

Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра систем управління літальних апаратів (№ 301)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми



(підпис)

Анатолій КУЛІК

(ім'я та прізвище)

« 29 » серпня 2025 р.

СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ HABЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Проектування автономних навігаційних систем. Курсовий проект

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: G «Інженерія, виробництво та будівництво»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: G5 "Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка"

(код і найменування спеціальності)

Освітня програма: «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»

(найменування освітньої програми)

Форма навчання: денна

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Вводиться в дію з «01» вересня 2025 р.

Харків 2025

Розробник: доцент каф. 301, PhD Дмитро СОКОЛ
(посада, науковий ступінь і вчене звання, ім'я та прізвище)

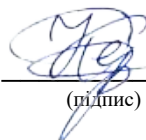


Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри (№ 301)
систем управління літальних апаратів

(назва кафедри)

Протокол № 1 від «28» серпня 2025 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент
(науковий ступінь і вчене звання)



Костянтин ДЕРГАЧОВ
(ім'я та прізвище)

Погоджено з представником здобувачів освіти:

здобувач групи 360



Олександр ГОРБАЧ
(ім'я та прізвище)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: Сокол Дмитро Вадимович

Посада: доцент кафедри систем управління літальних апаратів (№ 301)

Науковий ступінь: PhD

Перелік дисциплін, які викладає:

- Навігаційні прилади авіаційного транспорту;
- Основи побудови автономних навігаційних систем;
- Розробка цифрових систем управління;
- Проектування автономних навігаційних систем.

Напрями наукових досліджень:

- автоматичне управління;
 - раціональне управління;
 - модельно-орієнтоване проектування.
-

2. Опис навчальної дисципліни

Форма навчання – денна, заочна.

Семестр, в якому викладається дисципліна – 2.

Дисципліна обов'язкова.

Загальна кількість годин за навчальним планом:

денна: 2 кредити ЄКТС / 60 годин: 24 години аудиторних занять (практичні заняття – 24 год.); самостійна робота здобувачів – 36 год.

заочна: 2 кредити ЄКТС / 60 годин: 4 години аудиторних занять (практичні заняття – 4 год.); самостійна робота здобувачів – 56 год.

Види занять – практичні заняття (консультації з курсового проектування).

Вид контролю – поточний та підсумковий (семестровий) контроль – диференційований залік (за виконання та захист курсового проекту).

Мова викладання – українська.

3. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: підготовка фахівців, здатних розв'язувати завдання дослідницько-інноваційної діяльності у сфері авіоніки із застосуванням новітніх методів проектування та експериментальних досліджень стосовно автономних систем навігації ЛА.

Завдання: надбання теоретичних знань та практичних навичок застосування новітніх методів проектування та експериментальних досліджень стосовно автономних систем навігації ЛА з використанням сучасних комп'ютерних інструментальних засобів.

Компетентності, які набуваються:

ЗК1. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел.

ЗК3. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

ЗК6. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ФК3. Здатність застосовувати комп'ютерні технології проектування і моделювання динамічних процесів літальних апаратів і систем авіоніки.

ФК6. Здатність досліджувати пілотажно-навігаційні системи та системи автоматичного керування літальних апаратів.

ФК7. Здатність використовувати передові технології при дослідженні і проектуванні систем керування літальних апаратів, розробці апаратних та програмно-алгоритмічних засобів підвищення точності, надійності, живучості, ресурсів функціонування систем авіоніки.

ФК8. Здатність приймати ефективні рішення в авіоніці.

ФК9. Розв'язувати складні задачі і проблеми авіоніки в широких та мультидисциплінарних контекстах, у нових або незнайомих середовищах за наявності неповної або обмеженої інформації з урахуванням аспектів соціальної та етичної відповідальності.

ФК11. Здатність проектувати структуру, визначати склад приладів та пристроїв автономних навігаційних систем літальних апаратів, формувати математичний опис їх функціонування, алгоритми обробки інформації та створювати їх програмну реалізацію.

