типу радіотехнічних вимірювань

**Тема 11. Системи автоматичного визначення місцяположення рухомих об'єктів. Принципи побудови. Вимоги до систем. Моделі реалізації систем [Д1; Д3]**

#### **Модуль 2. Супутникові системи навігації**

#### **Змістовий модуль 3. Супутникові системи навігації**

#### **Тема 12. Супутникові системи навігації**

Призначення та типи супутникових радіонавігаційних систем. Принципи навігаційних вимірювань за допомогою штучних супутників Землі.

#### **Тема 13. Структура супутникових систем навігації**

Загальна характеристика супутникових РНС. Структура, склад та основні елементи супутникових радіонавігаційних систем (СРНС).

#### **Тема 14. Орбітальний рух навігаційних космічних апаратів**

Основні параметри орбіт навігаційних космічних апаратів (НКА). Математична модель руху НКА системи NavStar (GPS). Визначення параметрів моделі руху

**Тема 15.** Основи розрахунку координат споживача

Ітеративний метод розрахунку координат споживача. Псевдо-далекомірний метод розрахунку координат споживача [Д2].

**Змістовий модуль 4. Похибки супутникових навігаційних вимірювань та їх урахування**

**Тема 16.** Похибки навігаційних визначень

Ефемеридні похибки. Тропосферні і іоносферні похибки. Похибки за рахунок шумів. Похибки через багатопроменевого поширення. Похибки частотно-часового забезпечення.

**Тема 17.** Поняття геометричного фактору.

Визначення, види. Порядок визначення. Варіанти розрахунку.

**Тема 18.** Диференційний метод визначення координат Суть методу. Оцінка похибки. Засоби реалізації методу.

**Тема 19.** Протокол обміну повідомленнями NMEA-0183

Основні інформаційні повідомлення. Види повідомлень. Формат основних повідомлень.

**Тема 20.** Протокол обміну даними Rinex.

Основні файли протоколу. Формат основних файлів протоколу Rinex.

### 3. 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. Геонавігаційна інформація</b>					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни	6	2	-	-	4
Тема 2. Історія навігації та основні терміни	6	2	-	-	4
Тема 3. Теоретичні основи навігації.	15	4	3	2	6
Тема 4. Геоінформатика	9	2	-	2	5
Тема 5. Цифрова картографічна інформація	10	4	-	2	4
Тема 6. Географічні інформаційні системи.	9	2	3	-	4
Разом за змістовим модулем 1	55	16	6	6	27
<b>Змістовий модуль 2. Методи навігації</b>					
Тема 7. Оглядово-порівняльні методи навігації	16	2	4	2	8

Тема 8. Одометричні навігаційні системи.	16	2	4	2	8
Тема 9. Інерційні навігаційні системи.	14	4	-	2	8
Тема 10. Основи радіонавігації	16	4	2	-	10
Тема 11. Системи автоматичного визначення місцяположення рухомих об'єктів .	18	4	-	4	10
Разом за змістовим модулем 2	80	16	10	10	44
Разом за модулем 1 (семестр 3)	135	32	16	16	71
<b>Модуль 2</b>					
<b>Змістовий модуль 3. Супутникові системи навігації</b>					
Тема 12. Супутникові системи навігації	14	2	-	4	8
Тема 13. Структура супутникові систем навігації	14	2	2	-	10
Тема 14. Орбітальний рух навігаційних космічних апаратів	20	2	2	6	10
Тема 15. Основи розрахунку координат споживача	18	2	2	4	10
Разом за змістовим модулем 3	66	8	6	14	38
<b>Змістовий модуль 4. Похибки супутникових навігаційних вимірювань та їх урахування</b>					
Тема 16. Похибки навігаційних визначень	20	2	2	6	10
Тема 17. Поняття геометричного фактору.	17	1	-	6	10
Тема 18. Диференційний метод визначення координат	22	2	2	10	10
Тема 19. Протокол обміну повідомленнями NMEA-0183	13	1	4	-	10
Тема 20. Протокол обміну даними Rinex.	12	2	2	-	8
Разом за змістовим модулем 4	84	8	10	22	48
Разом за модулем 2 (семестр 4)	150	16	16	32	86
Всього за дисципліною	285	48	32	48	157

