

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

Кафедра 301 – Систем управління літальних апаратів

ЗАТВЕРДЖУЮ

Голова НМК 2

 Дмитро КРИЦЬКИЙ
«28» серпня 2023 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА ВИБІРКОВОЇ ДИСЦИПЛІНИ
ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМ ПЛОТАЖНО-НАВІГАЦІЙНИХ
КОМПЛЕКСІВ
(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

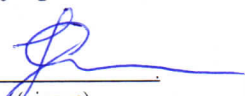
Освітня програма: Обчислювальний інтелект, Математичне та комп'ютерне моделювання, Інженерія програмного забезпечення, Інтелектуальні системи та технології, Інформаційні технології проектування, Комп'ютеризація обробки інформації та управління, Комп'ютерні технології в біології та медицині, Комп'ютерні 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

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Харків 2023

Розробник програми: к.т.н., доцент кафедри систем управління літальних апаратів (№301)

Олексій ЧУМАЧЕНКО
(прізвище та ініціали)

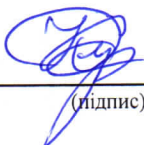

(підпис)

Робочу програму розглянуто на засіданні кафедри №301 «Систем управління літальних апаратів»

Протокол № 1 від « 25 » 08 2023 р.

Завідувач кафедри 301 «Систем управління літальних апаратів»

к. т. н., доцент


(підпис)

Костянтин ДЕРГАЧОВ
(прізвище та ініціали)

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, напрям підготовки (спеціальність, освітні програми), рівень вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни (денна форма)
Кількість кредитів – 5	Галузі знань: вказані на титульному листі	Вибіркова дисципліна
Модулів – 3		Навчальний рік:
Змістових модулів – 3		2023-2024.
Загальна кількість годин-150 Денна: кількість годин аудиторних занять / загальна кількість годин – 64/150	Спеціальності: вказані на титульному листі	Семестр 2
		Лекції ¹⁾ – 32
		Практичні ¹⁾ –
Кількість тижневих годин: Денна форма навчання: аудиторних / самостійна робота студентів: 4.0 / 5.3	Освітні програми: вказані на титульному листі	Лабораторні ¹⁾ – 32
		Самостійна робота – 86 год.
		Вид контролю – іспит
	Рівень вищої освіти – другий (магістерський)	

Примітка

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної становить: для денної форми навчання – 64/86.

- 1) Аудиторне навантаження може бути зменшене або збільшене на одну годину в залежності від розкладу занять.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета – вивчення принципів побудови пілотажно-навігаційних комплексів та їх алгоритмічного забезпечення на різних етапах польоту літального апарата, що дозволяють проводити дослідження якісних характеристик.

Завдання – вивчення структур, методів здобуття математичних моделей, алгоритмів обробки інформації та функціонування ПНК на різних етапах польоту повітряних суден.

Згідно з вимогами вивчення освітньо-професійної програми «Системи автономної навігації та адаптивного управління літальних апаратів» здобувачі повинні набути наступні компетенції:

Загальні компетентності (ЗК)

- 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.

Фахові компетентності (ФК)

- ФК2 Здатність проектувати та сертифікувати системи авіоніки та інформаційні системи літальних апаратів і наземних комплексів
- 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

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

Пререквізити

вища математика, інформаційно-вимірювальні пристрої авіоніки, сучасні методи побудови і моделювання систем управління, основи управління повітряним рухом, проектування автономних навігаційних систем

Кореквізити

Кваліфікаційна робота магістра

3. Програма навчальної дисципліни

Модуль 1. Принципи побудови та математичні моделі складових пілотажно-навігаційних комплексів.

Змістовий модуль 1. Призначення, принципи побудови та основні алгоритми обробки інформації.

Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Проектування систем пілотажно-навігаційних комплексів».

Предмет навчання і задачі дисципліни «Проектування систем пілотажно-навігаційних комплексів». Основні етапи розвитку і становлення ПНК як науки.

Тема 2. Принцип побудови ПНК.

Інтеграція та комплексна обробка інформації як засіб підвищення ефективності та безпеки польотів. Призначення та задачі, що вирішують ПНК. Структура ПНК. Тактико-технічні вимоги до ПНК.

Тема 3. Призначення, принципи побудови основних підсистем пілотажно-навігаційних комплексів та їх математичне моделювання.