ФК12. Здатність застосовувати принципи побудови адаптивних систем управління в задачах проектування систем авіоніки, формувати математичний опис, здійснювати розробку алгоритмічного і програмного забезпечення адаптивних систем, досліджувати ефективність методів та алгоритмів адаптації, їх програмної реалізації.

Очікувані результати навчання:

ПРН1. Відшуковувати необхідні дані в науково-технічній літературі, базах даних та інших джерелах, аналізувати науково-технічну літературу у вітчизняних та закордонних джерелах для визначення стану та пошуку сучасних та перспективних розробок у професійній діяльності.

ПРН2. Вільно спілкуватися державною та іноземною мовами усно і письмово для обговорення професійних проблем і результатів діяльності у сфері авіоніки та широкого кола інженерних питань, презентації результатів досліджень та інноваційних проектів.

ПРН5. Проектувати і досліджувати навігаційні прилади літальних апаратів, системи навігації та орієнтації літальних апаратів, у тому числі з використанням систем автоматизованого проектування.

ПРН6. Аналізувати та синтезувати цифрові системи автоматичного керування.

ПРН10. Будувати та досліджувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі систем авіоніки та інформаційних систем літальних апаратів і наземних комплексів з використанням відповідних методів та спеціалізованого програмного забезпечення.

ПРН11. Розв'язувати багатокритеріальні задачі прийняття рішень в умовах неповної / недостатньої інформації та суперечливих вимог, аналізувати альтернативи, будувати прогнози, оцінювати ризики, в тому числі при розробці та впровадженні технологій виготовлення, випробуваннях та сертифікації систем авіоніки.

ПРН12. Проектувати структуру, визначати характеристики приладів та пристроїв у складі автономних навігаційних систем літальних апаратів, формувати математичний опис їх функціонування, розробляти та аналізувати алгоритми обробки навігаційної інформації та їх програмну реалізацію.

ПРН13. Застосовувати принципи побудови адаптивних систем управління і методи обробки інформації в задачах аналізу і синтезу систем авіоніки, формувати математичний опис, створювати алгоритмічне і програмне забезпечення адаптивних систем управління літальних апаратів

Пререквізити: Сучасні методи побудови і моделювання систем управління. Проектування автономних навігаційних систем (у семестрі 1).

4. Зміст навчальної дисципліни

Курсовий проект з дисципліни (семестр 2).

Форма занять: практичні заняття у вигляді консультацій з курсового проектування.

Обсяг аудиторного навантаження – 24 год.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 36 год.

Форма підсумкового контролю – диференційний залік.

Змістовний модуль 1. Виконання курсової роботи відповідно до узагальненої теми «Проектування автономної навігаційної системи для літального апарата».

Тема 1. Огляд та аналіз автономних навігаційних систем.

– *Форма занять: практичне заняття (консультація з курсового проектування)*

Проведення класифікації автономних навігаційних систем для літального апарата. Огляд принципів роботи ІНС, супутникових і комбінованих систем. Порівняльний аналіз технологій та алгоритмів.

– *Самостійна робота здобувачів освіти:*

Опрацювання матеріалу згідно теми курсової роботи. Огляд та аналіз існуючих підходів та рішень. Формування питань до викладача.

Тема 2. Постановка задачі проектування.

– *Форма занять: практичне заняття (консультація з курсового проектування)*

Формулювання цілей і задач навігаційної системи для літального апарата. Визначення вимог до точності, надійності та стійкості. Встановлення умов польоту.

– *Самостійна робота здобувачів освіти:*

Опрацювання матеріалу згідно теми курсової роботи. Формування завдань проектування. Формування питань до викладача.

Тема 3. Математичний опис літального апарата.

– *Форма занять: практичне заняття (консультація з курсового проектування)*

Формування кінематичної та динамічної моделі руху літального апарата. Урахування зовнішніх збурюючих факторів. Формування функціональної схеми літального апарата як об'єкта автоматичного управління.

– *Самостійна робота здобувачів освіти:*

Опрацювання матеріалу згідно теми курсової роботи. Формування математичних моделей літального апарата. Формування питань до викладача.

