

(Ф 03.02-110)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний авіаційний університет
Факультет комп'ютерних наук та технологій
Кафедра інтелектуальних кібернетичних систем

УЗГОДЖЕНО

В.о. декана ФКНТ

Андрій ФЕСЕНКО

«26» 09 2024 р.



Проректор з навчальної роботи

Анатолій ПОЛУХІН

2024 р.



Система менеджменту якості

РОБОЧА ПРОГРАМА
навчальної дисципліни
«Проектування цифрових систем керування БпЛА»

Освітньо-професійна програма: «Інформаційні технології проектування»

Галузь знань: 12 «Інформаційні технології»

Спеціальність: 122 «Комп'ютерні науки»

Форма навчання	Семестр	Усього (годин/кредитів ECTS)	Лекції	Практ. заняття	Лабораторні	Самостійна робота	ДЗ / РГР / К	КР / КПр	Форма сем. контролю
Денна:	2	120/4,0	18	-	18	84	-	-	диф.залік 2с
Заочна:	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Індекс РМ-4-122-2/24-3.5

СМЯ НАУ РП 14.03 – 01 – 2024



Система менеджменту якості.
Робоча програма
навчальної дисципліни
"Проектування цифрових систем керування
БпЛА"

Шифр
документа

СМЯ НАУ
РП 14.03–01-2024

Стор. 2 із 12

Робочу програму навчальної дисципліни «Проектування цифрових систем керування БпЛА» розроблено на основі освітньо-професійної програми «Інформаційні технології проектування», навчальних та робочих навчальних планів №НМ-4-122-2/23 та №РМ-4-122-2/24 підготовки здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 122 «Комп'ютерні науки» та відповідних нормативних документів.

Робочу програму розробив:

професор кафедри інтелектуальних
кібернетичних систем _____

Дмитро КУЧЕРОВ

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні кафедри інтелектуальних кібернетичних систем, протокол № 14 від «26» серпня 2024 р.

Завідувач кафедри
інтелектуальних кібернетичних систем,
професор _____

Олена НЕЧИПОРУК

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні випускової кафедри освітньо-професійної програми «Інформаційні технології проектування», спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» – кафедри комп'ютерних інформаційних технологій, протокол № 12 від «28» 08 2024 р.

Гарант освітньо-професійної програми _____ Олена ТОЛСТИКОВА

Завідувач кафедри
комп'ютерних інформаційних технологій _____ Аліна САВЧЕНКО

Робочу програму обговорено та схвалено на засіданні науково-методично-редакційної ради факультету комп'ютерних наук та технологій, протокол № 1 від «12» 09 2024 р.

Голова НМРР _____ Тетяна ОХРИМЕНКО

Рівень документа – 3б


Плановий термін між ревізіями – 1 рік

Контрольний примірник

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни "Проектування цифрових систем керування БпЛА"	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 14.03– 01-2024
		Стор. 3 із 12	

ЗМІСТ

Вступ	4
1. Пояснювальна записка	4
1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни	4
1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна	4
1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна	4
1.4. Міждисциплінарні зв'язки	5
2. Програма навчальної дисципліни	5
2.1. Зміст навчальної дисципліни	5
2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля	5
2.3. Тематичний план	7
3. Навчально-методичні матеріали з дисципліни	7
3.1. Методи навчання	7
3.2. Рекомендована література (базова і допоміжна)	8
3.3. Інформаційні ресурси в Інтернет	8
4. Рейтингова система оцінювання набутих здобувачем освіти знань та вмінь	9

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни "Проектування цифрових систем керування БПЛА"	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 14.03– 01-2024
		Стор. 4 із 12	

ВСТУП

Робоча програма (РП) навчальної дисципліни «Проектування цифрових систем керування БПЛА» розроблена на основі «Методичних рекомендацій до розроблення і оформлення робочої програми навчальної дисципліни денної та заочної форм навчання», затверджених наказом ректора від 29.04.2021 № 249/од, та відповідних нормативних документів.

1. ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

1.1. Місце, мета, завдання навчальної дисципліни

Місце навчальної дисципліни в галузі науки та системі професійної підготовки фахівця. Навчальна дисципліна «Проектування цифрових систем керування БПЛА» є теоретичною та практичною основою сукупності знань та вмінь, що формують профіль фахівця у галузі проектування інформаційних систем та технологій.

Метою навчальної дисципліни є: підготовка науково-педагогічних кадрів у галузі проектування інформаційних систем та технологій, здатних розробляти програмне забезпечення для систем управління БПЛА.

