

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ
ТА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор Інженерного навчально-наукового
інституту ім. Ю .М. Потебні ЗНУ

(підпис) Наталія Метеленко
(прізвище, ім'я)

ЕЛЕКТРОНІКА БЕЗПЛОТНИХ ЛІТАЮЧИХ АПАРАТІВ

(назва навчальної дисципліни)

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

підготовки _____ бакалавра
(назва освітнього ступеня)

очної (денної) та заочної (дистанційної) форм здобуття освіти
спеціальності 176 Мікро- та наносистемна техніка

(шифр, назва спеціальності)

спеціалізацій/ предметних спеціальностей _____
(шифр і назва)

освітньо-професійної програми Мікро- та наносистемна техніка

(назва)

Укладач /Укладачі: Світанько М.В. , кандидат фізико-математичних наук, доцент,
доцент кафедри електроніки, інформаційних систем та програмного забезпечення
(ПІБ, науковий ступінь, вчене звання, посада)

Обговорено та ухвалено
на засіданні кафедри електроніки, інформаційних
систем та програмного забезпечення

Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 2024 р.
Завідувач кафедри

(підпис)

Т.В. Критська
(ініціали, прізвище)

Ухвалено науково-методичною радою
Інженерного навчально-наукового
інституту
ім.Ю.М. Потебні
Протокол № _____ від “ _____ ” _____ 2024
р.
Голова науково-методичної ради

(підпис)

Т.А. Шарапова
(ініціали, прізвище)

Погоджено:
Гарант ОП

(підпис)

М.В.Світанько

(ініціали, прізвище)

Погоджено:
Відповідальний за секцію «Технічні
науки»

(підпис)

А.І.Безверхий

(ініціали, прізвище)

2024 рік

1. Опис навчальної дисципліни

1	2	3	
Галузь знань, спеціальність, освітня програма рівень вищої освіти	Нормативні показники для планування і розподілу дисципліни на змістові модулі	Характеристика навчальної дисципліни	
		очна (денна) форма здобуття освіти	заочна (дистанційна) форма здобуття освіти
Галузь знань 17 «Електроніка, автоматизація та електронні комунікації»	Кількість кредитів – 5	Вибіркова	
		Блокм дисциплін вільного вибору студента в межах спеціальності	
Спеціальність 174 Автоматизація, комп'ютерно- інтегровані технології та робототехніка	Загальна кількість годин – 150	Семестр:	
		7 -й	7 -й
Освітньо-професійна програма Мікро-та наносистемна техніка	Змістових модулів – 8	Лекції	
		14 год.	4 год.
		Лабораторні	
Рівень вищої освіти: бакалаврський	Кількість поточних контрольних заходів – 22	14 год.	4 год.
		Практичні	
		14 год.	4 год.
		Самостійна робота	
		108 год.	68 год.
		Вид підсумкового семестрового контролю: залік	

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою вивчення навчальної дисципліни «Електроніка безпілотних літаючих апаратів» є надання здобувачам знань у питаннях розв'язання задач розроблення нових і модернізації та експлуатації існуючих систем автоматизації, керування, орієнтації та навігації безпілотних літаючих апаратів (БПЛА).

Дисципліна «Електроніка безпілотних літаючих апаратів» на сучасному етапі розвитку електронної техніки є досить актуальною. Сучасні мікроелектронні пристрої все більше мають у своїй комплектації компоненти, які засновані на мікроконтролерах та мікропроцесорних елементах. Особливо важливими напрямками викладання дисципліни є опанування принципів моделювання, проектування та розробки сучасних компонентів електроніки безпілотних систем.

Курс має на **меті** навчити студентів основам моделювання та розробки основних елементів сучасних автоматизованих безпілотних комплексів та технологічних циклів по їх створенню.

Курс призначений для підготовки фахівців в області розробки апаратних засобів сучасних систем БПЛА.

Особливістю курсу є те, що знання, отримані з курсу «Електроніка безпілотних літаючих апаратів» є основою для моделювання сучасних пристроїв – безпіотної техніки із можливістю використання технологій із штучним інтелектом.

Набуті студентами знання та навички з дисципліни «Електроніка безпілотних літаючих апаратів» будуть необхідні студентам при виконанні експериментальних досліджень під час виробничих, переддипломних практик, при написанні випускних кваліфікаційних (дипломних, магістерських) робіт, у подальшій професійній діяльності.

