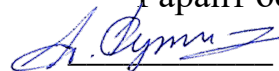


Міністерство освіти і науки України
Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»

Кафедра систем управління літальних апаратів (№ 301)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Гарант освітньої програми

 **Анатолій КУЛІК**

(підпис)

(ім'я та прізвище)

« 26 » серпня 2024 р.

**СИЛАБУС ОBOB'ЯЗKОВОЇ
НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Проектування автономних навігаційних систем

(назва навчальної дисципліни)

Галузь знань: 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»

(шифр і найменування галузі знань)

Спеціальність: 173 «Авіоніка»

(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 2024 р.

Харків 2024

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

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

Протокол № 1 від «26» серпня 2024 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент 
(науковий ступінь і вчене звання) (підпис) (ім'я та прізвище) Костянтин ДЕРГАЧОВ

Загальна інформація про викладача



ПІБ: Сокол Дмитро Вадимович

Посада: доцент кафедри систем управління літальних апаратів

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.
-

1. Опис навчальної дисципліни

Форма навчання – денна.

Семестр, в якому викладається дисципліна – 1.

Дисципліна обов'язкова.

Загальна кількість годин за навчальним планом – 135 годин / 4,5 кредити ЄКТС. 56 годин аудиторної та 79 самостійної роботи здобувачів.

Види занять – лекції, лабораторні роботи.

Вид контролю – поточний, модульний та семестровий контроль (іспит).

Мова викладання – українська.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

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

Завдання: надбання теоретичних знань та практичних навичок застосування новітніх методів 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. Відшукувати 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: Вища математика. Фізика. Основи навігації. Теорія автоматичного управління. Системи управління літальними апаратами. Основи побудови автономних навігаційних систем. (Відповідно до ОПП підготовки бакалавра за спеціальністю 173 «Авіоніка»).

Кореквізити: Сучасні методи побудови і моделювання систем управління.

Постреквізити: Випробування та сертифікація систем авіоніки. Проектування автономних навігаційних систем (КП). Кваліфікаційна робота магістра.

3. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль 1. Завдання інерціальної навігації.

Тема 1. Формалізація завдань інерційної навігації та визначення орієнтації.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 2 год.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація. Результати розробок інерціальних навігаційних систем (за матеріалами закордонної літератури). Формалізація завдань інерційної навігації. Формалізація завдання визначення орієнтації. Кутові параметри. Матричні параметри. Векторні параметри.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 год.

Види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача – опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача.

Тема 2. Методи інтегрування кінематичних та навігаційних рівнянь БІНС.

Форма занять: лекція, лабораторні заняття, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 6 год.

Тема лабораторних занять: математичні моделі та методи дослідження систем автономної орієнтації та навігації. рішення рівнянь і систем рівнянь; обчислення інтегралів і рішення диференціальних рівнянь, що описують канал орієнтації ЛА, канал навігації.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація. Особливості здійснення чисельного інтегрування рівнянь орієнтації. Метод інтегрування кінематичних рівнянь. Метод інтегрування навігаційних рівнянь. Функціональні схеми БІНС. Формальний опис алгоритму БІНС. Характеристика особливостей реалізації навігаційних обчислень у БІНС. Алгоритми розв'язування систем диференціальних рівнянь. Розв'язування задачі орієнтації. Алгоритми методу Пікара для рівняння Пуассона. Алгоритми методу Пікара для рівняння у кватерніонах. Розробка алгоритму передбачає виконання наступних робіт: вибір і обґрунтування моделювальної схеми алгоритму; вибір чисельних методів розв'язування систем диференціальних рівнянь, що входять в алгоритм; розробку і налагодження програм, що реалізують обраний алгоритм; моделювання алгоритму з метою визначення його точнісних характеристик, оптимізації параметрів алгоритму.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 10 год.

Види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача – опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача.

Тема 3. Алгоритми корекції вектора стану БІНС.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 4 год.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація. Корекція вертикального каналу БІНС, застосування фільтра Калмана. Корекція кватерніону орієнтації БІНС. Корекція БІНС за сигналом нульової швидкості. Схема корекції БІНС шляхом демпфірування Шулеровських коливань похибок навігації.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 6 год.