Завданнями навчальної дисципліни є:

- систематизація та розширення знань про системи управління;
- засвоєння основ проектування цифрових систем управління БПЛА;
- оволодіння методиками проектування та розроблення типових систем управління БПЛА;
- вивчення та засвоєння показників якості і методами їх поліпшення.

1.2. Результати навчання, які дає можливість досягти навчальна дисципліна

Вивчення навчальної дисципліни «Проектування цифрових систем керування БПЛА» дає можливість досягти наступних результатів:

ПРН1. Мати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки у сфері комп'ютерних наук і є основою для оригінального мислення та проведення досліджень, критичне осмислення проблем у сфері комп'ютерних наук та на межі галузей знань.


ПРН7. Розробляти та застосовувати математичні методи для аналізу інформаційних моделей

ПРН10. Проектувати архітектурні рішення інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.

ПРН13. Оцінювати та забезпечувати якість інформаційних та комп'ютерних систем різного призначення.

1.3. Компетентності, які дає можливість здобути навчальна дисципліна

У результаті вивчення даної навчальної дисципліни здобувач повинен набути такі компетентності:

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни "Проектування цифрових систем керування БпЛА"	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 14.03– 01-2024
		Стор. 5 із 12	

ІК. Здатність розв'язувати задачі дослідницького та/або інноваційного характеру у сфері комп'ютерних наук.

ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ФК3. Здатність використовувати математичні методи для аналізу формалізованих моделей предметної області.

ФК4 Здатність застосовувати існуючі і розробляти нові алгоритми розв'язування задач у галузі комп'ютерних наук.

ФК7. Здатність розробляти програмне забезпечення відповідно до сформульованих вимог з урахуванням наявних ресурсів та обмежень.

ФК12. Здатність до використання сучасних комп'ютерних засобів та методів автоматизованого проектування спеціалізованих систем літальних апаратів.

1.4. Міждисциплінарні зв'язки. Навчальна дисципліна «Проектування цифрових систем керування БпЛА» базується на знаннях таких дисциплін, як: «Методологія прикладних досліджень у сфері комп'ютерних наук», «Спецрозділи інформаційних технологій проектування» та є базою для написання кваліфікаційної роботи.

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Зміст навчальної дисципліни

Навчальний матеріал дисципліни структурований за модульним принципом і складається з одного навчального модуля, а саме:

– навчального модуля № 1 «Проектування цифрових систем керування БпЛА», який є логічно завершеною, відносно самостійною, цілісною частиною навчальної дисципліни, засвоєння якої передбачає проведення модульної контрольної роботи та аналіз результатів її виконання.

2.2. Модульне структурування та інтегровані вимоги до кожного модуля

Модуль №1 «Проектування цифрових систем керування БпЛА»

Інтегровані вимоги модуля №1:

Знати:


- основні елементи цифрових систем управління БПЛА;
- методи налаштування цифрових систем управління БПЛА;
- оптимізація параметрів систем управління.

Вміти:

- проводити розрахунки систем управління;
- виконувати комп'ютерне моделювання цифрових систем управління;
- оцінювати якість цифрових систем управління.

Тема 1.1. Математичні моделі цифрових систем управління

Функціональна схема і математичні моделі цифрової системи управління. Різницеві рівняння. Метод z-перетворення. Теорема z-перетворення. Зворотне

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни "Проектування цифрових систем керування БпЛА"	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 14.03– 01-2024
		Стор. 6 із 12	

перетворення. Методи рішення різницевих рівнянь. Рекурентний метод рішення різницевих рівнянь. Рішення різницевих рівнянь на основі z-перетворення.

Тема 1.2. Моделювання цифрових систем управління

Схеми моделювання цифрових систем. Передатна функція і характеристичне рівняння цифрової системи. Рівняння цифрових систем в змінних стану і власні значення матриці А. Рішення рівнянь стану цифрової системи. Рекурентний метод рішення рівнянь стану. Рішення рівнянь стану з використанням z-перетворення. Зв'язок між рівняннями стану і передатною функцією цифрової системи. Перетворення неперервної передатної функції до дискретної форми.

Тема 1.3. Керованість та спостережуваність цифрових систем

Критерії керованості та спостережуваності цифрових систем. Передатні і перехідні функції замкненої цифрової системи. Визначення дискретної передатної функції і перехідної функції замкненої цифрової системи за структурною схемою. Визначення перехідної функції за різницевим рівнянням замкненої цифрової системи.

Тема 1.4. Комп'ютерне моделювання цифрових систем управління

Подання дискретно-неперервної системи в просторі станів. Форми рішення рівнянь станів. Побудова алгоритму рішення рівнянь стану. Цифрова система. Схеми в змінних стану. Обчислення матриці переходу. Побудова алгоритму рішення рівнянь стану.