#### 4. Теми семінарських занять

№з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Не заплановано	
2		

#### 5. Теми практичних занять

№з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Системи земних координат	2
2	Компоненти ГІС	2
3	Принципи побудови оглядово-порівняльних систем навігації	2
4	Принципи визначення місця розташування об'єкта методами числення шляху	4
5	Принципи побудови радіонавігаційних систем	4



6	Основні компоненти супутникових радіонавігаційних систем	4
7	Визначення параметрів моделі руху НКА	2
8	Ітеративний метод розрахунку координат споживача	2
9	Урахування тропосферних та іоносферних похибок	2
10	Оцінка похибки диференційного методу визначення координат	2
11	Формат основних повідомлень NMEA-0183	4
12	Формат основних файлів протоколу Rinex.	2
	Разом	32

10

### 6. Теми лабораторних занять

№з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження можливостей практичного застосування інтегрованих систем символічної математики для вирішення завдань навігації.	2
2	Дослідження методів визначення місця розташування ЛА за курсовими даними.	2
3	Визначення параметрів польоту літального апарату з трекових даними	2
4	Дослідження алгоритмів перетворення координат	2
5	Дослідження траєкторію польоту літального апарату за трековими даними	2
6	Дослідження алгоритмів вирішення навігаційних завдань	4
7	Дослідження апаратури супутникової навігації Novatell	4
8	Дослідження алгоритмів обробки даних супутникових вимірів	4
9	Дослідження параметрів руху навігаційних космічних апаратів	4
10	Дослідження орбітального руху навігаційних космічних апаратів	4
11	Визначення координат споживача	4
12	Дослідження диференційного методу визначення координат	4
13	Дослідження впливу геометричних факторів на точність навігаційних визначень	4
	Разом	48

### 7. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Основні завдання навігації рухомих об'єктів	4
2	Основні терміни і визначення навігації	4
3	Геонавігаційна інформація	7
4	Разграфка і номенклатура топографічних карт	4
5	Векторні і растрові карти	4
6	Принципи побудови і функціонування ГІС	4
7	Класифікація оглядово-порівняльних систем навігації	4
8	Реалізація одометричних систем навігації	4
9	Фізичні вимірювання, що лежать у основі інерційної навігації	4
10	Класифікація радіонавігаційних пристроїв	6
11	Системи автоматичного визначення місцяположення	6

12	Виконання розрахункової роботи у семестрі 3	20
13	Принципи навігаційних вимірювань за допомогою штучних супутників Землі	8
14	Структура, склад та основні елементи супутникових радіонавігаційних систем	8
15	Основні параметри орбіт навігаційних космічних апаратів	10
16	Псевдо-далекомірний метод розрахунку координат споживача	10
17	Ефемеридні похибки	6
18	Геометричний фактор: порядок визначення	6
19	Засоби реалізації диференційного методу роботи СНС	6
20	Протокол обміну повідомленнями NMEA-0483	6
21	Протокол обміну даними Rinex	6
22	Виконання розрахункової роботи у семестрі 4	20
Разом		157

### 8. Індивідуальне завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Розрахункова робота у семестрі 3	20 (самост. робота)
2	Розрахункова робота у семестрі 4	20 (самост. робота)

### 9. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, лабораторних та практичних занять, індивідуальні консультації (при необхідності), самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою (методичні посібники).

### 10. Методи контролю

Проведення поточного контролю у вигляді захисту лабораторних робіт, захисту розрахункових робіт відповідно до змістових модулів і тем, фінальний (семестровий) контроль - у вигляді заліку (семестр 3) та іспиту (семестр 4).

