ЗАТВЕРДЖЕНО

Вченою радою факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
27 серпня 2026 р.,
протокол № 7
Голова Вченої ради
_____Андрій ТКАЧУК

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ БЕЗПІЛОТНИМИ АПАРАТАМИ»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр»
спеціальності G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»
освітньо-професійна програма «Системи керування безпілотними апаратами»
факультет комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки
кафедра робототехніки, електроенергетики та автоматизації
ім. проф. Б.Б. Самотокіна

Схвалено на засіданні кафедри робототехніки, електроенергетики та автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотокіна
25 серпня 2026 р.,
протокол № 7
Завідувач кафедри
_____Олексій ГРОМОВИЙ

Гарант освітньо-професійної програми
_____Андрій ТКАЧУК

Розробники: доктор філософії, доцент кафедри робототехніки, електроенергетики та автоматизації ім. проф. Б.Б. Самотокіна КРАВЧУК Антон;
к.т.н., доцент, декан факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки ТКАЧУК Андрій

Житомир
2026 – 2027 н.р.

Робоча програма навчальної дисципліни «Системи автоматичного керування безпілотними апаратами» для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «магістр» спеціальності G7 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка» освітньо-професійна програма «Системи керування безпілотними апаратами» затверджена Вченою радою факультету комп'ютерно-інтегрованих технологій, мехатроніки і робототехніки від 27 серпня 2026 р., протокол № 7.

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="2">Найменування показників</td><td rowspan="2">Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td>денна форма здобуття вищої освіти</td><td>заочна форма здобуття вищої освіти</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 5</td><td>Галузь знань:
G «Інженерія, виробництво та будівництво»</td><td colspan="2">обов’язкова</td></tr>
<tr><td>Модулів – 2</td><td rowspan="5">Спеціальність:
G7 «Автоматизація, комп’ютерно-інтегровані технології та робототехніка»</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td>Змістових модулів – 2</td><td>1-й</td><td>1-й</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Загальна кількість годин
– 150</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td>1-й</td><td>1-й</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="11">Тижневих годин для денної форми здобуття вищої освіти:
аудиторних – 5
самостійної роботи студента – 4,4</td><td rowspan="11">Освітній ступінь
«магістр»</td><td>48 год.</td><td>8 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні</td></tr>
<tr><td>-</td><td>-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td>32 год.</td><td>8 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>70 год.</td><td>134 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2"></td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: екзамен</td></tr>
</table>

Частка аудиторних занять і частка самостійної та індивідуальної роботи у загальному обсязі годин з навчальної дисципліни становить:

для денної форми навчання – 53 % аудиторних занять, 47 % самостійної та індивідуальної роботи.

для заочної форми навчання – 11 % аудиторних занять, 89 % самостійної та індивідуальної роботи.

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування у здобувачів вищої освіти системних знань і практичних навичок з аналізу, моделювання, синтезу, проєктування, налаштування та дослідження систем автоматичного керування безпілотними апаратами різних типів.

Завданнями навчальної дисципліни є:

- сформувати розуміння структури, функцій та принципів побудови систем автоматичного керування безпілотними апаратами різних типів;
- сформувати знання щодо особливостей динаміки безпілотних апаратів, їх сенсорного, навігаційного та виконавчого забезпечення як складових системи автоматичного керування;
- навчити будувати та досліджувати математичні моделі руху безпілотних апаратів, аналізувати їх динамічні характеристики, перехідні процеси, стійкість системи та вплив параметрів регуляторів на якість керування;
- сформувати практичні навички побудови та налаштування контурів стабілізації і керування із застосуванням зворотного зв’язку та PID-регуляторів;
- сформувати здатність порівнювати класичні, оптимальні, робастні, адаптивні та прогнозуючі алгоритми керування за показниками точності, стійкості та обчислювальної складності.

