

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з наукової роботи

В.В. Павліков

31 « 08 » 2021 р.

Відділ аспірантури і докторантури

**СИЛАБУС
ВИБІРКОВОЇ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

Системи автономної навігації ЛА

(назва навчальної дисципліни)

Галузі знань: 17 Електроніка та телекомунікації

Спеціальності: 173 Авіоніка

Освітньо-наукові програми: «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів»

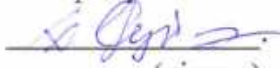
Рівень вищої освіти: третій (освітньо-науковий)

Форма навчання: денна

Силабус введено в дію з 01.09.2021 року

Харків 2021

Розробник: Кулік А.С., доцент кафедри Систем управління літальних апаратів, к.т.н., доцент


(підпис)

Гарант ОНП д.т.н., професор


(підпис)

К.Ю. Дергачов

Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри Систем управління літальних апаратів

Протокол № 1 від "27" серпня 2021 р.

Завідувач кафедри 301 к.т.н., доцент


(підпис)

К.Ю. Дергачов

ПОГОДЖЕНО:

Завідувач відділу

аспірантури і докторантури



В.Б. Селевко

В.о. Голови наукового товариства
студентів, аспірантів, докторантів
і молодих вчених



С.С. Жила

1. Загальна інформація про викладача



**Кулік Анатолій Степанович, д.т.н., професор,
лауреат Державної премії України**

викладає наступні дисципліни:

Теорія автоматичного управління;
Методи проектування систем управління;
Адаптивні системи управління літальними апаратами

Напрями наукових досліджень і круг професійних інтересів:

- авіоніка;
- відмовостійкі системи управління;
- раціональне управління автономними об'єктами.

E-mail: a.kulik@khai.edu

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

2. Опис навчальної дисципліни

Семестр, в якому викладається дисципліна 1.

Обсяг дисципліни: 7 кредитів ЄКТС/210 годин, у тому числі аудиторних – 96 год., самостійної роботи здобувачів – 114 год.

Форма здобуття освіти – денна, дистанційна.

Дисципліна вибіркова.

Види навчальної діяльності – лекції, практичні заняття, лабораторні роботи.

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

Мова викладання – українська.

Пререквізити. Вища математика: диференціальне та інтегральне обчислювання; дії з комплексними числами в алгебраїчній та показовій формі; дослідження функцій. Теорія автоматичного управління. Системи управління літальними апаратами.

3. 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 (Matlab з використанням пакетів Simulink, Fuzzy Logic Toolbox).

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми аспіранти повинні досягти таких компетентностей:

Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у галузі автономної навігації ЛА та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях.

Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру в галузі автономної навігації ЛА, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

Здатність дотримуватись етики досліджень, а також правил академічної доброчесності в наукових дослідженнях та науково-педагогічній діяльності.

Очікувані результати навчання:

Уміти планувати і виконувати експериментальні дослідження в галузі автономної навігації ЛА та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблеми.

Знати і розуміти загальні принципи, методи, а також методологію наукових досліджень в галузі автономної навігації ЛА, застосувати їх у власних дослідженнях.

4. Зміст навчальної дисципліни

Модуль 1.

Змістовий модуль. 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, практичні заняття, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження -14 год.

Тема практичних занять: математичні моделі та методи дослідження систем автономної орієнтації та навігації.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація. Особливості здійснювання 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 20 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.

Тема практичних занять: математичні моделі та методи дослідження БІНС.

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 Шульєвських коливань похибок навігації.

Обсяг самостійної роботи здобувачів 8 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 2.

Змістовий модуль. Завдання початкової виставки БІНС.

Тема 4. Початкова виставка БІНС.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження -2 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, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження -2 год.

Тема практичних занять: математичні моделі та методи дослідження помилок систем автономної орієнтації.

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.

Для визначення похибок програма моделювання має забезпечити: розрахунок "точних" значень параметрів орієнтації у відповідні моменти часу, тобто імітування руху об'єкта; імітування роботи бортових вимірювачів проекцій ку-

тової швидкості об'єкта; розрахунок на кожному кроці вимірювання (чисельного інтегрування) нових (на наступному кроці) значень параметрів орієнтації за досліджуваними алгоритмами; обчислювання різниці між "точними" і одержаними внаслідок чисельного інтегрування значеннями параметрів орієнтації (похибок алгоритмів) і приведення їх до уніфікованої форми; виведення розрахованих значень похибок у графічній формі.

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 години. Підготовка до модульного контролю.

Модуль 3.

Змістовий модуль. Помилки інерціальної навігації.

Тема 7. Лінеаризована модель помилок загального виду.

Форма занять: лекція, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження -6 год.

Тема практичних занять: математичні моделі та методи дослідження помилок систем автономної орієнтації та навігації.

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, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження -4 год.

Тема практичних занять: математичні моделі та методи дослідження систем автономної орієнтації та навігації з неортогональним розташуванням ЧС.

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 8 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 3.

Змістовий модуль. Методи експериментальних досліджень систем автономної навігації ЛА.

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

Форма занять: лекція, практичні заняття, лабораторні заняття, самостійна робота.

Обсяг аудиторного навантаження – 28 год.

Тема практичних занять: розробка математичних моделей складових елементів дослідження систем автономної орієнтації та навігації у середовищі *Simulink*.