Оператор як ланка системи управління та його основні характеристики. Бортовий обчислювальний комплекс. Основні складові ПНК, типи ПНК у залежності від необхідної інформації для побудови законів керування відносно до режимів польоту. Основні характеристики та математичні моделі датчиків навігаційної інформації: особливості математичних моделей ІНС, аерометричних пілотажних систем, математична модель курсової системи, математична модель доплерівського вимірника швидкості і кута знесення, математичні моделі радіосистем ближньої і дальньої навігації, математична модель астросистем, математична модель баровисотоміра та радіовисотоміра.

Тема 4. Основні алгоритми обробки інформації в ПНК.

Схема компенсації, її структура та алгоритми оцінювання похибок вимірювання. Схема фільтрації, її структура та алгоритми оцінювання похибок. Алгоритми оцінювання за методом найменших квадратів. Структурна схема. Приклад. Алгоритми оцінювання за методом максимуму правдоподібності. Структурна схема. Приклад. Рекурентний метод обробки інформації. Структурна схема. Приклад. Варіанти побудови систем обробки інформації, що мають надлишкову структуру вимірювачів параметрів руху літака та оцінка їх похибок. Визначення координат місцеположення ЛА та оцінка похибок у залежності від режимів зчислення. Особливості побудови безперервного оптимального фільтра Калмана.

Модуль 2. Автоматизація управління на різних етапах польоту.

Змістовий модуль 2. Автоматизація управління на різних етапах польоту.

Тема 5. Функціонування ПНК на етапі зльоту та набору висоти.

Задачі, що вирішуються ПНК на етапі зльоту та набору висоти. Автоматизація управління на етапі зльоту та набору висоти: автоматизація процесів управління на етапі розбігу; автоматизація управління при зльоті; автоматизація управління на етапі набору висоти.

Тема 6. Функціонування ПНК на етапі польоту за маршрутом.

Задачі, що вирішуються ПНК на етапі виконання маршрутного польоту. Основні вимоги до ПНК на етапі польоту за маршрутом. Основні системи координат, що використовуються в ПНК при розв'язанні задач навігації та управління. Алгоритми визначення основних пілотажно-навігаційних параметрів польоту, загальний підхід до розрахунку надійності літаководіння за технічними характеристиками ЛА та ПНК.

Модуль 3. Навігаційні системи.

Тема 7. Методи зчислення шляху.

Основні задачі навігації. Методи зчислення шляху: повітряний метод зчислення шляху, умовна прямокутна система координат, метод допліревського зчислення шляху. Устрій та принцип дії автоматичного навігаційного пристрою АНП-1 та навігаційного обчислювального пристрою НОП-ВІ.

Тема 8. Інерціальні навігаційні системи. Основи інерціальної навігації. Принципове рішення задачі створення інерціальної навігаційної системи, математичний опис функціонування ІНС, загальна блок-схема, математична модель функціонування ІНС, основні класи ІНС платформенні та безплатформенні ІНС (БІНС), принцип роботи та основні уніфіковані схеми. Алгоритми визначення параметрів орієнтації БІНС.

,

4. Структура навчальної дисципліни

Назва змістових модулів і тем	Кількість годин				
	Денна фотма				
	Усього	У тому числі			
		Л	П	Лр	Ср
1	2	3	4	5	6
Модуль 1					
Змістовий модуль 1. Принцип побудови та математичні моделі складових пілотажно-навігаційних комплексів					
Тема 1. Вступ до навчальної дисципліни «Пілотажно-навігаційні комплекси»	1	1	-	-	-
Тема 2. Принцип побудови ПНК	2	2	-	-	-
Тема 3. Призначення, принципи побудови основних підсистем пілотажно-навігаційних комплексів та їх математичне моделювання	18	5		4	9
Тема 4. Основні алгоритми обробки інформації в ПНК	21	4		8	9
Модульний контроль	2				2
Разом за змістовим модулем 1	44	12		12	20

Модуль 2					
Змістовий модуль 2. Автоматизація управління на різних етапах польоту					
Тема 5. Функціонування ПНК на етапі зльоту та набору висоти	19	5		4	10
Тема 6. Функціонування ПНК на етапі польоту за маршрутом	19	5		4	10
Модульний контроль	2				2
Разом за змістовим модулем 2	40	10		8	22
Модуль 3					
Змістовий модуль 3. Навігаційні системи					
Тема 6. Методи зчислення шляху	32	5		6	21
Тема 7. Інерціальні навігаційні системи	32	5		6	21
Модульний контроль	2			-	2
Разом за змістовим модулем 3	66	10		12	44
Усього годин	150	32		32	86