Зміст навчальної дисципліни направлений на формування наступних **компетентностей**, визначених освітньо-професійною програмою «Системи керування безпілотними апаратами»:

ЗК2. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).
ЗК3. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу.
СК1. Здатність здійснювати автоматизацію складних технологічних об’єктів та комплексів, створювати кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв**.**
СК3. Здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об’єктами.
СК6. Здатність застосовувати сучасні методи теорії автоматичного керування для розроблення автоматизованих систем управління технологічними процесами та об’єктами.
СК7. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв’язання складних задач і проблем автоматизації та комп’ютерно-інтегрованих технологій.
СК9. Здатність проєктувати, розробляти та досліджувати системи керування безпілотними апаратами різних типів, зокрема наземними, повітряними, надводними та іншими, з урахуванням особливостей їх динаміки, навігації,

сенсорного забезпечення та умов функціонування.

Отримані знання з навчальної дисципліни стануть складовими наступних **програмних результатів** навчання за спеціальністю G7 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»:

РН01. Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв**.**

РН04. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об’єктами.

РН08. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об’єктами, кіберфізичних виробництв.

РН10. Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об’єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами.

РН13. Проєктувати, розробляти, моделювати та досліджувати системи керування безпілотними апаратами різних типів з урахуванням особливостей їх динаміки, сенсорного та навігаційного забезпечення, умов функціонування та вимог до автономності.

Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти зможуть отримати Soft skills:

- *комунікативні навички*: письмове, вербальне й невербальне спілкування; уміння грамотно спілкуватися по e-mail; вести дискусію і відстоювати свою позицію; навички працювати в команді;
- *уміння виступати привселюдно*: навички, необхідні для виступів на публіці; навички проведення презентації;
- *керування часом:* уміння справлятися із завданнями вчасно;
- *гнучкість і адаптивність:* гнучкість, адаптивність і здатність змінюватися; уміння аналізувати ситуацію, орієнтування на вирішення проблеми;
- *лідерські якості*: уміння спокійно працювати в напруженому середовищі; уміння ухвалювати рішення; уміння ставити мету, планувати діяльність;
- *особисті якості:* креативне й критичне мислення; етичність, чесність, терпіння, повага до оточуючих.

3. Програма навчальної дисципліни

МОДУЛЬ 1

ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ

Змістовий модуль 1.

Тема 1. Вступ до систем автоматичного керування безпілотними апаратами (ЗК3, СК1, СК6, СК9, РН01, РН08, РН13).

Призначення систем автоматичного керування. Основні типи безпілотних апаратів, в тому числі спеціалізовані мобільні роботи та мехатронні пристрої. Поняття об’єкта керування, регулятора, сенсора, виконавчого механізму та зворотного зв’язку. Загальна структура автопілота та основні вимоги до точності, стійкості та безпеки керування.

Загальне ознайомлення з апаратною складовою систем керування. Рівні та контури керування безпілотним апаратом. Місце інтелектуальних методів у сучасних системах автономного керування.

Тема 2. Прості математичні моделі руху безпілотних апаратів (ЗК3, СК3, СК6, СК9, РН04, РН08, РН13).

Загальні поняття про математичні моделі. Системи координат, кінематика та динаміка руху. Нелінійні моделі поступального і обертального руху. Моделі приводів, пропульсивних систем, аеродинамічних і гідродинамічних сил. Лінеаризація навколо робочих режимів. Представлення у просторі станів, передавальні функції, аналіз стійкості, керованості та спостережуваності. Моделювання зовнішніх збурень, параметричної невизначеності та обмежень виконавчих механізмів. Особливості математичного опису безпілотних апаратів різних типів. Використання математичних моделей для дослідження і синтезу систем керування.

Тема 3. Закони регулювання, зворотний зв’язок і PID-регулювання (ЗК2, ЗК3, СК3, СК6, СК9, РН04, РН08, РН13).

Загальний опис та ознайомлення з класичними законами регулювання. Принцип роботи замкненої системи керування. Помилка керування. Регулятори. Вплив коефіцієнтів регулятора на швидкодію, перерегулювання і статичну похибку. Обмеження керуючого сигналу. Практичне налаштування PID-регулятора на моделі. Каскадні структури керування.