### 11. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

#### Розподіл балів, які отримують студенти у семестрі 3

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 1</b>			
Виконання і захист лабораторних робіт	2...5	3	6...15

Виконання і захист практичних робіт	1...4	3	3...12
Модульний контроль	1... 15	1	1... 15
<b>Змістовний модуль 2</b>			
Виконання і захист лабораторних робіт	2..3	4	8..12
Виконання і захист практичних робіт	2..3	4	8...12
Захист розрахункової роботи	0... 16	1	0... 16
Модульний контроль	1... 15	1	1... 18
<b>Усього за семестр</b>	<b>60... 100</b>		

#### Семестр 4

Складові навчальної роботи	Бали за одне завдання (завдання)	Кількість завдань (завдань)	Сумарна кількість балів
<b>Змістовний модуль 3</b>			
Виконання і захист лабораторних робіт	2...5	3	6...15
Виконання і захист практичних робіт	1...4	3	3...12
Модульний контроль	1... 15	1	1... 15
<b>Змістовний модуль 4</b>			
Виконання і захист лабораторних робіт	2..3	4	8..12
Виконання і захист практичних робіт	2..3	4	8...12
Захист розрахункової роботи	0... 16	1	0... 16
Модульний контроль	1... 15	1	1... 18
<b>Усього за семестр</b>	<b>60... 100</b>		

Білет для іспиту складається з теоретичних та практичних запитань.

Наприклад.

Теоретичні питання:

1. Предмет и задачи навігації. Історія розвитку супутникових навігаційних систем.
2. Методи навігаційних визначень.
3. Основні принципи радіонавігації
4. Алгоритми локальної навігації. Алгоритми Proximity и Cenroid.
5. Алгоритми локальної навігації. Алгоритми Weighted Cenroid FigterPrinting.
6. Алгоритми локальної навігації. Алгоритми Latteration і DiffLatteration
7. Структура СНС. Наземний сектор управління та контролю СНС.
8. Структура СНС. Космічний сегмент СНС.

## 9. Структура СНС. Апаратура споживача СНС.

Практичні питання:

1. Розшифрувати повідомлення

\$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W, 1,07,1.0,9.0,M,,,,0000\*18

2. Розробити алгоритм дій для урахування впливу іоносфери при навігаційних супутникових вимірах виконати перевід координат з географічної системи  $B=28^{\circ}21'03''$ ,  $L=14^{\circ}11'36''$ ,  $H=100$  м в систему координат WGS-84.

3. Пояснить чому значення розрахункового геометричного фактору не збігається з вимірювальним.

4. Розробити алгоритм для усунення впливу тропосфери на точність навігаційних вимірів.

5. Визначити склад інформації що є у навігаційному файлі системи RINEX.

### • Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

Загальні відомості про геонавігаційну інформацію, небесну сферу. Принципи побудови цифрових картографічних матеріалів. Принципи побудови радіотехнічних вимірювачів навігаційних параметрів. Принципи побудови супутникових систем навігації. Принципи побудови оглядово-порівняльних навігаційних комплексов.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки:

Вміти працювати з математичним апаратом для здобуття інформації про координати місцеположення ЛА у просторі на базі різних методів навігації. Виконувати необхідні розрахунки здобуття інформації про координати місцезнаходження ЛА відповідно до вибраного методу навігації.

### • Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

#### 1. Відмінно (90+100 балів) виставляється студенту:

1.1 Який твердо знає: базові поняття і принципи, що відносяться до дисципліни «Основи навігації».

Захистив всі практичні, лабораторні завдання, індивідуальні та модульні завдання на оцінку відмінно має тверді знання щодо курсу. Вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Вміє логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати практичне та лабораторне завдання.

1.2 Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе при неточних формулюваннях у відповідях на додаткові запитання, які були поставлені перед ним.

#### 2. Добре (75+89 балів) виставляється студенту:

2.1 Який має достатньо глибокі знання з теоретичної частини дисципліни. Захистив всі

практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконав усі модульні завдання з оцінкою «добре», має практичні навички роботи зі схемотехніки. Правильно розв'язує практичні завдання, його відповіді не є чіткими.