Види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача – опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача.

Модульний контроль.

Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).

Обсяг аудиторного навантаження – за необхідністю.

Обов'язкові предмети та засоби – відсутні.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 год. Підготовка до модульного контролю.

Модуль 2.

Змістовий модуль 1. Завдання початкової виставки БІНС.

Тема 4. Початкова виставка БІНС.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 4 год.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація. Загальні відомості. Подання вимірювань датчиків та постановка задачі виставки. Вирішення завдань горизонтування та гірокомпасування для БІНС на нерухомій підставі. Алгоритм горизонтування. Алгоритм гірокомпасування.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 год.

Види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача – опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача.

Тема 5. Моделі помилок гірокомпасування.

Форма занять: лекція, лабораторні заняття, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 6 год.

Тема лабораторних занять: математичні моделі та методи дослідження похибок систем гірокомпасування.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація. Загальні відомості. Вплив систематичної та шумової складової помилки гіроскопів на оцінку курсу. Дійсна похибка гірокомпасування. Гарантована оцінка точності гірокомпасування. Вплив помилок квантування інформації гіроскопів на оцінку курсу. Рівняння похибок орієнтації, обумовлені похибками вимірювання кутової швидкості. Похибки алгоритмів визначення орієнтації.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 год.

Види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача – опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача.

Тема 6. Способи підвищення точності гірокомпасування.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 2 год.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація. Оцінка дрейфу бічних гіроскопів у процесі гірокомпасування; метод подвійного гірокомпасування; динамічний гірокомпас; вплив режиму "Виставка" на точність гірокомпасу; загальна схема режиму "Виставка" на рухомому підставі з використанням супутникової інформації. Схема комплексування даних інерціальної і супутникової інформації.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 год.

Види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача – опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача.

Модульний контроль.

Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).

Обсяг аудиторного навантаження – за необхідністю.

Обов'язкові предмети та засоби – відсутні.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 2 год. Підготовка до модульного контролю.

Модуль 3.

Змістовий модуль 1. Помилки інерціальної навігації.

Тема 7. Лінеаризована модель помилок загального виду.

Форма занять: лекція, лабораторні заняття, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 6 год.

Тема лабораторних занять: дослідження помилок комплексної інерціальної-супутникової навігаційної системи.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація. Конструкторська модель помилок інерціальної навігації. Прями задачі динаміки, зворотні задачі динаміки. Лінеаризована модель помилок загального виду. Імітаційне і напівнатурне моделювання помилок.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 8 год.

Види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача – опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача.

Тема 8. Модель помилок для системи із «платформою, вільною в азимуті».

Форма занять: лекція, лабораторні заняття, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 6 год.

Тема лабораторних занять: математичні моделі та методи дослідження систем автономної орієнтації та навігації з неортогональним розташуванням чутливих елементів.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація. Рух із постійним курсом, що збігається з початковим. Прямолінійний рух після курсового повороту. Вплив параметрів неортогональності гіроскопів на помилки інерційної системи навігації. Похибки через відхилення осей чутливості від розрахункових положень.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 6 год.

Види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача – опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача.

Тема 9. Рекомендації щодо вибору датчиків, виходячи з вимог до БІНС

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 2 год.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація. Вимоги до датчиків, виходячи з необхідної точності виставки; виходячи з необхідної точності навігації.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 4 год.

Види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача – опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача.

Модульний контроль.

Форма занять: написання модульної роботи в аудиторії (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).

Обсяг аудиторного навантаження – за необхідністю.

Обов'язкові предмети та засоби – відсутні.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 2 год. Підготовка до модульного контролю.

Модуль 4.

Змістовий модуль 1. Методи експериментальних досліджень систем автономної навігації ЛА.

Тема 10. Методи експериментальних досліджень складових елементів систем автономної навігації ЛА на ЕОМ.