Тема 4. Бортове обладнання. Визначення стану безпілотного апарата (ЗК3, СК1, СК9, РН01, РН04, РН13).

Ознайомлення з бортовим обладнанням. Призначення IMU, GNSS, барометра, магнітометра та одометрії. Похибки та шум вимірювань. Прості цифрові фільтри. Комплементарний фільтр для оцінювання орієнтації. Загальне уявлення про фільтр Калмана без поглибленого математичного виведення.

МОДУЛЬ 2. НАВІГАЦІЯ, АВТОПІЛОТИ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ

Змістовий модуль 2.

Тема 1. Навігація та рух за маршрутом (ЗК2, ЗК3, СК3, СК6, СК9, РН04, РН08, РН13).

Поняття навігації, координати та контрольні точки маршруту. Рух до заданої точки. Поняття курсу, швидкості та похибки траєкторії. Формування траєкторії та контроль її проходження. Простий алгоритм слідування за набором точок. Вплив похибок позиціонування, вітрових, хвильових та інших зовнішніх збурень на точність навігації.

Тема 2. Особливості керування різними типами безпілотних апаратів (ЗК2, ЗК3, СК1, СК6, СК9, РН01, РН04, РН13).

Основні відмінності керування найпоширенішими безпілотними апаратами – мультироторними, літаковими (фіксоване крило), наземними та надводними. Особливості реалізації бездротового зв’язку в залежності від середовища роботи безпілотних апаратів. Які величини стабілізуються для кожного типу платформи. Типові виконавчі механізми та обмеження. Приклади структур контурів керування.

Тема 3. Автопілоти та програмна реалізація систем керування (ЗК2, ЗК3, СК1, СК3, СК6, СК7, СК9, РН01, РН04, РН08, РН10, РН13).

Будова сучасного автопілота, алгоритмічно-програмна реалізація. Основні параметри регуляторів. Ознайомлення з програмним забезпеченням для реалізації систем керування безпілотних апаратів.

Сучасні методи керування: керування зі зворотним зв’язком за станом, LQR/LQG, робастне, адаптивне та прогнозуюче керування (MPC). Застосування спостерігачів стану. Порівняння класичних і сучасних методів керування за точністю, стійкістю, робастністю та обчислювальною складністю. Інтелектуальні елементи систем автономного керування. Використання технічного зору для визначення положення, відстеження об’єктів тощо.

Тема 4. Моделювання, тестування та режими роботи безпілотних апаратів. (ЗК2, ЗК3, СК1, СК3, СК6, СК7, СК9, РН01, РН04, РН08, РН10, РН13).

Програмне моделювання системи керування. Поняття SIL/SITL/HITL. Аналіз графіків і логів. Аналіз телеметрії та польотних/експлуатаційних логів. Порівняння результатів модельного та віртуального випробування. Перевірка роботи при зовнішніх збуреннях, обмеженнях приводів і втраті окремих даних. Призначення різних режимів роботи. Формування сценаріїв тестування та верифікації алгоритмів керування. Дослідження впливу шумів, відмов окремих датчиків, затримок і втрат інформації, невизначеності параметрів моделі.

Тема 5. Енергоефективність та оптимізація режимів руху. (ЗК3, СК3,

СК6, СК9, РН04, РН08, РН13).

Основні складові енергоспоживання безпілотного апарата. Вплив режимів руху, швидкості, маси корисного навантаження, параметрів силової установки та умов експлуатації на витрати енергії. Оцінювання енергетичного балансу та тривалості автономної роботи. Підходи до оптимізації траєкторії та режимів керування з метою зменшення енергоспоживання. Контроль стану джерел живлення та врахування енергетичних обмежень у системах автоматичного керування.