2.2 Зменшення кількості балів в межах оцінки можливе при неповних відповідях на теоретичні або практичні запитання.

### **3. Задовільно (60+74 бали) виставляється студенту:**

3.1 Який слабо володіє теоретичним матеріалом, має мінімум знань та умінь, допускає помилки у вирішенні практичних завдань. Захистив всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконав усі модульні завдання, має не впевнені практичні навички роботи зі схемотехніки.

3.2 зменшення кількості балів в межах оцінки можливе за неточні та .неповні відповіді на теоретичні та практичні запитання.

## **Шкала оцінювання: національна та ECTS**

Сума балів	Оцінка за традиційною шкалою	
	Іспит	Залік
90-100	<b>ВІДМІННО</b>	зараховано
75-89	добре	
60-74	задовільно	
0-59	незадовільно	незараховано

## **12. Методичне забезпечення**

1. Конспект лекцій з дисципліни «Основи навігації». 2023 р.
2. Методичні вказівки і завдання до виконання лабораторних робіт.
3. Методичні вказівки і завдання до виконання практичних робіт
4. Програмне забезпечення NovaTell, Python, WinMaple

## **13. Рекомендована література**

### **Основна**

1. Навігація. Основи визначення місцеположення та скеровування.// Б. Гофман-Велленгоф. К. Легат, М. Візер; пер. с англ. за ред. Я.С. Яцківа - Львів: Львівський національний університет ім. Івана Франка. 2006. - 443 с.

2. Васильєв В. М. Радіонавігаційні системи : підручник / В. М. Васильєв. – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, Вид-во «Політехніка», 2023. – 338 с.

3. К. Dergachov *et al.*, "GPS Usage Analysis for Angular Orientation Practical Tasks Solving," 2022 *IEEE 9th International Conference on Problems of Infocommunications, Science and Technology (PIC S&T)*, Kharkiv, Ukraine, 2022, pp. 187-192, doi: 10.1109/PICST57299.2022.10238629.

4. Николишин М. Й. Радіотехнічні методи навігації: Навчальний посібник. Львів : Видавництво Львівської політехніки, 2020. 124 с.
5. Sergiyenko O., Flores-Fuentes W., Mercorelli P. (ed.). Machine vision and navigation. – Berlin/Heidelberg, Germany : Springer, 2020. – С. 5-30.
6. Morton Y. J. et al. (ed.). Position, navigation, and timing technologies in the 21st century: Integrated satellite navigation, sensor systems, and civil applications, volume 1. – John Wiley & Sons, 2021.
7. Shmelova, T., Sikirda, Y., Rizun, N., Kucherov, D., & Dergachov, K. Automated Systems in the Aviation and Aerospace Industries.
8. Janssen V. Understanding the RINEX format for GNSS data transfer and storage //Coordinates. – 2023. – С. 21.
9. Опис протоколу NMEA. Метод доступу : <http://www.gpsinformation.org/dale/nmea.htm>
10. Interface Control Documents GPS. Метод доступу : <https://www.gps.gov/technical/icwg/>

#### **Допоміжна**

1. К. Dergachov, S. Bahinskii and I. Piavka, "The Algorithm of UAV Automatic Landing System Using Computer Vision," 2020 IEEE 11th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT), Kyiv, Ukraine, 2020, pp. 247-252, doi: 10.1109/DESSERT50317.2020.9124998.
2. Dergachov K., Kulik A. Ensuring the safety of UAV flights by means of intellectualization of control systems //Cases on Modern Computer Systems in Aviation. – 2019. – С. 287-310.
3. Dergachov K., Kulik A., Zymovin A. Environments Diagnosis by Means of Computer Vision System of Autonomous Flying Robots //Automated Systems in the Aviation and Aerospace Industries. – IGI Global, 2019. – С. 115-137.

#### **14. Інформаційні ресурси**

Сайт кафедри 301: [k301.khai.edu](http://k301.khai.edu)