Основними завданнями вивчення дисципліни «Електроніка безпілотних літаючих апаратів» є:

- отримати знання із основних принципів побудови та функціонування електронної складової основних вузлів, блоків та агрегатів БПЛА;
- оволодіти навичками діагностування систем БПЛА із застосуванням сучасних програмно-технічних засобів тінформаційних технологій планування та проведення фізичного експерименту;
- оволодіти вмінням розв'язувати практичні задачі із конструювання та технічного обслуговування електронних систем безпіотної техніки електронноапаратної техніки;
- оволодіти навичками моделювання електронних систем БПЛА.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен набути таких результатів навчання (знання, уміння тощо) та компетентностей:

Заплановані робочою програмою результати навчання та компетентності	Методи і контрольні заходи
1	2
Загальні компетентності: ЗК1 Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК6. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.	Методи: Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми). Словесні методи (лекція, пояснення, робота з підручником). Практичні методи (практичні лабораторні завдання, контрольні заходи, складання схем). Логічні методи (індуктивні, дедуктивні,

	створення проблемної ситуації). Проблемно-пошукові методи (репродуктивні). Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, моделювання ситуацій практичного характеру).
Спеціальні (фахові, предметні) компетентності: Здатність використовувати знання і розуміння наукових фактів, концепцій, теорій, принципів і методів проектування. Здатність застосовувати фундаментальні наукові факти, концепції, теорії, принципи для розв'язування професійних задач і практичних проблем галузі.	Методи: Дослідницький (самостійна робота, проекти). Наочні методи (схеми, моделі, алгоритми). Проблемно-пошукові методи (репродуктивні). Практичні методи (розрахункові завдання, лабораторні роботи, складання схем і алгоритмів). Логічні методи (індуктивні, дедуктивні, створення проблемної ситуації). Метод формування пізнавального інтересу (навчальна дискусія, моделювання ситуацій практичного характеру).
Програмні результати навчання: Знання і розуміння засад технологічних, фундаментальних та інженерних наук, що лежать в основі відповідної галузі. Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.	Методи контролю і самоконтролю (усний, письмовий, програмований). Контрольні заходи: теоретичне тестування за змістовим модулем; надання звіту із виконання лабораторної роботи; надання звіту із виконання практичної роботи; підсукове розрахункове завдання; підсумкове тестування.

Міждисциплінарні зв'язки. Дисципліна «Електроніка безпілотних літаючих апаратів» є логічним продовженням освітніх компонент циклу професійної підготовки спеціальності Фізика (ППС4), Спеціальні розділи електродинаміки (ППС5), Електронні процеси для схемних кіл мікро- та наноелектроніки (ППС6), Аналогова та оптохемотехніка (ППС7), Основи конструювання мікро- та наносистемної техніки (ППС10), Цифрова схемотехніка (ППС12), Функціональні вузли мікропроцесорних систем (ППОП10), Цифрові логічні автомати (ППОП11), Методи перетворення сигналів (ППОП12). Продовженням дисципліни є освітні компоненти циклу професійної підготовки спеціальності Діагностика, контроль та випробування пристроїв мікро- та наносистемної техніки (ППС11), Навчальна практика (ППС14) Виробнича практика (ППС15).

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Основи аеродинаміки безпілотних літальних апаратів (БПЛА)

Основи аеродинаміки: визначення, основні принципи, поняття та гіпотези. Гіпотеза суцільності середовища. Аеродинамічний опір. Підйомна сила. Вплив аеродинамічних сил на політ БПЛА, Динаміка польоту: принципи, відмінності, спільні риси з аеродинамічним. Основні поняття метеорології та вплив погодних явищ на польоти літальних

Змістовий модуль 2. Електромагнетизм Електромагнітні коливання і хвилі. Коливальний контур. Електричні коливання в контурі. Змінний струм Явище електричного резонансу. Теорія електромагнітних коливань Максвела.

Явище електромагнітної індукції. Закон Фарадея-Максвела. Правило Ленца. Самоіндукція. Індуктивність. Явище взаєміндукції. Взаємна індуктивність. Електричні трансформатори. Перехідні процеси у колах із індуктивністю. Енергія магнітного поля. Коливання в електричному контурі. Вільні та згасаючі коливання. Вимушені коливання. Закон Ома для змінного струму. Резонанс в електричних колах. Електромагнітні хвилі. Рівняння Максвела. Теорія електромагнітних коливань Р. Максвела Розповсюдження електромагнітних хвиль у середовищі, показник заломлення, поляризація, інтерференція, дифракція електромагнітних хвиль, вектор Пойнтінга.

Змістовий модуль 3. Класифікації безпілотних літальних апаратів (БПЛА) Склад льотних комплексів. БПЛА коптерного типу Електронна складова БПЛА. Загальні поняття

Класифікація БПЛА за конструкцією. Склад льотних комплексів. Конструкція БПЛА коптерного типу. Електронна складова БПЛА: Політний контролер. Акумулятори. ESC – електронний регулятор швидкості. Безколекторні двигуни. Гвинти (пропеллери).