Тема 1.5. Якість цифрових систем управління

Якість цифрових систем другого порядку. Точність цифрових систем в усталеному режимі. Зв'язок часу перехідного процесу із запасом стійкості за фазою.

Тема 1.6. Синтез цифрових засобів корегування


Формулювання задачі синтезу. Способи корекції цифрових систем. Послідовна корекція. Паралельна корекція. Переваги цифрової корекції. Частотний метод синтезу цифрових регуляторів. Синтез регулятора з відставанням за фазою. Синтез регулятора із випередженням за фазою.

Тема 1.7. Синтез цифрових ПД-регуляторів

Мета синтезу. Чисельне інтегрування і диференціювання. Структура цифрового ПД-регулятора. Взаємозалежність між коефіцієнтами інтегральної і диференціальної складової ПД-регулятора. Програмні реалізації тюнерів для ПД-регуляторів

Тема 1.8. Синтез цифрових систем управління в просторі станів

Синтез за заданим розташуванням полюсів за допомогою зворотного зв'язку по стану. Система з одним входом. Система з декількома входами. Синтез системи за наявності вхідної дії.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни "Проектування цифрових систем керування БпЛА"	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 14.03– 01-2024
		Стор. 7 із 12	

2.3. Тематичний план

п/п	Назва теми	Обсяг навчальних занять (год.)								
		Денна форма навчання				Заочна форма навчання				
		Усього	Лекції	Лабор. заняття	СРС	Усього	Лекції	Лабор. заняття	СРС	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
		1 семестр								
Модуль №1 «Проектування цифрових систем керування БпЛА»										
1.1	Математичні моделі цифрових систем управління	14	2	2	10	-	-	-	-	
1.2	Моделювання цифрових систем управління	14	2	2	10	-	-	-	-	
1.3	Керованість та спостережуваність цифрових систем	14	2	2	10	-	-	-	-	
1.4	Комп'ютерне моделювання цифрових систем управління	14	2	2	10	-	-	-	-	
1.5	Якість цифрових систем управління	14	2	2	10	-	-	-	-	
1.6	Синтез цифрових засобів корегування	14	2	2	10	-	-	-	-	
1.7	Синтез цифрових ПД-регуляторів	17	2	2 2	11	-	-	-	-	
1.8	Синтез цифрових систем управління в просторі станів	15	2	2	11	-	-	-	-	
1.9	Модульна контрольна робота №1	4	2	-	2	-	-	-	-	
1.10	Контрольна (домашня) робота (ЗФН)	-	-	-	-	-	-	-	-	
1.11	Підсумкова семестрова контрольна робота (ЗФН)	-	-	-	-	-	-	-	-	
Усього за модулем №1		120	18	18	84	-	-	-	-	
Усього за навчальною дисципліною		120	18	18	84	-	-	-	-	


3. НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНІ МАТЕРІАЛИ З ДИСЦИПЛІНИ

3.1. Методи навчання

При вивченні навчальної дисципліни використовуються наступні методи навчання:

- пояснювально-ілюстративний метод;
- метод проблемного викладу;
- репродуктивний метод;
- дослідницький метод.

Реалізація цих методів здійснюється при проведенні лекцій, демонстрацій, самостійному вирішенні задач, роботі з навчальною літературою, аналізі та застосуванні вивчених алгоритмів у системному програмуванні.

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни "Проектування цифрових систем керування БПЛА"	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 14.03– 01-2024
		Стор. 8 із 12	

3.2. Рекомендована література

Базова література

3.2.1. Ioan D. Landau and Gianluca Zito, Digital control systems: Identification, design and implementation. GIPSA – LAB, 2020. – 494 p.

3.2.2. Малі безпілотні літальні апарати: теорія і практика. Рендал Біард, Тімоті Маклейн. 2023. – 312 p.

3.2.3. Farid Golnaraghi, B.C. Kuo, Automatic control systems, J.Willey and sons, 2010, 944 p.

3.2.4. ELG4157: Digital Control Systems. URL: <https://www.site.uottawa.ca/~rhabash/ELG4157DigitalControlSystems.pdf> (дата звернення 25.09.2024)

Допоміжна література

3.2.5. Yarovyi O. Системи управління безпілотними літальними апаратами для здійснення моніторингу наземних об'єктів / О. Yarovyi // Системи управління, навігації та зв'язку. Збірник наукових праць. – Полтава: ПНТУ, 2018. – Т. 3 (49). – С. 33-38. – doi:<https://doi.org/10.26906/SUNZ.2018.3.033>.