4. Структура (тематичний план) навчальної дисципліни

Змістові модулі і теми	Кількість годин							
	денна форма				заочна форма			
	усього	лекції	лабораторні роботи	самостійна робота	усього	лекції	лабораторні роботи	самостійна робота
МОДУЛЬ 1 **ОСНОВИ МОДЕЛЮВАННЯ ТА РЕГУЛЮВАННЯ БЕЗПІЛОТНИХ АПАРАТІВ**								
Змістовий модуль 1.								
Тема 1. Вступ до систем автоматичного керування безпілотними апаратами	17	5	4	8	18	1	1	16
Тема 2. Прості математичні моделі руху безпілотних апаратів	19	6	4	9	19	1	1	17
Тема 3. Закони регулювання, зворотний зв’язок і PID-регулювання	19	6	4	9	19	1	1	17
Тема 4. Бортове обладнання. Визначення стану безпілотного апарата	19	6	4	9	19	1	1	17
Модульний контроль 1	1	1	-	-	-	-	-	-
Разом за МОДУЛЬ 1	***75***	***24***	***16***	***35***	***75***	***4***	***4***	***67***
МОДУЛЬ 2 **НАВІГАЦІЯ, АВТОПІЛОТИ ТА ТЕСТУВАННЯ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ**								
Змістовий модуль 2.								
Тема 1. Навігація та рух за маршрутом	16	5	3	8	15	1	1	13
Тема 2. Особливості керування різними типами безпілотних апаратів	16	5	3	8	16	1	1	14
Тема 3. Автопілоти та програмна реалізація систем керування	16	5	3	8	16	1	1	14
Тема 4. Моделювання, тестування та режими роботи безпілотних апаратів	14	4	3	7	16	0,5	0,5	15
Тема 5. Енергоефективність та оптимізація режимів руху.	12	4	4	4	12	0,5	0,5	11
Модульний контроль 2	1	1	-	-	-	-	-	-
Разом за МОДУЛЬ 2	***75***	***24***	***16***	***35***	***75***	***4***	***4***	***67***
РАЗОМ	***150***	***48***	***32***	***70***	***150***	***8***	***8***	***134***

5. Теми лабораторних занять

№	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
	МОДУЛЬ 1		
1.	Ознайомлення з простою моделлю руху безпілотного апарата в MATLAB.	4	1
2.	Реалізація простої моделі руху безпілотного апарата у програмному середовищі Python.	4	1
3.	Дослідження перехідних процесів у простій моделі системи керування.	4	1
4.	Дослідження законів регулювання для стабілізації заданої величини.	4	1
	Разом за МОДУЛЬ 1	***16***	***4***
	МОДУЛЬ 2		
5.	Налаштування PID-регулятора для стабілізації заданої величини.	4	1
6.	Фільтрація даних бортових сенсорів безпілотного апарата.	4	1
7.	Дослідження роботи PID-регулятора при зовнішніх збуреннях та обмеження керувального сигналу.	4	1
8.	Моделювання руху безпілотного апарата за маршрутом із контрольними точками.	4	1
	Разом за МОДУЛЬ 2	***16***	***4***
	РАЗОМ	***32***	***8***

6. Завдання для самостійної роботи

№	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
1	Основні елементи САК безпілотного апарата та приклади структур керування.	8	16
2	Повторення понять: положення, швидкість, прискорення, модель першого і другого порядку, перехідний процес.	9	17
3	Принципи роботи P-, PI- та PID-регуляторів, вплив параметрів на якість керування.	9	17
4	Принципи роботи IMU, GNSS, барометра і магнітометра; прості методи зменшення шуму вимірювань.	9	17
5	Координати, курс, контрольні точки маршруту та прості алгоритми руху до заданої точки.	9	16
6	Порівняння особливостей керування мультироторними, літаковими, наземними та надводними платформами.	9	17
7	Будова автопілота, основні параметри системи керування, огляд PX4/ArduPilot і MAVLink.	9	17
8	Принципи SITL/HITL, логування, перевірка роботи при збуреннях.	8	17
	РАЗОМ	**70**	**134**