Змістовий модуль 4. Джерела живлення БПЛА.

Хімічні джерела струму(ХДС). Вторинні хімічні джерела струму (аккумулятори). Класифікація вторинних хімічних джерел струму. Сучасні нікель–металгідридні та літій–йонні акумулятори. Li-Po – літій полімерні акумулятори.

Змістовий модуль 5. Безколекторні двигуни БПЛА.

Магнітний момент кругового струму. Магнітний потік. Робота магнітного поля. Контур зі струмом у змінному магнітному полі. Змінна ЕРС. Змінний струм. Генератори змінного струму. Трансформатори. Багатофазні системи змінного струму. Двигуни постійного струму. Безколекторний електродвигун постійного струму. Переваги та недоліки Типи безколекторних двигунів та їх застосування.

Змістовий модуль 6. Політний контролер БПЛА.

SMD технологія, як основа виготовлення політних контролерів. ESC – електронний регулятор швидкості. Інтегральний гіроскоп. Інтегральний акселерометр. Інтегральний магнітометр (компас). Інтегральний барометр. Ультразвуковий сонар. Мікроконтролер. Вбудований стабілізатор напруги 3,3. Конвертер рівнів шини I²C. Вбудований конвертер USB-UART. Флеш-пам'ять.

Змістовий модуль 7. Системи керування БПЛА. Навігаційні системи (INS) Види програмного забезпечення для налаштування та управління БПЛА

Види навігаційних систем. Система керування БПЛА: антени, радіопередавачі сигналу керування, відопередавачі, бездротові ретранслятори. Пристрої GPS, спліт камери, дальноміри. Види програмного забезпечення для налаштування та управління БПЛА

Змістовий модуль 8. Основи конструювання БПЛА на прикладі FPV дрона

Типовий набір інструментів і матеріалів для ручного конструювання БПЛА коптерного типу, основний набір компонентів дрона. Збір рами. Пайка з'єднань компонент дрона.Налаштування.

4. Структура навчальної дисципліни

Змістовий модуль	Усього годин	Аудиторні (контактні) години								Самостійна робота, год		Система накопичення балів			
		Усього годин		Лекційні Заняття, год		Лабораторні заняття, год		Практ. заняття, год				Теор. зав-ня, к-ть балів	Лаб. зав-ня, к-ть балів	Практ. зав-ня, к-ть балів	Усього балів
		о/д ф.	з/ди ст ф.	о/д ф.	з/ди ст ф.	о/д ф.	з/дист ф.	о/д ф.	з/ди ст ф.	о/д ф.	з/ди ст ф.				
1	2	3		4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	15	6	3	2	1	2	1	2	1	9	12	4	2	2	8
2	15	6	3	2	1	2	1	2	1	9	12	4	2	2	8
3	15	1		1						14	15	4			4
4	15	6	1	2		2		2	1	9	14	4	2	2	8
5	15	10	2	2	1	4	1	4		5	13	4	4	4	12
6	15	6	2	2		2	1	2	1	9	13	4	2	2	8
7	15	1	1	1	1					14	14	3			3
8	15	6		2		2		2		9	15	3	3	3	9
Усього за змістові модулі	120	42	12	14	4	14	4	14	4	78	108	30	15	15	60
Підсумковий семестровий контроль екзамен	30									30	30	20		20	40
Загалом		150										100			