3.2.6. Кучеров Д.П., Перепеліцин С.О., Пошивайло О.М., Мирошніченко І.В., Налаштування ПД-регулятора генетичним алгоритмом за багатокритеріальною цільовою функцією для керування нестійким об'єктом, Проблеми інформатизації та управління, 4(76), 2023, с. 42-47. DOI: <https://doi.org/10.18372/2073-4751.76.18239>


3.2.7. D. P. Kucherov, G. Jiang, H. Liu, M. Fu, UAV group control protocol with adaptive consensus, Int J Adapt Control Signal Process. 2024;1–18. 2024 John Wiley & Sons Ltd. DOI: 10.1002/acs.3868

3.3. Інформаційні ресурси в інтернеті

3.3.1. Веб – сторінка кафедри – <http://ccs.nau.edu.ua/>

3.3.2. Наукова бібліотека НАУ – <http://www.lib.nau.edu.ua/main/>

3.3.3. Інституційний репозитарій НАУ - <http://er.nau.edu.ua/>

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни "Проектування цифрових систем керування БпЛА"	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 14.03–01-2024
		Стор. 9 із 12	

4. РЕЙТИНГОВА СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ НАБУТИХ ЗДОБУВАЧЕМ ОСВІТИ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

4.1. Оцінювання окремих видів виконаної здобувачем навчальної роботи здійснюється в балах відповідно до табл. 4.1.

Таблиця 4.1

	Максимальна кількість балів	
	Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Вид навчальної роботи	Модуль №1	
Виконання завдань на лабораторних заняттях	1 семестр	
	106×8 = 80	-
Виконання контрольної (домашньої) роботи (ЗФН)	-	-
<i>Для допуску до виконання модульної контрольної роботи №1 здобувач має набрати не менше</i>	<i>48 балів</i>	-
Виконання модульної контрольної роботи №1	20	-
Підсумкова семестрова контрольна робота (ЗФН)	-	-
Усього за модулем №1	100	-
Семестровий диференційований залік	-	-
Усього за дисципліною	100	

Залікова рейтингова оцінка визначається (в балах та за національною шкалою) за результатами виконання всіх видів навчальної роботи протягом семестру.

4.2. Виконані види навчальної роботи зараховуються здобувачу, якщо він отримав за них позитивну рейтингову оцінку (Додаток 1).

4.3. Сума рейтингових оцінок, отриманих здобувачем за окремі види виконаної навчальної роботи, становить поточну модульну рейтингову оцінку, яка заноситься до відомості модульного контролю.

4.4. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка, перераховується в оцінку за національною шкалою та шкалою ECTS (Додаток 2).

4.5. Підсумкова семестрова рейтингова оцінка в балах, за національною шкалою та шкалою ECTS заноситься до заліково-екзаменаційної відомості, навчальної картки та залікової книжки здобувача, наприклад, так: **92/Відм./А, 87/Добре/В, 79/Добре/С, 68/Задов./D, 65/Задов./Е** тощо.

4.6. Підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни дорівнює підсумковій семестровій рейтинговій оцінці. Зазначена підсумкова рейтингова оцінка з дисципліни заноситься до Додатку до диплома.



Система менеджменту якості.
Робоча програма
навчальної дисципліни
"Проектування цифрових систем керування
БпЛА"

Шифр
документа

СМЯ НАУ
РП 14.03-01-2024

Стор. 10 із 12

(Ф 03.02 – 01)

АРКУШ ПОШИРЕННЯ ДОКУМЕНТА

№ прим.	Куди передано (підрозділ)	Дата видачі	П.І.Б. отримувача	Підпис отримувача	Примітки
1	03.02	27.09.24	Редченко К. А.	<i>[Signature]</i>	
2.	14.01	30.09.24	Савченко А.С.	<i>[Signature]</i>	

(Ф 03.02 – 02)

АРКУШ ОЗНАЙОМЛЕННЯ З ДОКУМЕНТОМ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Підпис ознайомленої особи	Дата ознайомлення	Примітки

(Ф 03.02 – 04)

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ РЕВІЗІЇ

№ пор.	Прізвище ім'я по-батькові	Дата ревізії	Підпис	Висновок щодо адекватності

(Ф 03.02 – 03)


АРКУШ ОБЛІКУ ЗМІН

№ зміни	№ листа (сторінки)				Підпис особи, яка внесла зміну	Дата внесення зміни	Дата введення зміни
	Зміненого	Заміненого	Нового	Анульованого			

(Ф 03.02 – 32)