Тема 4. Моделювання навігаційних датчиків.

– *Форма занять: практичне заняття (консультація з курсового проектування)*

Формулювання цілей і задач навігаційної системи для літального апарата. Визначення видів похибок. Аналіз датчиків та приладів на предмет сумісності та доцільності застосування. Формування їх математичних моделей та їх похибок.

– *Самостійна робота здобувачів освіти:*

Опрацювання матеріалу згідно теми курсової роботи. Формування математичних моделей обраних датчиків. Формування питань до викладача.

Тема 5. Алгоритми обробки та інтеграції навігаційної інформації.

– *Форма занять: практичне заняття (консультація з курсового проектування)*

Розробка методів фільтрації та корекції похибок. Реалізація алгоритмів інтеграції даних. Організація об'єднання інформації від різних датчиків.

– *Самостійна робота здобувачів освіти:*

Опрацювання матеріалу згідно теми курсової роботи. Реалізація алгоритмів як програмної частини автономної навігаційної системи. Формування питань до викладача.

Тема 6. Проектування та моделювання автономної навігаційної системи.

– *Форма занять: практичне заняття (консультація з курсового проектування)*

Опис технологій для моделювання спроектованої системи. Розробка комп'ютерної моделі системи. Проведення імітаційних експериментів. Порівняння отриманих результатів з вимогами ТЗ.

– *Самостійна робота здобувачів освіти:*

Опрацювання матеріалу згідно теми курсової роботи. Моделювання та аналіз поведінки системи. Формування питань до викладача.

Тема 7. Формування пояснювальної записки та графічних матеріалів.

– *Форма занять: практичне заняття (консультація з курсового проектування)*

Доопрацювання та фіналізація розділів пояснювальної записки.

– *Самостійна робота здобувачів освіти:*

Збір та оприлюднення матеріалу згідно теми курсової роботи. Формування питань до викладача.

5. Індивідуальні завдання

Виконання завдань курсового проектування.

6. Методи навчання

Словесні: навчальна дискусія.

Практичні: практичні роботи (консультації з курсового проектування) та індивідуальні консультації.

7. Методи контролю

Поточний контроль - усне опитування; перевірка матеріалів курсового проекту. Підсумковий (семестровий) контроль – диференційний залік.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

8.1. Розподіл балів, які отримують здобувачі (кількісні критерії оцінювання)

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Поточне виконання завдань курсового проекту (контроль на практичних заняттях)	0...5	11	0...55
Оформлення пояснювальної записки	0...20	1	0...20
Захист курсового проекту	0...25	1	0...25
Усього за семестр 2			0...100

Іспит не передбачений

8.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для отримання позитивної оцінки: глибокі знання принципів роботи автономних навігаційних систем, включаючи інерційні, супутникові, радіо- та оптичні системи навігації, теорія та методи злиття даних від різнорідних джерел, включаючи фільтрацію, методи на основі байєсівських фільтрів та фільтра Калмана, принципи проектування систем з використанням сенсорів (акселерометрів, гіроскопів, магнітометрів та GPS) для створення гібридних навігаційних систем, алгоритми та методи корекції похибок інерційних систем, методи підвищення точності за допомогою додаткових сенсорів та корекції сигналів, структури та особливості сучасних супутникових систем навігації (GNSS), включаючи методи їх інтеграції з інерційними системами для отримання точних та стійких рішень, способи моделювання автономних навігаційних систем із використанням спеціалізованих програмних засобів, сучасні підходи до проектування адаптивних та інтелектуальних систем навігації, включаючи використання машинного навчання та методів оптимізації.