5. Теми лекційних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Основи аеродинаміки БПЛА Основи аеродинаміки: визначення, основні принципи, поняття та гіпотези. Гіпотеза суцільності середовища. Аеродинамічний опір. Підйомна сила. Вплив аеродинамічних сил на політ БПЛА, Динаміка польоту: принципи, відмінності, спільні риси з аеродинамічним.	2	1
2	Електромагнетизм. Електромагнітні хвилі. Явище електромагнітної індукції. Закон Фарадея-Максвелла. Правило Ленца. Самоіндукція. Індуктивність. Явище взаємоіндукції. Взаємна індуктивність. Електричні трансформатори. Перехідні процеси у колах із індуктивністю. Енергія магнітного поля. Коливання в електричному контурі. Вільні та згасаючі коливання. Вимушені коливання. Закон Ома для змінного струму. Резонанс в електричних колах. Електромагнітні хвилі. Рівняння Максвелла. Теорія електромагнітних коливань Р. Максвелла	2	1
3	Класифікація БПЛА Класифікація БПЛА за UVS International. Класифікація до стандарту НАТО (STANAG 4670), Класифікація БПЛА за конструкцією. Склад льотних комплексів. Конструкція БПЛА коптерного типу. Електронна складова БПЛА: Політний контролер. Акумулятори. ESC – електронний регулятор швидкості. Безколекторні двигуни. Гвинти (пропеллери).	1	
4	Джерела живлення БПЛА Хімічні джерела струму(ХДС). Вторинні хімічні джерела струму (аккумулятори). Класифікація вторинних хімічних джерел струму. Сучасні нікель–металгідридні та літій–йонні аккумулятори. Li-Po – літій полімерні аккумулятори. Гелевія кумулятори. AGM аккумулятори.	2	
5	Електричні двигуни БПЛА Генератори змінного струму. Трансформатори. Багатофазні системи змінного струму. Двигуни постійного струму. Безколекторний електродвигун постійного струму. Переваги та недоліки електродвигунів постійного струму. Типи безколекторних двигунів та їх застосування	2	1
6	Політні контролери SMD технологія, як основа виготовлення політних контролерів. ESC – електронний регулятор швидкості. Інтегральний гіроскоп. Інтегральний акселерометр. Інтегральний магнітометр (компас). Інтегральний барометр. Ультразвуковий сонар. Мікроконтролер.	2	
7	Види навігаційних систем. Види навігаційних систем. Система керування БПЛА: антени, радіопередавачі сигналу керування , відопередавачі, бездротові ретранслятори. Види програмного забезпечення для	1	1

	налаштування та управління БПЛА		
8	Основи конструювання БПЛА Типовий набір інструментів і матеріалів для ручного конструювання БПЛА коптерного типу, основний набір компонентів дрона. Збір рами.	2	
Разом		14	4

6. Теми лабораторних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Дослідження сили опору при ламінарному характері потоку методом Стокса	2	1
2	Дослідження електричних коливань у коливальному контурі	2	1
4	Випробування літій-йонних та нікель-металгідридних акумуляторів	2	
5	Дослідження трифазних систем	4	1
6	Дослідження властивостей мікропроцесорів	2	1
8	Основи конструювання БПЛА	2	
Разом		14	4

7. Теми практичних занять

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Основні аеродинамічні характеристики БПЛА	2	1
2	Властивості електро-магнітних хвиль	2	1
4	Сучасні акумулятори. Літій – іонні акумулятори	2	1
5	Розрахунок трифазної системи	4	
6	Розрахунок основних функціональних блоків мікроконтролера	2	1
8	Розрахунок компонентного складу БПЛА	2	
Разом		14	4

7. Самостійна робота

№ змістового модуля	Назва теми	Кількість годин	
		о/д ф.	з/дист ф.
1	2	3	4
1	Основні поняття метеорології та вплив погодних явищ на польоти літальних	15	17
2	Розповсюдження електромагнітних хвиль у середовищі, показник заломлення, поляризація, інтерференція, дифракція електромагнітних хвиль, вектор Пойнтінга	15	17
3	Класифікація БПЛА за UVS International. Класифікація до стандарту НАТО (STANAG 4670)	20	20
4	Гелеві кумулятори. AGM акумулятори.	15	19

5	Магнітний момент кругового струму. Магнітний потік. Робота магнітного поля. Контур зі струмом у змінному магнітному полі. Змінна ЕРС. Змінний струм.	11	18
6	Вбудований стабілізатор напруги 3,3. Конвертер рівнів шини I ² C. Вбудований конвертер USB-UART. Флеш-пам'ять.	9	18
7	Пристрої GPS, спліт камери, дальноміри.	14	14
8	Пайка з'єднань компонент дрона.Налаштування.	9	15
Разом		108	138

5. Види і зміст контрольних заходів

Таблиця 5.1 Види і зміст поточних контрольних заходів

№ змістового модуля, вид заняття/ роботи	Види поточного контрольного заходу	Зміст поточного контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
1 Проміжний контроль	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Основи аеродинаміки БПЛА» (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки: Основи аеродинаміки: визначення, основні принципи, поняття та гіпотези. Гіпотеза суцільності середовища. Аеродинамічний опір. Підйомна сила. Вплив аеродинамічних сил на політ БПЛА, Динаміка польоту: принципи, відмінності, спільні риси з аеродинамічним.	Тестові питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4
Лабораторне заняття 1	Лабораторна робота 1 Виконання та оформлення лабораторної роботи «Дослідження сили опору при ламінарному характері потоку методом Стокса»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему <i>Moodle</i> ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 1 бал; 2) оформлення звіту відповідає стандартам – 1 бал; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 0,5 балів 4) завдання не виконане - 0 балів	2
Практичне заняття 1	Практична робота 1 Виконання та оформлення практичної роботи «Основні аеродинамічні характеристики БПЛА»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати практичне завдання роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему <i>Moodle</i> ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано повністю без зауважень - 2 бали; 2) виконано з деякими не принциповими помилками при розрахунках при правильних аналітичних виразах, оформлення відповідає стандартам – 1,5 бали; 3) виконано із принциповими помилками в аналітичних виразах, оформлено відповідно до стандартів – 1 бал; 4) виконано із	2