7. Індивідуальні завдання

Здобувач вищої освіти має підготувати аналітичну доповідь/презентацію на одну із запропонованих тем:

№ з/п	Назва теми
1.	Порівняння P-, PI- та PID-регуляторів на простій моделі безпілотного апарата.
2.	Вплив коефіцієнтів PID-регулятора на швидкодію, перерегулювання та похибку.
3.	Основні бортові сенсори безпілотного апарата та їх роль у системі керування.
4.	Прості методи фільтрації шуму вимірювань.
5.	Порівняння систем керування мультироторним і наземним безпілотним апаратом.
6.	Структура сучасного автопілота та основні параметри регуляторів.
7.	Вплив вітру, течії або ковзання на роботу системи автоматичного керування.
8.	Обмеження виконавчих механізмів та їх вплив на перехідний процес.
9.	Енергетично оптимальне керування рухом безпілотного апарата.
10.	Використання методів ідентифікації для уточнення динамічної моделі за польотними/ходовими логами.
11	Застосування комплементарного фільтра та фільтра Калмана для оцінювання стану безпілотного апарата.
12	Порівняння PID- та LQR-регулювання для задач стабілізації безпілотного апарата.
13	Робастне керування безпілотним апаратом в умовах параметричної невизначеності та зовнішніх збурень.
14	Адаптивне керування безпілотним апаратом при зміні параметрів об’єкта керування.
15	Застосування прогнозуючого керування (MPC) для формування та відстеження траєкторії руху.
16	Побудова та дослідження алгоритму руху безпілотного апарата за заданими контрольними точками маршруту.
17	Порівняння можливостей автопілотів PX4 та ArduPilot для реалізації систем автоматичного керування.
18	Застосування SITL та HITL для тестування алгоритмів керування безпілотними апаратами.
19	Аналіз телеметрії та логів для оцінювання якості роботи системи автоматичного керування.
20	Використання технічного зору для наведення, супроводження об’єктів або автоматичної посадки безпілотного апарата.

За погодженням викладача здобувач може обрати власну тему.

8. Методи навчання

Під час викладання навчальної дисципліни використовуються методи навчання, що сприяють досягненню відповідних програмних результатів.

Результат навчання	Методи навчання
РН01. Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.	– вербальні методи (лекція, пояснення, проблемна бесіда); – наочні методи (демонстрація моделей, структурних схем, графіків та логів); – практичні методи (моделювання, обчислювальний експеримент, виконання лабораторних робіт); – проблемно-орієнтоване та проєктне навчання; – дискусійний і ситуаційний методи; командна робота; – самостійне опрацювання науково-технічних джерел і технічної документації.
РН04. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об’єктами.	– вербальні методи (лекція, пояснення, проблемна бесіда); – наочні методи (демонстрація моделей, структурних схем, графіків та логів); – практичні методи (моделювання, обчислювальний експеримент, виконання лабораторних робіт); – проблемно-орієнтоване та проєктне навчання; – дискусійний і ситуаційний методи; командна робота; – метод активного навчання (мозковий штурм, командна робота); – самостійне опрацювання науково-технічних джерел і технічної документації.
РН08. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об’єктами, кіберфізичних виробництв.	– вербальні методи (лекція, пояснення, проблемна бесіда); – наочні методи (демонстрація моделей, структурних схем, графіків та логів); – практичні методи (моделювання, обчислювальний експеримент, виконання лабораторних робіт); – проблемно-орієнтоване та проєктне навчання; – метод активного навчання (мозковий штурм, командна робота); – дискусійний і ситуаційний методи; – командна робота; – самостійне опрацювання науково-технічних джерел і технічної документації.