УЗГОДЖЕННЯ ЗМІН

	Підпис	Ініціали, прізвище	Посада	Дата
Розробник				
Узгоджено				
Узгоджено				
Узгоджено				

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни "Проектування цифрових систем керування БпЛА"	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 14.03– 01-2024
		Стор. 11 із 12	

Додаток 1

**Відповідність оцінок у балах оцінкам за національною шкалою
(рекомендовані значення)**

Оцінка у балах											Оцінка за національною шкалою	
3	4	5	6	7	8	9	10	11	13	14		15
3	4	5	6	7	8	9	9-10	10-11	12-13	13-14	14-15	Відмінно
2,5	3	4	5	6	6-7	7-8	8	9	10-11	11-12	12-13	Добре
2	2,5	3	4	4-5	5	6	6-7	7-8	8-9	9-10	9-11	Задовільно

Оцінка у балах											Оцінка за національною шкалою	
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		27
15-16	16-17	17-18	17-19	18-20	19-21	20-22	21-23	22-24	23-25	24-26	25-27	Відмінно
12-14	13-15	14-16	15-16	15-17	16-18	17-19	18-20	18-21	19-22	20-23	20-24	Добре
10-11	10-12	11-13	12-14	12-14	13-15	13-16	14-17	15-17	15-18	16-19	16-19	Задовільно


Оцінка у балах											Оцінка за національною шкалою	
28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38		39
26-28	26-29	27-30	28-31	29-32	30-33	31-34	32-35	33-36	34-37	34-38	35-39	Відмінно
21-25	22-25	23-26	23-27	24-28	25-29	26-30	27-31	27-32	28-33	29-33	29-34	Добре
17-20	18-21	18-22	19-22	19-23	20-24	20-25	21-26	22-26	22-27	23-28	24-28	Задовільно

Оцінка у балах											Оцінка за національною шкалою	
40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50		51
36-40	37-41	38-42	39-43	40-44	41-45	42-46	43-47	43-48	44-49	45-50	46-51	Відмінно
30-35	31-36	32-37	32-38	33-39	34-40	35-41	35-42	36-42	37-43	38-44	38-45	Добре
24-29	25-30	25-31	26-31	27-32	27-33	28-34	28-34	29-35	30-36	30-37	31-37	Задовільно

Оцінка у балах											Оцінка за національною шкалою	
52	53	54	55	56	57	58	59	60	61	62		63
47-52	48-53	49-54	50-55	51-56	51-57	52-58	53-59	54-60	55-61	56-62	57-63	Відмінно
39-46	40-47	41-48	41-49	42-50	43-50	44-51	44-52	45-53	46-54	47-55	47-56	Добре
31-38	32-39	32-40	33-40	34-41	34-42	35-43	36-43	36-44	37-45	37-46	38-46	Задовільно

Оцінка у балах											Оцінка за національною шкалою	
64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74		75
58-64	59-65	60-66	60-67	61-68	62-69	63-70	64-71	65-72	66-73	67-74	68-75	Відмінно
48-57	49-58	50-59	50-59	51-60	52-61	53-62	53-63	54-64	55-65	56-66	56-67	Добре
38-47	39-48	40-49	40-49	41-50	41-51	42-52	43-52	43-53	44-54	44-55	45-55	Задовільно

Оцінка у балах											Оцінка за національною шкалою	
76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86		87
68-76	69-77	70-78	71-79	72-80	73-81	74-82	75-83	76-84	77-85	77-86	78-87	Відмінно
57-67	58-68	59-69	59-70	60-71	61-72	62-73	62-74	63-75	64-76	65-76	65-77	Добре
46-56	46-57	47-58	47-58	48-59	49-60	49-61	50-61	50-62	51-63	52-64	52-64	Задовільно

	Система менеджменту якості. Робоча програма навчальної дисципліни "Проектування цифрових систем керування БпЛА"	Шифр документа	СМЯ НАУ РП 14.03– 01-2024
		Стор. 12 із 12	

Додаток 2

Відповідність підсумкової семестрової рейтингової оцінки в балах оцінці за національною шкалою та шкалою ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	Відмінно	A	Відмінно (відмінне виконання лише з незначною кількістю помилок)
82-89	Добре	B	Дуже добре (вище середнього рівня з кількома помилками)
75-81		C	Добре (в загальному вірне виконання з певною кількістю суттєвих помилок)
67-74	Задовільно	D	Задовільно (непогано, але зі значною кількістю недоліків)
60-66		E	Достатньо (виконання задовольняє мінімальним критеріям)
35-59	Незадовільно	FX	Незадовільно (з можливістю повторного складання)
1-34		F	Незадовільно (з обов'язковим повторним курсом)