

Міністерство освіти і науки України  
Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського  
“Харківський авіаційний інститут”  
кафедра Систем управління літальних апаратів (СУЛА - № 301)

**ЗАТВЕРЖУЮ**

Голова НМК-2

 Д. М. Крицький

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021

## **СИЛАБУС ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

### **Сучасні технології супутникової навігації**

(назва навчальної дисципліни)

**Галузь знань** 11 Математика та статистика, 12 Інформаційні технології, 13 Авіаційні та ракетно-космічна техніка, 14 Електрична інженерія, 15 Автоматизація та приладобудування, 16 Хімічна та біоінженерія, 17 Електроніка та телекомунікації, 25 Воєнні науки, національна безпека, безпека державного кордону, 27 Транспорт

**Спеціальність:** 113 Прикладна математика, 121 Інженерія програмного забезпечення, 122 Комп'ютерні науки та інформаційні технології, 123 Комп'ютерна інженерія, 124 Системний аналіз, 125 Кібербезпека, 126 Інформаційні системи та технології, 134 Авіаційна та ракетно-космічна техніка, 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, 151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології, 152 Метрологія та інформаційно-вимірвальна техніка, 162 Біотехнології та біоінженерія, 163 Біомедична інженерія, 171 Електроніка, 172 Телекомунікації та радіотехніка, 173 Авіоніка, 255 Озброєння та військова техніка, 272 Авіаційний транспорт


**Освітня програма:** Обчислювальний інтелект, Математичне та комп'ютерне моделювання, Інженерія програмного забезпечення, Інтелектуальні системи та технології, Інформаційні технології проектування, Комп'ютеризація обробки інформації та управління, Комп'ютерні технології в біології та медицині, Комп'ютерні мережі та системи, Програмовані мобільні системи та інтернет речей, Системне програмування, Системний аналіз і управління, Безпека інформаційних та комунікаційних систем, Кібербезпека індустріальних систем, Інформаційні системи та технології підтримки віртуальних середовищ, Розподілені інформаційні системи, Штучний інтелект та інформаційні системи, Безпілотні літальні комплекси, Комп'ютерно-інтегроване управління в енергетиці, Інженерія мобільних додатків, Комп'ютерні системи технічного зору, Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів, Інтелектуальні транспортні системи

**Форма навчання:** денна

**Рівень вищої освіти:** другий (магістерський)

**Харків 2021**

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



---

(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри Систем управління літальних апаратів (№ 301)  
Протокол № 1 від “ 28 ” серпня 2021 р.

Завідувач кафедри 301, к.т.н., доцент



К. Ю. Дергачов

Погоджено з представником здобувачів освіти:

---



---

(підпис)

М.Г. Саргабул  
(ініціали та прізвище)

(підпис)

(прізвище та ініціали)

## 1. Загальна інформація про викладача



**Дергачов Костянтин Юрійович, к.т.н., доцент.**

Під час роботи в університетах викладав і викладає наступні дисципліни:

- Основи навігації;
  - Сучасні технології супутникової навігації;
  - Обробка даних засобами Python;
  - Проектування інтелектуальних транспортних систем;
  - Геоінформаційні системи в аеронавігації;
  - Автоматизація інформаційно-управляючих процесів;
  - Проектування систем управління літальними апаратами.
- Напрями наукових досліджень: інформаційні технології, побудова систем раціонального управління складних технічних систем, побудова систем навігації та технічного зору.

E-mail: [k.dergachov@khai.edu](mailto:k.dergachov@khai.edu)

Phone: +38 (057)-788-43-01

## 2. Опис навчальної дисципліни

**Семестр, у якому викладається дисципліна - другий.**

**Обсяг дисципліни:**

5 кредитів ЄКТС (150 годин), у тому числі аудиторних занять 64 години,

самостійної роботи здобувача -86 годин.

**Форми здобуття освіти:**

Денна, дистанційна.

**Дисципліна – вибіркова.**

**Види навчальної діяльності –** лекції, практичні роботи, самостійна робота здобувача.

**Види контролю –** поточний, модульний та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

**Мова викладання –** українська.

**Необхідні обов'язкові попередні дисципліни (пререквізити) –** Знання з основ програмування, основ навігації об'єктно-орієнтованого програмування, комп'ютерної схемотехніки, моделювання систем.