РН10. Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об’єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами.	– вербальні методи (лекція, пояснення, проблемна бесіда); – наочні методи (демонстрація моделей, структурних схем, графіків та логів); – практичні методи (моделювання, обчислювальний експеримент, виконання лабораторних робіт); – проблемно-орієнтоване та проєктне навчання; – дискусійний і ситуаційний методи; – командна робота; – самостійне опрацювання науково-технічних джерел і технічної документації.
РН13. Проєктувати, розробляти, моделювати та досліджувати системи керування безпілотними апаратами різних типів з урахуванням особливостей їх динаміки, сенсорного та навігаційного забезпечення, умов функціонування та вимог до автономності.	– вербальні методи (лекція, пояснення, проблемна бесіда); – наочні методи (демонстрація моделей, структурних схем, графіків та логів); – практичні методи (моделювання, обчислювальний експеримент, виконання лабораторних робіт); – проблемно-орієнтоване та проєктне навчання; – дискусійний і ситуаційний методи; – командна робота; – самостійне опрацювання науково-технічних джерел і технічної документації.

9. Методи контролю

Перевірка досягнення програмних результатів навчання здійснюється з використанням наступних методів.

Результат навчання	Методи контролю
РН01. Створювати системи автоматизації, кіберфізичні виробництва на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв.	- усне опитування та участь у дискусії; - перевірка розрахункових і самостійних завдань; - перевірка виконання та захист лабораторних робіт; - аналіз моделей, графіків і логів; - модульне тестування; - екзамен.

РН04. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об’єктами.	- усне опитування та участь у дискусії; - перевірка розрахункових і самостійних завдань; - перевірка виконання та захист лабораторних робіт; - аналіз моделей, графіків і логів; - модульне тестування; - екзамен.
РН08. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об’єктами, кіберфізичних виробництв.	- усне опитування та участь у дискусії; - перевірка розрахункових і самостійних завдань; - перевірка виконання та захист лабораторних робіт; - аналіз моделей, графіків і логів; - модульне тестування; - екзамен.
РН10. Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об’єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами.	- усне опитування та участь у дискусії; - перевірка розрахункових і самостійних завдань; - перевірка виконання та захист лабораторних робіт; - аналіз моделей, графіків і логів; - модульне тестування; - екзамен.
РН13. Проєктувати, розробляти, моделювати та досліджувати системи керування безпілотними апаратами різних типів з урахуванням особливостей їх динаміки, сенсорного та навігаційного забезпечення, умов функціонування та вимог до автономності.	- усне опитування та участь у дискусії; - перевірка розрахункових і самостійних завдань; - перевірка виконання та захист лабораторних робіт; - аналіз моделей, графіків і логів; - модульне тестування; - екзамен.

10. Оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти

Система оцінювання результатів навчання включає поточний, модульний та підсумковий контроль для здобувачів денної форми навчання і поточний та підсумковий контроль – для здобувачів заочної форми навчання. Формою підсумкового контролю відповідно до навчального плану є екзамен.

Для здобувачів заочної форми поточний контроль здійснюється під час

контактних занять та за результатами виконання і захисту завдань у міжсесійний період, зокрема з використанням освітнього порталу. Семестрова оцінка визначається як сума балів поточного контролю та екзамену.

Для обох форм навчання застосовуються однакові результати навчання, критерії оцінювання та максимальна кількість балів. Порядок проведення контрольних заходів і формування семестрової оцінки визначається Положенням про оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у Державному університеті «Житомирська політехніка». Перелік завдань, розподіл балів, строки виконання та критерії оцінювання розміщуються на освітньому порталі.

Розподіл балів з навчальної дисципліни

Види контролю	Кількість балів за семестр	
	денна форма	заочна форма
Поточний контроль	60	60
Модульний контроль або підсумковий контроль у формі екзамену*	40	-
Підсумковий контроль у формі екзамену	-	40
Підсумкова семестрова оцінка	**100**	**100**

*для здобувачів очної форми бали модульного або підсумкового контролю є альтернативними. Під час формування семестрової оцінки враховується лише один із зазначених результатів.