Тема лабораторних занять: дослідження взаємозв'язку між параметрами при моделюванні АНС в *Matlab* і *Simulink*; рішення рівнянь і систем рівнянь у середовищі *Matlab*; обчислення інтегралів і рішення диференціальних рівнянь, що описують канал орієнтації ЛА, канал навігації у середовищі *Simulink*; моделювання та рішення диференціальних, лінійних і нелінійних систем рівнянь у середовищі *Simulink*; дослідження помилок безплатформової інерціальної навігаційної системи; створення й дослідження моделі об'єкта управління, що випробується; моделювання й дослідження БІНС із ПД і ПД-регуляторами в *Simulink*.

Головною метою моделювання алгоритмів методів чисельного розв'язування рівнянь орієнтації є відшукування похибок визначення параметрів орієнтації, перевірка їх залежності від кроку інтегрування, а також визначення засобів зменшення похибок алгоритмів, їх стійкості, обсягу потрібних обчислювальних ресурсів.

Обов'язкове обладнання – комп'ютер.

Стисла анотація: застосування програмних пакетів *Matlab* та *Simulink* 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 – 25 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 – 22 год.

Тема практичних занять: розробка математичних моделей дослідження комплексних систем автономної навігації у середовищі *Simulink*.

Тема лабораторних занять: моделювання та рішення диференціальних, лінійних і нелінійних систем рівнянь у середовищі *Simulink*; дослідження помилок комплексної інерціально-супутникової навігаційної системи; створення й дослідження моделі об'єкта управління, що випробується.

Стисла анотація: застосування програмних пакетів Matlab та *Simulink* для модельних експериментальних досліджень комплексних інерціально-супутникових навігаційних систем на ЕОМ.

Обсяг самостійної роботи здобувачів – 25 год.

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 години. Підготовка до модульного контролю.

6. Методи навчання

Словесні: пояснення, навчальна дискусія. Наочні: презентації, ділові ігри.

Практичні: лабораторні та практичні роботи. Індивідуальні консультації.

7. Методи контролю

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

Підсумковий (семестровий) контроль – у вигляді письмового іспиту.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують аспіранти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовий модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	8	0...8
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3		
Виконання і захист практичних робіт	0...2		
Модульний контроль	0...2	1	0...2
Змістовий модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	15	0...15
Виконання і захист лабораторних робіт	0...3		
Виконання і захист практичних робіт	0...2		
Модульний контроль	0...2	1	0...2
Усього за семестр			0...100

Під час складання семестрового іспиту аспірант 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).

Критерії оцінювання роботи аспіранта протягом семестру

1. Відмінно (90÷100 балів) виставляється аспіранту:

1.1 Який твердо знає: базові поняття і принципи, що відносяться до дисципліни. Захистив всі практичні, лабораторні завдання та індивідуальне завдання, виконав усі модульні завдання з оцінкою «відмінно», має тверді практичні навички роботи на ПЕОМ з пакетом *Matlab*. Вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Вміє логічне 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 аспіранту:

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 на ПЕОМ з пакетом *Matlab*. 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 аспіранту:

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 на ПЕОМ з пакетом *Matlab*.

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	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. Методичне забезпечення

1. Конспект лекцій з дисципліни.
2. Методичні вказівки і завдання до виконання лабораторних робіт з дисципліни (кафедральні розробки).
3. Методичні вказівки і завдання до виконання практичних робіт з дисципліни (кафедральні розробки).

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 безплатформової 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. Кулік, А.С. Комп'ютерне навчання відмовостійкості блоку гіроскопічних датчиків [Текст] / Навч. посіб. для практичних занять / А.С. Кулік., А.Г. Чухрай., О.В. Гавриленко., Х.П. Мартинес-Бастида. –Х: Нац. аерокосм.ун-т ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», 2018 – 165 с.
10. Intelligent Transportation Systems – Problems and Perspectives. Studies in Systems, Decision and Control 32. Cham, Heidelberg, New York, Dordrecht, London: Springer. 2016. – Intellegent transport system in Aerospace Engineering. Part II.– P.243-314. ISBN 978-3-319-19149-2.
11. Кулік, А.С. Rational Intellectualization of the Aircraft Control: Resources-Saving Safety Improvement [Текст] / A. S Kulik // Green IT Engineering: Components, Networks and Systems Implementation. Part II Green Mobile and Embedded Control Systems: Power Consumption, Security and Safety Issues, Berlin, Germany.– 2017– PP. 151-192.
12. 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. – PP. 115 – 137. (розділ монографії) <https://www.igi-global.com/gateway/chapter/223726>

13. Dergachov, Konstantin, and Anatolii Kulik. "Ensuring the Safety of UAV Flights by Means of Intellectualization of Control Systems." Cases on Modern Computer Systems in Aviation. IGI Global, 2019. – PP. 287 – 310. (розділ монографії) <https://www.igi-global.com/chapter/ensuring-the-safety-of-uav-flights-by-means-of-intellectualization-of-control-systems/222194>

14. Dergachov K., Kulik A Rational Adaptation of Control Systems for the Autonomous Aircraft Motion (розділ монографії) //Handbook of Research on Artificial Intelligence Applications in the Aviation and Aerospace Industries. – IGI Global, 2020. С. 36-65 <https://www.igi-global.com/book/handbook-research-artificial-intelligence-applications/232757>

15. Dergachov, K., & Kulik, A. (2021). Impact-Resistant Flying Platform for Use in the Urban Construction Monitoring. In Methods and Applications of Geospatial Technology in Sustainable Urbanism (pp. 520-551). IGI Global.

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 / стаття 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 / стаття 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 / стаття 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 керованості безпілотного квадрокоптера у польоті / стаття 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 / стаття 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 / стаття А. П. Паршин // Вісник НТУ «ХП». Серія: «Інформатика і моделювання» - Харків: НТУ «ХП», - 2020 року, № 3 – С. 30-39.

12. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри 301: k301.khai.edu