			принциповими помилками, оформлено із помилками – 0,5 балів; 5) розв’язок повністю неправильний, оформлення не відповідає стандартам або відповідь на завдання відсутня - 0 балів	
Усього за ЗМ 1	3			8
2 Проміжний контроль	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Електромагнетизм. Електромагнітні хвилі. » (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки : Явище електромагнітної індукції. Закон Фарадея-Максвела. Правило Ленца. Самоіндукція. Індуктивність. Явище взаємоіндукції. Взаємна індуктивність. Електричні трансформатори. Перехідні процеси у колах із індуктивністю. Енергія магнітного поля. Коливання в електричному контурі. Вільні та згасаючі коливання. Вимушені коливання. Закон Ома для змінного струму. Резонанс в електричних колах. Електромагнітні хвилі. Рівняння Максвела. Теорія електромагнітних коливань Р. Максвела	Тестові питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4
Лабораторне заняття 2	Лабораторна робота 2 Виконання та оформлення лабораторної роботи «Дослідження електричних коливань у коливальному контурі»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему <i>Moodle</i> ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 1 бал; 2) оформлення звіту відповідає стандартам – 1 бал; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 0,5 балів 4) завдання не виконане - 0 балів	2
Практичне заняття 2	Практична робота 2 Практичне завдання - Виконання та оформлення практичної роботи	Вимоги до виконання та оформлення: виконати практичне завдання роботу, оформити звіт у pdf	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано повністю без зауважень - 2 бали; 2) виконано з деякими не	2

	«Властивості електро-магнітних хвиль»	форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	принциповими помилками при розрахунках при правильних аналітичних виразах, оформлення відповідає стандартам – 1,5 бали; 3) виконано із принциповими помилками в аналітичних виразах, оформлено відповідно до стандартів – 1 бал; 4) виконано із принциповими помилками, оформлено із помилками – 0,5 балів; 5) розв’язок повністю неправильний, оформлення не відповідає стандартам або відповідь на завдання відсутня - 0 балів	
Усього за ЗМ 2	3			8
3 Проміжний контроль	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Класифікація БПЛА .» (тест в Moodle)	Питання для підготовки: Класифікація БПЛА за UVS International. Класифікація до стандарту НАТО (STANAG 4670), Класифікація БПЛА за конструкцією. Склад льотних комплексів. Конструкція БПЛА коптерного типу. Електронна складова БПЛА: Політний контролер. Акумулятори. ESC – електронний регулятор швидкості. Безколекторні двигуни. Гвинти (пропеллери).	Тестові питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4
Усього за ЗМ 3	1			4
4 Проміжний контроль	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Джерела живлення БПЛА » (тест в Moodle)	Питання для підготовки: Хімічні джерела струму(ХДС). Вторинні хімічні джерела струму (акумулятори). Класифікація вторинних хімічних джерел струму.	Тестові питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4

		Сучасні нікель–металгідридні та літій–йонні акумулятори. Li-Po – літій полімерні акумулятори. Гелевія кумулятори. AGM акумулятори.		
Лабораторне заняття 4	Лабораторна робота 4 Виконання та оформлення лабораторної роботи «Випробування літій-йонних та нікель-металгідридних акумуляторів»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 1 бал; 2) оформлення звіту відповідає стандартам – 1 бал; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 0,5 балів 4) завдання не виконане - 0 балів	2
Практичне заняття 4	Практична робота 4 Практичне завдання - Виконання та оформлення практичної роботи «Сучасні акумулятори. Літій – іонні акумулятори»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати практичне завдання роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано повністю без зауважень - 2 бали; 2) виконано з деякими не принциповими помилками при розрахунках при правильних аналітичних виразах, оформлення відповідає стандартам – 1,5 бали; 3) виконано із принциповими помилками в аналітичних виразах, оформлено відповідно до стандартів – 1 бал; 4) виконано із принциповими помилками, оформлено із помилками – 0,5 балів; 5) розв’язок повністю неправильний, оформлення не відповідає стандартам або відповідь на завдання відсутня - 0 балів	2
Усього за ЗМ 4	3			8
5 Проміжний контроль	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Електричні двигуни БПЛА	Питання для підготовки: Генератори змінного струму. Трансформатори. Багатофазні системи змінного струму. Двигуни постійного	Тестові питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4