Розподіл балів за виконання завдань поточного контролю

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр	
	денна форма	заочна форма
Виконання завдань під час навчальних занять	55	20
Виконання та захист індивідуальних самостійних завдань	5	40
Виконання науково-дослідної роботи та інших видів робіт (**додаткові – заохочувальні бали**): –участь у конференціях, семінарах або інших наукових заходах; –презентація інноваційних ідей на тему, що вивчається; –участь у наукових студентських конференціях (написання тези доповідей та презентація доповіді на конференції); –публікація наукових статей; участь у студентських предметних олімпіадах, Всеукраїнському конкурсі студентських наукових робіт, грантах, науково-дослідних проектах	до 10	до 10
Разом за виконання завдань поточного контролю	**60**	**60**

*заохочувальні бали нараховуються лише за діяльність, яка підтверджує досягнення результатів навчання відповідної дисципліни, у межах установленого максимуму поточного контролю - 60 балів. Вони не звільняють здобувача від виконання обов’язкових завдань.

Розподіл балів за виконання завдань під час навчальних занять

Види робіт здобувача вищої освіти	Кількість балів за семестр	
	денна форма	заочна форма
Відповіді (виступи) на заняттях, участь у дискусії	7	5
Виконання та захист лабораторних робіт 2 бали - звіт неповний 3 бали - звіт повний 1 бал за неповну відповідь на усне питання 3 бали за правильну відповідь на усне питання	48	15
Разом за виконання завдань під час навчальних занять	**55**	**20**

Розподіл балів за виконання завдань модульного контролю

Види робіт здобувача вищої освіти денної форми навчання	Кількість балів за семестр
Виконання завдань модульного контролю 1	20
Виконання завдань модульного контролю 2	20
Разом за виконання завдань модульного контролю	**40**

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті в рамках окремих тем навчальної дисципліни, здійснюється викладачем за зверненням здобувача вищої освіти та представленням документів, які підтверджують результати навчання (сертифікати, свідоцтва, скріншоти тощо). Рішення про визнання та оцінка за відповідну частину освітнього компонента приймається викладачем за результатами співбесіди зі здобувачем вищої освіти.

Визнання результатів навчання, набутих у неформальній та/або інформальній освіті в рамках цілого освітнього компонента, здійснюється за процедурою, яка визначена у Положенні про організацію освітнього процесу у Державному університеті «Житомирська політехніка».

Шкала оцінювання

Шкала ЄКТС	Академічна шкала	100-бальна шкала
A	Відмінно	90-100
B	Добре	82-89
C		74-81
D	Задовільно	64-73
E		60-63
FX	Незадовільно	35-59
F		0-34

11. Глосарій

№ з/п	Термін державною мовою	Відповідник англійською мовою
1.	Система автоматичного керування (САК)	Automatic Control System (ACS)
2.	Безпілотний апарат	Unmanned Vehicle / Uncrewed System
3.	Автопілот	Autopilot
4.	Контур керування	Control loop
5.	Зворотний зв’язок	Feedback
6.	Стабілізація	Stabilization
7.	Орієнтація	Attitude
8.	Траєкторія	Trajectory
9.	Наведення	Guidance
10.	Оцінювання стану	State estimation
11.	Комплексування даних сенсорів	Sensor fusion
12.	Інерціальний вимірювальний модуль (IMU)	Inertial Measurement Unit (IMU)
13.	Глобальна навігаційна супутникова система	Global Navigation Satellite System (GNSS)
14.	PID-регулятор	PID controller
15.	Зворотний зв’язок за станом	State feedback
16.	Лінійно-квадратичний регулятор	Linear Quadratic Regulator (LQR)
17.	Прогнозуюче керування на основі моделі	Model Predictive Control (MPC)
18.	Розширений фільтр Калмана	Extended Kalman Filter (EKF)
19.	Робастне керування	Robust control
20.	Адаптивне керування	Adaptive control
21.	Розподіл керуючих впливів	Control allocation
22.	Програмна симуляція у контурі	Software-in-the-Loop (SIL/SITL)
23.	Апаратна симуляція у контурі	Hardware-in-the-Loop (HITL)
24.	Безпечний аварійний режим	Failsafe
25.	Точка маршруту	Waypoint
26.	Протокол MAVLink	MAVLink protocol