Необхідний обсяг умінь для отримання позитивної оцінки: проектування комплексних автономних навігаційних систем із застосуванням інерційних та супутникових даних, розробка алгоритмів злиття даних та корекції помилок для підвищення точності та стійкості навігаційних рішень, моделювання та симуляція роботи навігаційних систем у складних умовах з використанням сучасних програмних засобів, реалізація фільтрів Калмана та інших методів для інтеграції даних від різних сенсорів (GPS, IMU) з метою мінімізації помилок, оптимізація систем навігації із застосуванням методів машинного навчання або адаптивного управління для покращення характеристик системи в умовах навколишнього середовища, що змінюється, оцінка характеристик автономної навігаційної системи, проведення тестування та верифікації у різних симуляційних та польових умовах, застосування сучасних інструментів та протоколів для інтеграції автономних навігаційних систем у реальну робототехнічну чи транспортну платформу.

8.3 Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Задовільно (60-74). Мати базові знання та мінімальні навички, необхідні для проектування автономних навігаційних систем. Виконувати всі роботи згідно силабусу, але із суттєвими помилками при реалізації алгоритмів чи моделюванні. Знання обмежуються базовими методами, такими як прості алгоритми злиття даних та коригування сигналів, проте допускається зазнавати труднощі при застосуванні цих методів для складних завдань. Результати моделювання часто містять помилки. Зменшення балів можливе за серйозні помилки у відповідях на теоретичні питання, недостатнє опрацювання лабораторних завдань та слабе володіння інструментами для моделювання та проектування.

Добре (75-89). Мати хороші знання основних методів проектування автономних навігаційних систем, але допускати окремі помилки при реалізації деяких алгоритмів або розрахунків. Виконувати всі роботи згідно силабусу, демонструвати впевнене володіння ключовими методами, такими як фільтрація даних та коригування помилок інерційних систем. Виконувати моделювання коректно, проте недостатньо оптимізовано. Здатність застосовувати сучасні інструменти для проектування систем, але зазнавати складнощів у роботі з більш складними сценаріями, що потребують детального аналізу. Зменшення балів можливе за неповні відповіді на теоретичні питання, недостатню деталізацію рішень або помилки під час моделювання та аналізу даних.

Відмінно (90-100). Демонструвати глибокі теоретичні знання та впевнене практичне володіння принципами проектування автономних навігаційних систем. Повністю виконувати всі роботи згідно силабусу на високому рівні. Вільно застосовувати методи злиття даних, включаючи фільтр Калмана, для інтеграції інерційних та супутникових систем, а також розробляти та оптимізувати складні алгоритми навігації для реальних додатків. Впевнено працювати з інструментами моделювання та демонструвати здатність застосовувати адаптивні методи для підвищення точності навігації. Результати роботи вирізняються високою точністю, а рішення ефективно оптимізовані під реальні умови. Зменшення балів можливе за незначні помилки у розрахунках або за відповідей на додаткові питання, які не впливають на якість виконаної роботи.

Розподіл балів, які отримують здобувачі за виконання курсового проєкту

Пояснювальна записка	Бали за поточне виконання	Захист роботи	Сума
до 20	до 55	до 25	100

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

Відвідування занять. Відпрацювання пропущених занять відбувається відповідно до розкладу консультацій, за попереднім погодженням з викладачем

Дотримання вимог академічної доброчесності здобувачами освіти під час вивчення навчальної дисципліни. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі освіти мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів освіти будуть їх оригінальними дослідженнями або міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикавання джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів освіти становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в письмовій роботі здобувача освіти є підставою для її незарахування викладачем незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення

1. Субота, А. М., Пілотажно-навігаційні комплекси [Текст] : консп. лекцій / А. М. Субота, В. Г. Джулгаков, Д. В. Сокол. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 128 с.
2. Посилання на електронну версію конспекту лекцій: <https://dspace.library.khai.edu/xmlui/handle/123456789/7714>
3. Посилання на НМКД дисципліни у системі дистанційного навчання Mentor: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=5903>