5. Теми семінарських занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна
1		
2		

6. Теми практичних занять

-

7. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Дослідження динамічних характеристик оператора і їх впливу на динаміку керування літака. Визначення різних тестів для перевірки якості характеристик оператора.	6
2	Дослідження різних режимів роботи автоматичної бортової системи керування (АБСУ) пасажирського літака середньої дальності. Визначення особливостей використання різноманітних законів керування і наземних засобів навігації.	6
3	Дослідження особливостей функціонування самоналагоджуваних автопілотів і їх показників якості.	4
4	Дослідження процесів заходження літака на посадку при різних законах управління при автоматичному і директорному керуванні.	8
5	Дослідження динаміки автоматичного управління поздовжнім рухом літака.	2

6	Дослідження динаміки автоматичного управління бічним рухом літака. Оцінка впливу різних законів управління на показники якості системи бічного управління літака при заході на посадку	2
7	Дослідження показників якості цифрового контуру стабілізації кута курсу літака.	2
8	Дослідження принципів формування командних сигналів та законів управління при використанні інерціальних навігаційних систем (ІНС).	2
	Разом	32

8. Самостійна робота

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна
1	Управління траєкторним рухом літака	4
2	Автоматичне управління бічним рухом літака	4
3	Автоматичне управління швидкості польоту літака	4
4	Статичні та астатичні закони стабілізації літака, автопілоти	4
5	Бортові обчислювальні комплекси	4
6	Структура базових ПНК	4
7	Особливості побудови та використання в ПНК ІНС	4
8	Супутникові навігаційні системи в режимах корекції координат місцеположення ЛА	4
9	Сучасні вимірювачі параметру руху	4
10	Методи здобуття математичних моделей рухомих об'єктів	4
11	Статистичні методи обробки інформації	4
12	Алгоритми визначення основних пілотажно-навігаційних параметрів польоту	4
13	Характеристики оператора та його вплив на показники якості системи керування літака	4
14	Методи діагностики функціональних систем, що входять до складу ПНК	4
15	Методи комплексування функціональних систем ПНК та оцінка похибок	4
16	Алгоритми управління повздовжним рухом ЛА при польоті за маршрутом	5
17	Автоматизований вихід літака на запрограмований аеродром	5
18	Методи опису функціонування інерціальних навігаційних систем (ІНС і БІНС)	5
19	Методи діагностики ІНС	5
20	Методи початкової виставки ІНС	6
	Разом	86

9. Індивідуальні завдання

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
		Денна
1		

10. Методи навчання

Проведення аудиторних лекцій, індивідуальних консультацій, самостійна робота студентів за матеріалами, опублікованими кафедрою, участь у конференціях та конкурсах.

11. Методи контролю

Проведення поточного контролю, письмового модульного контролю, фінальний контроль у вигляді письмового іспиту.

12. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують студенти

12.1. Розподіл балів, які отримують студенти

Складові навчальної роботи	Бали за одне заняття (завдання)	Кількість занять (завдань)	Сумарна кількість балів
Змістовний модуль 1			
Робота на лекціях	0...1	6	0...6
Виконання і захист лабораторних робіт	0...4	6	0...24
Модульний контроль	0...6	1	0...6
Змістовний модуль 2			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних робіт	0...4	4	0...16
Модульний контроль	0...6	1	0...6
Змістовний модуль 3			
Робота на лекціях	0...1	5	0...5
Виконання і захист лабораторних робіт	0...4	6	0...24
Модульний контроль	0...8	1	0...8
Усього за семестр			0...100

Семестровий контроль (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 теоретичного (30 балів), практичного (35 балів) та стендового завдань (35 балів). Наприклад.

Білет № 1

1. **Теоретичне питання.** Особливості та умови побудови різного типу інерціальних навігаційних систем.

2. **Практичне питання.** Методика використання алгоритму оцінки результатів вимірювання згідно з методом найменших квадратів. Конкретний приклад привести самостійно.

3. **Стендове завдання.** Виконати дослідження динаміки автоматичного управління поздовжнім рухом літака при управлінні кутом тангажа.

Білет № 2

1. **Теоретичне питання.** Принципи побудови безплатформених інерціальних навігаційних систем.

2. **Практичне питання.** Методика використання алгоритму оцінки результатів вимірювання згідно з рекурентним методом. Конкретний приклад привести самостійно.