## 3. Мета та завдання навчальної дисципліни

**Мета**

Вивчення навчальної дисципліни «Сучасні технології супутникової навігації» полягає в формуванні системи знань, які дають змогу здобувачу зрозуміти особливості використання сучасних навігаційних технологій для розв'язання практичних завдань.

**Завдання**

Дисципліна «Сучасні технології супутникової навігації» дозволяє опанувати базові знання, щодо основ розробки, впровадження та використання

сучасних систем супутникової навігації, а також отримати знання із сучасних навігаційних супутникових технологій (RTS, RTK, Align) з використанням сучасного обладнання фірми Novatel та його використання на транспортних засобах різних класів для розв'язання завдань моніторингу, логістики та керування. Надаються базові знання із супутникової навігації транспортних засобів, основних інтерфейсів обміну інформації програмування та обробки даних вимірювань у середовищах MatLab, GrafNav, NovAtel Connect. Отримання навичок з підвищення точності роботи супутникових засобів навігації у різних режимах роботи.

***Після опанування дисципліни здобувач набуде наступних компетентностей:***

Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. Здатність генерувати нові ідеї (креативність). Здатність приймати обґрунтовані рішення.

Здатність спілкуватися з представниками інших професійних груп різного рівня (з експертами з інших галузей знань), тому системи реального часу використовуються в багатьох галузях (від військового призначення до медицини).

Вміння використовувати базові знання основних національних, європейських та міжнародних нормативно-правових актів з метою постійного вдосконалювання своєї професійної діяльності.

Вміння використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності, аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих завдань побудови систем реального часу.

Здатність реалізовувати та використовувати апаратні та програмно-алгоритмічні засоби щодо збільшення точності та надійності систем управління технологічними процесами.

Вміння визначати склад випробувального обладнання необхідного для проведення експериментів по визначенню характеристик і параметрів систем управління та контролю за технологічними процесами.

Вміння впроваджувати досягнення вітчизняної та закордонної науки та техніки, використовувати інноваційний досвід у галузі побудови систем реального часу.

***Очікується, що після опанування дисципліни здобувачем будуть досягнуті наступні результати навчання і він буде:***

Використовувати різні форми представлення систем та описувати їх різними методами (вербально, графічно, формально), аналізувати ситуації, що можуть виникати, під час їх функціонування.

Використовувати досягнення науки і техніки в професійній діяльності, аргументувати вибір методів розв'язування спеціалізованих завдань з аналізу та синтезу систем.

Аналізувати, використовувати та створювати високоточні системи супутникової навігації, виділяти підсистеми та об'єкти, що є складовими системами, та взаємозв'язки між ними.

Визначати структуру і параметри випробувального обладнання для проведення експериментів по визначенню характеристик систем реального супутникової навігації.

#### 4. Зміст навчальної дисципліни

##### Модуль 1.

##### **Змістовий модуль 1. Теоретичні основи сучасних технологій супутникової навігації**

##### **Тема 1. Вступ до дисципліни «Сучасні технології супутникової навігації»**

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*

**Теми лабораторних занять:** Дослідження можливостей GPS приймача EPSPak-I і програмного забезпечення Novatell

**Анотація:** *Здобувач освіти знайомиться з предметом вивчення і задачами дисципліни, основними історичними етапами розвитку і становлення супутникової навігації як науки, а також з вимогами до сучасних технологій супутникової навігації.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувача – 4 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з основними теоретичними відомостями, щодо супутникових навігаційних систем. Оформлення результатів лабораторного дослідження, підготовка до його здачі.

##### **Тема 2. Структура сучасних «Супутникових навігаційних систем»**

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*

- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*

**Теми лабораторних занять:** Дослідження можливостей GPS приймача EPSPak-I і програмного забезпечення Novatell

**Анотація:** *Здобувач освіти знайомиться із загальною структурою супутникових систем, із космічним і наземним сегментами контролю та управління, із навігаційною апаратурою споживачів, а також взаємодією сегментів супутникової навігації.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувача – 8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з основними теоретичними відомостями, щодо структури сучасних супутникових навігаційних систем та апаратури споживача. Оформлення результатів лабораторного дослідження, підготовка до його здачі.