11. Рекомендована література

Базова

1. Синеглазов, В. М., Захарін, Ф. М. Теоретичні основи проектування інтегрованих навігаційних комплексів безпілотних літальних апаратів. – Київ: Освіта України, 2015. – 340 с.
2. Белінський В. М., Єгоров С. Г., Левківський В. В. Автономні системи навігації повітряних суден. – 2018.
3. Шишков Ф. О. Автономна навігація сервісних космічних апаратів за сигналами глобальної навігаційної супутникової системи : дис. – Національний авіаційний університет, 2018.
4. Радзівілов Г. Д., Фесенко О. Д. Аналіз способів реалізації автономних систем навігації БПЛА //Збірник наукових праць [Військового інституту телекомунікацій та інформатизації]. – 2019. – №. 1. – С. 75-81.
5. Іванюк О. І. Модель та метод інформаційної технології навігації автономних мобільних систем в умовах невизначеності. – 2021.
6. Лазарєв, Ю. Ф., Бобровицька, Я. Г. Розроблення і моделювання алгоритмів безплатформної системи орієнтації / Ю. Ф. Лазарєв, Я. Г. Бобровицька // Електронний навчальний посібник. Київ: НТУУ «КПІ» - 2011. – 135с.
7. Avtin I. V., Baburov V. I., Ponomarenko B. V., Shatrakov Yu .G. Principles of Integrated Airborne Avionics Springer, 2021. — 416 p. — (Springer Aerospace Technology). — ISBN 978-981-16-0896-4.
8. 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.
9. Субота, А. М., Пілотажно-навігаційні комплекси [Текст] : консп. лекцій / А. М. Субота, В. Г. Джулгаков, Д. В. Сокол. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2021. – 128 с.

Допоміжна

1. Wang S. An Accurate GPS-IMU/DR Data Fusion Method for Driverless Car Based on a Set of Predictive Models and Grid Constraints. Sensors [Electronic resource] / S.

- Wang, Z. Deng, G. Yin // Basel, Switzerland: Multidisciplinary Digital Publishing Institute. – 2016. – Vol. 16(3). – P. 280–293. DOI 10.3390/s16030280.
2. Корольюк, Н. О. Процедура формалізації даних, які використовуються при описі процесу управління рухом повітряних об'єктів / Н. О. Корольюк, Р. В. Корольов, О. А. Коршець // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2017. – № 4(53). – С. 103-110.
 3. Умінський, В. В. Диференційна модель фільтра Калмана для локалізації автономного мобільного робота / В. В. Умінський //Вимірювальна та обчислювальна техніка в технологічних процесах. Хмельницький. - 2014, № 1 (46). С. 33–36.
 4. Фесенко, О. Д. Вдосконалений метод орієнтації літального апарата в тривимірному просторі за допомогою мікроелектромеханічних систем інерціальної системи навігації на основі фільтра Маджвіка / О. Д. Фесенко // Вчені записки ТНУ імені В.Т. Вернадського. Серія: технічні науки. Авіаційна та ракетно-космічна техніка Т. 29(68) ч. I, № 9, 2018 - С. 35-42.
 5. Моделювання процесу стабілізації та керуваності безпілотного квадрокоптера у польоті / Б. Благітко, І. Заячук, Л. Кіт, Ю. Мочульський // Фізико-математичне моделювання та інформаційні технології: наук. зб. / Центр мат. моделювання ін-ту приклад. пробл. механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України. – К., 2013. – Вип. 18. – С. 21-31.
 6. Захарін, Ф. М. Комплексування курсо-повітряних датчиків і бортової апаратури супутникової навігації для малих безпілотних літальних апаратів / Ф. М. Захарін, С. О. Пономаренко, О. М. Сорокіна // Збірник наукових праць Державного науково-дослідного інституту авіації: щоріч. наук.-теорет. та наук.-практ. зб. наук. пр. / М-во оборони України, Нац. авіац. ун-т, Держ. НДІ авіації. - К., 2015. - Вип. № 11 (18). – С. 65-73.
 7. Паршин, А. П. Моделювання відмовостійкого каналу орієнтації безплатформової навігаційної системи в середовищі MATLAB SIMULINK / А. П. Паршин // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: «Інформатика і моделювання» - Харків: НТУ «ХПІ». - 2020, № 3 – С. 30-39.

12. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедрди: k301.khai.edu
2. Посилання на конспект лекцій:
<https://dspace.library.khai.edu/xmlui/handle/123456789/7714>