3. **Стендове завдання.** Виконати дослідження системи автоматичного управління креном за участю оператора згідно з лабораторною роботою №1.

Білет №3

1. **Теоретичне питання.** Методи визначення координат місцеположення повітряного судна.

2. **Практичне питання.** У системі на основі інформації від 3-х ідентичних ІНС вираховується кут крену. Показання першої, другої та третьої ІНС відповідно дорівнюють: $Z_1 = \alpha + \mu_1$; $Z_2 = \alpha + \mu_2$; $Z_3 = \alpha + \mu_3$, де α - кут крену, μ_1, μ_2, μ_3 — похибки. Необхідно виконати оцінку кута крену за допомогою метода найменших квадратів.

3. **Стендове завдання.** Виконати дослідження показників якості цифрового контуру стабілізації кута курсу літака згідно з лабораторною роботою №7.

12.2. Якісні критерії оцінювання

Необхідний обсяг знань для одержання позитивної оцінки:

принципи побудови ПНК; оцінка похибок згідно з методом найменших квадратів, методом максимуму правдоподібності, рекурентним методом; принципи фільтрації та компенсації; математичні моделі датчиків інформації; принципи функціонування ПНК на етапі польоту за маршрутом та при посадці; структура і методи опису функціонування інерціальних навігаційних систем, їх типи та відмінності, принципи побудови БІНС.

Необхідний обсяг вмінь для одержання позитивної оцінки: вміти ставити задачі вибору і обґрунтування структури ПНК для різних режимів польоту літака; вирішувати задачі оцінки похибок вимірювання параметрів руху; отримувати моделі об'єктів управління та САУ; формувати та вирішувати задачі зчислення шляху; розробляти алгоритми діагностики окремих функціональних елементів ПНК.

12.3. Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру

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

1.1 Який твердо знає: базові поняття і принципи, що відносяться до дисципліни. Захистив всі практичні завдання, виконав усі модульні завдання з оцінкою «відмінно», вміє самостійно працювати без допомоги викладача. Вільно користується навчальною та науково-технічною літературою з питань дисципліни. Вміє логічно і чітко скласти свою відповідь, розв'язати 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 завдання, виконав усі модульні завдання з оцінкою «добре», може працювати з деякими підказками викладача. Правильно розв'язує теоретичні і 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 завдань. Захистив всі практичні, виконав усі модульні завдання, але має не впевнені навички при самостійній роботі з практичним матеріалом.

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	незараховано

13. Методичне забезпечення

Все методичне забезпечення в електронному вигляді розміщене на сервері каф. 301, а також за посиланням:

<https://drive.google.com/drive/folders/1okK3Mu9vgKR9wzfn94LumJfVMMAD9cls>

Розміщення НКМД дисципліни у системі дистанційного навчання Ментор:

<https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=2999>

1. Конспект лекцій з дисципліни «Пілотажно-навігаційні комплекси»:

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. Субота А.М. Пілотажно-навігаційні комплекси [Текст]: навч. посіб. до лаб. практикуму / А.М. Субота, В.Г. Джулгаков.- Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. Н.Е. Жуковського «Харк. авіац. ін-т», 2018. – 60 с.

14. Рекомендована література

Базова

1. Рогожин, В.О. Пілотажно-навігаційні комплекси повітряних суден [Текст] / В.О Рогожин, В.М. Синеглазов, М.К. Філяшкін. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2005. – 316с.
2. Синеглазов, В.М., Філяшкін, М.К. Автоматизовані системи управління повітряних суден. [Текст] / В.М. Синеглазов, М.К. Філяшкін. – К.: Книжкове видавництво НАУ, 2004. – 502с.
3. Субота А.М. Пілотажно-навігаційні комплекси [Текст]: навч.посіб. до лаб. практикуму/ А.М. Субота, В.Г. Джулгаков. – Харків: Нац. Аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харк. авіац. ін-т». 2018. – 60с.

Допоміжна

1. Субота, А.М., Фірсов, С.М. Функціональні системи і інформаційно-вимірювальні комплекси аерокосмічної техніки. Частина 2. Навчальний посібник по лабораторному практикуму. [Текст] / А.М. Субота, С.М. Фірсов. – Х.: Національний аерокосмічний. ун-т. «ХАІ», 2005. – 55с.

15. Інформаційні ресурси

1. Сайт кафедри 301: k301.khai.edu.