	» (тест в Moodle)	струму. Безколекторний електродвигун постійного струму. Переваги та недоліки електродвигунів постійного струму. Типи безколекторних двигунів та їх застосування		
Лабораторне заняття 5	Лабораторна робота 5 Виконання та оформлення лабораторної роботи «Дослідження трифазних систем»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 4 бали; 2) оформлення звіту відповідає стандартам, виконано із незначними помилками – 3 бали; 3) завдання виконано із помилками, оформлення відповідає стандартам, – 0,5 балів 4) завдання виконано із помилками, оформлення не відповідає стандартам – 0,5 балів 5) завдання не виконане - 0 балів	4
Практичне заняття 5	Практична робота 5 Виконання та оформлення практичної роботи «Основні поняття електричного поля. Теорема Гауса. Електрична ємність. Конденсатори»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати практичне завдання роботи, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано повністю без зауважень - 4 бали; 2) виконано з деякими не принциповими помилками при розрахунках при правильних аналітичних виразах, оформлення відповідає стандартам – 3 бали; 3) виконано із принциповими помилками в аналітичних виразах, оформлено відповідно до стандартів – 2 бали; 4) виконано із принциповими помилками, оформлено із помилками – 0,5 балів; 5) розв'язок повністю неправильний, оформлення не відповідає стандартам або відповідь на завдання відсутня - 0 балів	4
Усього за	3			12

ЗМ 5				
6 Проміжний контроль	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Політні контролери» (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки: SMD технологія, як основа виготовлення політних контролерів. ESC – електронний регулятор швидкості. Інтегральний гіроскоп. Інтегральний акселерометр. Інтегральний магнітометр (компас). Інтегральний барометр. Ультразвуковий сонар. Мікроконтролер	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 4. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	4
Лабораторне заняття 6	Лабораторна робота 6 Виконання та оформлення лабораторної роботи «Дослідження властивостей мікропроцесорів»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему <i>Moodle</i> ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано у повному обсязі - 1 бал; 2) оформлення звіту відповідає стандартам – 1 бал; 3) завдання виконано, оформлення не відповідає стандартам – 0,5 балів 4) завдання не виконане - 0 балів	2
Практичне заняття 6	Практична робота 6 Виконання та оформлення практичної роботи «Розрахунок основних функціональних блоків мікроконтролера»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати практичне завдання роботи, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему <i>Moodle</i> ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано повністю без зауважень - 2 бали; 2) виконано з деякими не принциповими помилками при розрахунках при правильних аналітичних виразах, оформлення відповідає стандартам – 1,5 бали; 3) виконано із принциповими помилками в аналітичних виразах, оформлено відповідно до стандартів – 1 бал; 4) виконано із принциповими помилками, оформлено із помилками – 0,5 балів; 5) розв'язок повністю неправильний, оформлення не відповідає стандартам або відповідь на завдання відсутня -	2

			0 балів	
Усього за ЗМ 6	3			8
7 Проміжний контроль	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Види навігаційних систем. .» (тест в Moodle)	Питання для підготовки: Види навігаційних систем. Система керування БПЛА: антени, радіопередавачі сигналу керування, відопередавачі, бездротові ретранслятори. Види програмного забезпечення для налаштування та управління БПЛА	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 3. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	3
Усього за ЗМ 7	1			3
8 Проміжний контроль	Теоретичне завдання - контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів «Основи конструювання БПЛА» (тест в Moodle)	Питання для підготовки: Типовий набір інструментів і матеріалів для ручного конструювання БПЛА коптерного типу, основний набір компонентів дрона. Збір рами.	Тестові питання оцінюються: правильно/неправильно. Кількість питань – 3. Правильна відповідь за одне питання - 1 бал.	3
Прпрактичне заняття 6	Практична робота 7 Виконання та оформлення практичної роботи «Розрахунок компонентного складу БПЛА»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати практичне завдання роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: 1) виконано повністю без зауважень - 2 бали; 2) виконано з деякими не принциповими помилками при розрахунках при правильних аналітичних виразах, оформлення відповідає стандартам – 1,5 бали; 3) виконано із принциповими помилками в аналітичних виразах, оформлено відповідно до стандартів – 1 бал; 4) виконано із принциповими помилками, оформлено із помилками – 0,5 балів; 5) розв'язок повністю неправильний, оформлення не відповідає стандартам або відповідь на завдання відсутня - 0 балів	3

Лабораторне заняття 6	Лабораторна робота 7 Виконання та оформлення лабораторної роботи «Основи конструювання БЛЛА»	Вимоги до виконання та оформлення: виконати лабораторну роботу, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)		3
Усього за ЗМ 8	3			9
Усього за змістові модулі	20			60