### **Тема 3. Системи координат та шкали часу, що використовуються у ССНТ**

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*

**Тема лабораторних занять: Дослідження методів перетворення координат, що використовуються у ССНТ**

*Здобувач освіти знайомиться із системами координат, одиницями виміру часу та відстаней, системами відліку часу, що використовуються у ССНТ, шкалами часу, синхронізацією шкал часу.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувача – 8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з основними теоретичними відомостями, щодо структури сучасних супутникових навігаційних систем та апаратури споживача. Оформлення результатів лабораторного дослідження, підготовка до його здачі.

### **Тема 4. Опис руху навігаційних космічних апаратів (НКА)**

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*

**Тема лабораторних занять: Дослідження моделей руху навігаційних космічних апаратів**

**Анотація.** *Здобувач освіти знайомиться із моделями незбуреного та збуреного руху НКА та спрощенням цієї моделі, а також проводиться моделювання орбітальної обстановки.*

- *Обсяг самостійної роботи здобувача – 8 годин.*

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з основними принципами формування моделей руху навігаційних космічних апаратів. Оформлення завдання практичного заняття, підготовка до його здачі.

#### **Модульний контроль 1**

- *Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).*
- *Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.*
- *Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю. Підготовка до модульного контролю.*

#### **Модуль 2.**

**Змістовий модуль 2. Технологія визначення координат місцеположення літального апарата, їх корекція та оцінювання**

**Тема 5. Технологія визначення координат місцеположення ЛА та їх корекція.**

- *Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.*
- *Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.*

**Теми лабораторних занять:** Дослідження залежності точності визначення місцеположення від погрешностей на трасі навігаційний супутник – споживач.

Анотації. Здобувач знайомиться із загальними підходами до технології визначення координат місцеположення ЛА. Корекція обчислених координат поточного місцеположення ЛА: за допомогою супутникових радіонавігаційних систем. Комплексні системи навігації.

- Обсяг самостійної роботи здобувача – 13 годин.

Ознайомлення з основними теоретичними відомостями, щодо методів розв'язання навігаційних завдань за допомогою сучасних навігаційних систем. Оформлення результатів лабораторного дослідження, підготовка до його здачі.

## **Тема 6. Джерела похибок навігаційних вимірювань у ССНТ**

- Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.

- Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.

**Теми лабораторних занять:** Дослідження методів навігаційних визначень на основі використання сучасних супутникових навігаційних систем.

Анотація. Здобувач освіти знайомиться з існуючими похибками формування бортової шкали часу, похибками частотно-часового забезпечення, похибками ефемеридного забезпечення, похибками на трасі навігаційний супутник – споживач: тропосферні, іоносферні, багатопроміневі, похибками приймальної апаратури споживача, а також із засобами зменшення похибок

- Обсяг самостійної роботи здобувача – 13 годин.

Ознайомлення з основними теоретичними відомостями, щодо методів зменшення впливу похибок навігаційних вимірювань у сучасних навігаційних системах. Оформлення результатів лабораторного дослідження, підготовка до його здачі.

## **Тема 7. Методи навігаційних визначень за допомогою сучасних супутникових навігаційних систем**

- Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.

- Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.

**Теми лабораторних занять:** дослідження впливу геометричного фактору на точність навігаційних визначень.

Анотація: Здобувач освіти знайомиться з методами навігаційних визначень (далекомірний, псевдо далекомірний, різницево-далекомірний, доплерівський, псевдодоплерівський, різницево-доплерівський, Комбіновані методи), а також методами визначення орієнтації за допомогою супутникових систем, навігаційними алгоритмами та геометричним фактором.

- Обсяг самостійної роботи здобувача – 10 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з основними методами навігаційних визначень. Оформлення завдання практичного заняття, підготовка до його здачі.

## **Тема 8. Диференційний метод визначення координат споживача супутникових навігаційних систем**

- Форма занять: лекція, лабораторна робота, самостійна робота.
- Обсяг аудиторного навантаження: 8 годин.

Теми лабораторних занять: Дослідження точності навігаційних вимірів у диференційного режиму функціонування GPS.

Анотація: Здобувач освіти знайомиться з сутністю диференційного режиму, типами диференційних підсистем, функціями контрольних коригуючих станцій диференційних підсистем, також широкозонними диференційними підсистемами.

- Обсяг самостійної роботи здобувача – 10 годин.

Опрацювання матеріалу лекцій. Формування питань до викладача. Ознайомлення з диференційним режимом функціонування супутникових навігаційних систем. Оформлення завдання практичного заняття, підготовка до його здачі.