Форма занять: лекція, лабораторні заняття, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 8 год.

Тема лабораторних занять: моделювання та рішення диференціальних, лінійних і нелінійних систем рівнянь; дослідження помилок безплатформної інерціальної навігаційної системи; створення й дослідження моделі об'єкта управління, що випробовується; моделювання й дослідження БІНС із ПД і ПДД-регуляторами.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація: застосування програмних пакетів для модельних експериментальних досліджень БІНС та інерціально-супутникових систем

навігації на ЕОМ. Програма моделювання процесу накопичення похибок розроблених алгоритмів має містити в себе імітацію кутового руху основи з розрахунками його параметрів орієнтації у дискретні моменти часу; здійснення розрахунків на кожному кроці вимірювання за розробленими алгоритмами і обчислення похибок алгоритмів шляхом віднімання "точних" значень відповідних параметрів орієнтації від тих, що одержані шляхом застосування алгоритмів.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 12 год.

Види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача – опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до лабораторних занять, формування питань до викладача.

Тема 11. Комплексні інерціально-супутникові навігаційні системи

Форма занять: лекція, лабораторні заняття, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 10 год.

Тема лабораторних занять: розробка математичних моделей дослідження комплексних систем автономної навігації.

Тема лабораторних занять: моделювання та рішення диференціальних, лінійних і нелінійних систем рівнянь, що описують роботу комплексних інерціально-супутникових навігаційних систем; створення й дослідження моделі об'єкта управління, що випробовується.

Стисла анотація: комп'ютерна реалізація модельних експериментальних досліджень комплексних інерціально-супутникових навігаційних систем на ЕОМ.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 13 год.

Види робіт, що належать до самостійної роботи здобувача – опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача.

Модульний контроль.

Форма занять: демонстрація моделей в аудиторії і оцінка цілей та завдань дослідження розроблених моделей (за рішенням лектора допускається проведення у дистанційній формі).

Обсяг аудиторного навантаження – за необхідністю.

Обов'язкові предмети та засоби – відсутні.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 2 год. Підготовка до модульного контролю.

4. Індивідуальні завдання

Індивідуальні завдання не передбачені.

5. Методи навчання

Словесні: лекції, навчальна дискусія.

Практичні: лабораторні роботи та індивідуальні консультації.

6. Методи контролю

Поточний контроль - відповідно до змістових модулів і тем у вигляді письмового опитування; усного опитування; тестування.

Підсумковий (семестровий) контроль – у вигляді письмового іспиту.

7. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі

7.1. 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			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...10	2	0...20
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 2			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...10	2	0...20
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 3			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...10	2	0...20
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Змістовний модуль 4			
Виконання і захист лабораторних робіт	0...10	2	0...20
Модульний контроль	0...5	1	0...5
Усього за семестр 7			0...100

Семестровий контроль (іспит) проводиться у разі відмови здобувача від балів поточного тестування й за наявності допуску до іспиту/заліку. Під час складання семестрового іспиту здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Білет для іспиту складається з одного теоретичного питання (30 балів), одного практичного питання (30 балів) та одного лабораторного завдання, яке необхідно виконати на комп'ютері (40 балів).

7.2. 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.

7.3 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 відповіді на додаткові питання, які не впливають на якість виконаної роботи.

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

8. 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.

9. Методичне забезпечення

1. Субота, А. М., Пілотажно-навігаційні комплекси [Текст] : консп. лекцій /
2. 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.
3. Посилання на електронну версію конспекту лекцій:
<https://dspace.library.khai.edu/xmlui/handle/123456789/7714>
4. Посилання на НМКД дисципліни у системі дистанційного навчання Mentor:
<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=5903>

10. 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. Королюк, Н. О. Процедура формалізації даних, які використовуються при описі процесу управління рухом повітряних об'єктів / Н. О. Королюк, 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 «ХП». Серія: «Інформатика і моделювання» - Харків: НТУ «ХП». - 2020, № 3 – С. 30-39.

11. Інформаційні ресурси

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