Таблиця 5.2 Підсумковий семестровий контроль

Форма	Види підсумкових контрольних заходів	Зміст підсумкового контрольного заходу	Критерії оцінювання	Усього балів
1	2	3	4	5
Залік	Теоретичне завдання: контрольне тестування за результатами вивчення матеріалів (<i>тест в Moodle</i>)	Питання для підготовки у вигляді файлу PDF завантажено на сайт системи Moodle ЗНУ. У разі дистанційної форми навчання залік проходить у тестовій формі через платформу Moodle.	Тестові питання оцінюються: правильно/ неправильно. Кількість питань – 10. Правильна відповідь оцінюється у 2 бали	20
	Практичне завдання: Розрахункова задача за матеріалом вивчення курсу	Розрахункова задача, яка передбачає розв'язання комплексної задачі згідно завдання, оформити звіт у pdf форматі та завантажити його в систему Moodle ЗНУ (розмір файлу завантаження – не більше 5 Мб)	Практичне завдання оцінюється: Кількість задач у завданні - 5 1) виконано повністю без зауважень - 20 балів; 2) виконано з деякими не принциповими помилками при розрахунках при правильних аналітичних виразах, оформлення відповідає стандартам – 15 балів; 3) виконано із деяким помилками в аналітичних виразах, оформлення відповідає стандартам – 10 балів; 4) виконано із принциповими помилками в аналітичних виразах,	20

			оформлено відповідно до стандартів – 5 балів; 5) виконано із принциповими помилками, оформлено із помилками – 1 бал; 6) виконано із принциповими помилками, оформлено із невідповідністю до стандартів – 0,5 бали; 7) розв’язок повністю неправильний, оформлення не відповідає стандартам або відповідь на завдання відсутня - 0 балів	
Усього за підсумковий семестровий контроль	2			40

10. Рекомендована література

Основна:

1. Теорія і практика застосування безпілотних літальних апаратів (дронів) / КНТ, 2023. – 126 с.
2. Безпілотні літальні апарати радіаційної розвідки і сільськогосподарського призначення : монографія / [В. Я. Канченко, Р. В. Карнаушенко, О. О. Ключников та ін.]; НАН України, Ін-т проблем безпеки атомних електростанцій. - Чорнобиль : [Ін-т проблем безпеки АЕС], 2015. - 179 с.
Ергономічний дизайн безпілотних повітряних суден : [монографія] /
3. М. П. Матійчик, А. Л. Рубцов, В. О. Свірко [та ін.]; Український науково-дослідний інститут дизайну та ергономіки, Наук.-вироб. центр безпілотної авіації "Віраж" НАУ. - К. : [УкрНДІ ДЕ], 2019. - 192 с.
4. МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ "КОМАНДИРУ ПІДРОЗДІЛУ ПО ЗАСТОСУВАННЮ БпАК ТАКТИЧНОГО РІВНЯ" (за досвідом проведення ООС (раніше АТО), О.О. Павлишен (керівник розробки), Г.М. Тимчук, Т.В. Цокур, 2018. – 72 с.
5. Гельжинський І.І., Голяка Р.Л., Готра З.Ю., Марусенкова Т.А. Мікросхемотехніка: підручник. Львів : Ліга-Прес, 2015. 492 с.
6. Верьовкін Л. Л., Світанько М. В., Кісельов Є. М., Хрипко С. Л. Цифрова схемотехніка : підручник. Запоріжжя : ЗДІА, 2016. 214 с.
7. Бойко В.І., Гуржій А.М., Жуйков В.Я. Основи схемотехніки електронних систем: підручник. Київ. : Вища школа, 2004. 527 с
8. Світанько М.В. Фізика. Методичні рекомендації до лабораторних занять для здобувачів вищої освіти першого бакалаврського рівня за спеціальністю 153 «Мікрота наносистемна техніка» освітньо-професійної програми «Мікрота наносистемна техніка». Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 38 с.
9. Світанько М.В. Фізика. Методичні рекомендації до практичних занять для здобувачів вищої освіти першого бакалаврського рівня за спеціальністю 153 «Мікрота наносистемна техніка» освітньо-професійної програми «Мікрота наносистемна техніка». Запоріжжя : ЗНУ, 2021. 33 с.