### **Модульний контроль 2**

- Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).
- Обов'язкові предмети та засоби (обладнання, устаткування, матеріали, інструменти): відсутні.
- Обсяг самостійної роботи здобувачів – за необхідністю. Підготовка до модульного контролю.

### **5. Індивідуальні завдання**

Не передбачено навчальним планом.

### **6. Методи навчання**

Словесні, наочні, практичні.

### **7. Методи контролю**

Поточний контроль (теоретичне опитування й розв'язання практичних завдань), модульний контроль (тестування за розділами курсу) та підсумковий (семестровий) контроль (іспит).

### **8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі**



| Складові навчальної роботи            | Бали за одне завдання (завдання) | Кількість завдань (завдань) | Сумарна кількість балів |
|---------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| <b>Змістовний модуль 1</b>            |                                  |                             |                         |
| Робота на лекціях                     | 1...2                            | 4                           | 4...8                   |
| Виконання і захист лабораторних робіт | 1..5                             | 4                           | 4...20                  |
| Модульний контроль                    | 1...22                           | 1                           | 1...22                  |
| <b>Змістовний модуль 2</b>            |                                  |                             |                         |
| Робота на лекціях                     | 1...2                            | 4                           | 4...8                   |
| Виконання і захист лабораторних робіт | 1..5                             | 4                           | 4...20                  |
| Модульний контроль                    | 1...22                           | 1                           | 1...22                  |
| <b>Усього за семестр</b>              |                                  |                             | <b>60...100</b>         |

Іспит проводиться у разі відмови студента від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту. Під час складання семестрового іспиту студент має можливість отримати максимум 100 балів. Білет для іспиту складається з 1 теоретичного питання, 1 теоретично-практичного питання та одного практичного питання. За повну правильну відповідь на два перших запитання студент отримує по 30 балів. За повну правильну відповідь на останнє запитання – 40 балів.

## 9. 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 курсу «Розробка систем реального часу». Виконав та захистив всі практичні, виконав усі модульні завдання з оцінкою «відмінно», має тверді практичні навички роботи з сучасними супутниковими навігаційними системами. Вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Вміє логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати теоретичне та практичне 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, виконав усі модульні завдання з оцінкою «добре», має практичні навички роботи зі структурами систем реального часу. 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, виконав усі модульні завдання, має не впевнені практичні навички роботи зі сучасними супутниковими навігаційними системами.

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

### **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 |

## **9. Політика навчального курсу**

Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем. Питання, що стосуються академічної доброчесності, розглядає викладач або за процедурою, визначеною у Положенні про академічну доброчесність.

## **10. Рекомендована література.**

### **Базова.**

1. Косарев О. В., Заверуха Г. В. Можливості навігаційної апаратури споживачів супутникових навігаційних систем СН-3003М" БАЗАЛЬТ" : дис. – Національний технічний університет" Харківський політехнічний інститут", 2019.

2. Ульяновіко М. І. Моделі та методи оцінки характеристик точності супутникових навігаційних систем : дис. – Національний авіаційний університет., 2020.

3. Kharchenko V., Konin V., Olevinska T. Підвищення ефективності навігації літального апарату під час посадки за допомогою супутникової навігаційної системи //Вісник Національного Авіаційного Університету. – 2017. – Т. 73. – №. 4. – С. 8-17.

4. Довжик М. Я. и др. Криволінійний рух чотирьохколісної машини з використанням супутникової навігаційної системи. – 2020.

5. Kulik A., Dergachov K., Lytvynenko T. The methods for diagnostic of the technical condition of vehicles employing high precise satellite data //Transport problems. – 2014. – Т. 9.

6. Dergachov K., Kulik A. Rational Adaptation of Control Systems for the Autonomous Aircraft Motion //Handbook of Research on Artificial Intelligence Applications in the Aviation and Aerospace Industries. – IGI Global, 2020. – С. 36-65.

7. Kulik A., Degrachov K., Lytvynenko T. Development and research of differential mode GNSS model for intelligent transport functioning providing //Transport Problems. – 2012. – Т. 7. – С. 71-77.

### Допоміжна

8. Shmelova T. et al. Automated Systems in the Aviation and Aerospace Industries. – 2019.

9. Ostroumov I. et al. Modelling and simulation of DME navigation global service volume //Advances in Space Research. – 2021. – Т. 68. – №. 8. – С. 3495-3507.