12. Рекомендована література

Основна література

1. Зеленський К.Х., Городецька О.К. Теорія автоматичного керування: навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. 277 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/53957
2. Волканін Є.Є. Схемотехніка безпілотних літальних апаратів : навчальний посібник. Харків: Харківський національний університет внутрішніх справ, 2024. 108 с. Режим доступу: https://dspace.univd.edu.ua/handle/123456789/23272
3. Невлюдов І.Ш., Андрусевич А.О., Євсєєв В.В., Новоселов С.П., Демська Н.П. Проектування мобільних маніпуляційних роботів : монографія. Харків : ХНУРЕ, 2022. 427 с. Режим доступу: https://openarchive.nure.ua/handle/document/21075
4. Поліщук М.М., Ткач М.М. Робототехнічні системи та комплекси: мобільні роботи

довільної орієнтації : підручник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. 301 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/59490
5. Баган Т. Г., Бунь В. П. Сучасна теорія автоматичного керування : навч. посіб. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 77 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/65135

Допоміжна література

1. Лук'янов П.В. Аеродинаміка літальних апаратів : навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 188 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/67075
2. Невлюдов І.Ш., Андрусевич А.О., Євсєєв В.В. Проектування мобільних роботів на базі одноплатних комп'ютерів (Raspberry Pi та мови Python 3.6): підручник. Харків: Панов А. М., 2020. 262 с. Режим доступу: https://openarchive.nure.ua/handle/document/20558
3. Кравчук С.О., Лисенко О. І., Явіся В.С., Новіков В.І. Основи теорії цифрових систем автоматичного керування: LTI моделі для систем SISO та MIMO : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 196 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41978
4. Леонтьєв П. В. та ін. Теорія автоматичного керування : навчальний посібник / за заг. ред. П. В. Леонтьєва. Суми : Сумський державний університет, 2024. 296 с. ISBN 978-966-657-987-7. Режим доступу: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/97189/1/Leontiev.pdf
5. Бурау Н. І., Півторак Д. О. Теорія автоматичного управління. Практикум: навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 57 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/42076
6. БПЛА. Навчальна програма для інструкторів та пілотів. Київ: ЦУЛ, 2023. 74с.
7. Штіфзон О. Й., Новіков П. В. Теорія автоматичного управління. Нелінійні та дискретні системи : навчальний посібник. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. 98 с. Режим доступу: https://ela.kpi.ua/handle/123456789/47637
8. Безвесільна О.М. Наукові дослідження в галузі автоматизації та приладобудування. Проектування та моделювання комп'ютеризованих інформаційно-вимірювальних систем: підручник, затверджений Вченою радою Державного університету "Житомирська політехніка" / О. М. Безвесільна, Ю. О. Подчашинський. – Київ : ДП «Редакція інформаційного бюлетеня «Офіційний вісник Президента України», 2021. – 896 с.
9. Suarez A., Cacace J., Orsag M., eds. Aerial Robotics for Inspection and Maintenance. Basel : MDPI, 2022. 218 p. DOI: 10.3390/books978-3-0365-4638-4. Режим доступу: https://www.mdpi.com/books/reprint/5765

11. Інформаційні ресурси в Інтернеті

1. PX4 Autopilot User Guide – https://docs.px4.io/
2. ArduPilot Documentation – https://ardupilot.org/
3. MAVLink Developer Guide – https://mavlink.io/en/
4. Gazebo Documentation – https://gazebosim.org/docs/
5. MathWorks UAV Toolbox / Simulink Documentation – https://www.mathworks.com/help/uav/
6. Python Control Systems Library – https://python-control.readthedocs.io/
7. Національна бібліотека України ім. В. І. Вернадського – https://www.nbuv.gov.ua/