Допоміжна література:

1. Unmanned aircraft systems : UAVS design, development and deployment / Reg Austin. This edition first published 2010. – 365 p.
2. Theory, design, and applications of unmanned aerial vehicles / A. R. Jha. Boca Raton, FL : CRC Press / Taylor & Francis Group, [2016]. 317 p.
3. SMART AUTONOMOUS AIRCRAFT Flight Control and Planning for UAV. Yasmina Bestaoui Sebbane, Université d'Evry, France. 2016 by Taylor & Francis Group, LLC – 434 p.
4. Васік Мохаммед Алі Хуссейн. Методи керування безпілотним літальним апаратом на основі оптико-електронної вимірювальної системи : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.13.03 "Системи та процеси керування" / Васік Мохаммед Алі Хуссейн ; Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського "ХАІ". - Х., 2011. - 19 с.
5. Гаврилко В. В. Вдосконалення методів створення надлегких безпілотних літальних апаратів із композитних матеріалів : автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук : [спец.] 05.07.02 "Проектування, виробництво та випробування літальних апаратів" / Гаврилко Володимир Вікторович ; МОН

України, Нац. аерокосмічний ун-т імені М. Є. Жуковського "Харк. авіаційний ін-т". - X., 2014. - 20 с.

6. Даник Ю. Г. Вимоги до оптичної системи та процесу обробки цифрових зображень апаратурою безпілотного літального апарата / Ю. Г. Даник, М. М. Проценко // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Технічні науки. – 2013. - № 1. – С.42-47.

7. Застосування безпілотних літальних систем як мобільних комплексів радіозв'язку / СВ.. Мельников, О. Є. Волков, М. В. Коришонов, Ю. Ю. Грищенко // Управляющие системы и машины. – 2017. - № 5. – С.54-61.

8. Книш Б. П. Класифікація безпілотних літальних апаратів та їх використання для доставки товарів / Б. П. Книш, Я. А. Кулик, М. В. Барабан // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2018. - № 3. – С. 246-252.

9. Крицький Д. М. Модель і методи управління змістом проекту створення безпілотної авіаційної техніки цивільного застосування : автореф. дис. на здоб. наук. ступеня канд. техн. наук : [спец.] 05.13.22 "Управління проектами та програмами" / Крицький Дмитро Миколайович ; МОН України, Нац. аерокосмічний ун-т імені М. Є. Жуковського "Харківський авіаційний ін-т". - X., 2016. - 21 с.

10. Мясіщев О. А. Режими польоту контролерів польоту АРМ 2.6 і Pixhawk БПЛА / О. А. Мясіщев, В. В. Швець // Вісник Хмельницького національного університету. Технічні науки. – 2018. - № 1. – С. 78-82.

11. Випробування хімічних джерел струму: метод. вказ. до викон. лаборант. робіт з дисципліни «Технічна електрохімія». Розд. «Хімічні джерела струму». – Київ : НТУУ «КПІ», 2010 – 57 с.

12. Байрачний Б. І. Технічна електрохімія / Б. І. Байрачний / Ч. 2. Хімічні джерела струму. – Харків : ВЦ НТУ «ХПІ», 2002. – 174 с.

13. Оцінювання завадозахищеності радіоканалу зв'язку безпілотного літального апарата у міських умовах / О. І. Тімочко, С. В. Герасимов, В. О. Лабунець, О. К. Климович // Військово-технічний збірник / Міноборони, Нац. акад. сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного. - Львів, 2018. - № 18. - С. 14-17.

14. Подорожняк А. О. Дослідження системи управління безпілотних літальних апаратів / А. О. Подорожняк, Є. А. Волоцков, О. С. Шевцова // 15. Сучасні інформаційні системи. – 2018. – Т. 2, № 3. – С. 97-101.

Харченко В. П. Аналіз застосування безпілотних авіаційних систем у цивільній сфері / В. П. Харченко, Д. Е. Прусов // Вісник Національного авіаційного університету. – 2012. - № 4. – С. 118-130.

16. Яровий О. В. Системи управління безпілотними літальними апаратами для здійснення моніторингу наземних об'єктів / О. В. Яровий // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2018. – № 3. – С. 33-38.

17. Техніка авіаційна військової призначеності. Апарати літальні безпілотні. Основні терміни, визначення понять і класифікація : ДСТУ В 7371:2013. – Київ : Держстандарт України, 2013.

18. Харченко О. В. Комплексний аналіз перспектив розвитку військової безпілотної авіації у збройних силах провідних країн світу / О. В. Харченко, С. О. Богославець, Ю. В. Коцуренко // Наука і оборона. – 2013. - № 1. – С. 51-57.

19. Акименко А. UML-модель системи управління безпілотним авіаційним комплексом / Андрій Акименко, Сергій Нестеренко // Технічні науки та технології. – 2017. - № 1. – С. 116-124

20. Благітко Б. Математичне моделювання впливу особливостей сенсорів на процес польоту безпілотного квадрокоптера / Богдан Благітко, Ігор Заячук, Юрій 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., 2015. – Вип. 21. – С.22-29.

Інформаційні ресурси

1. Наукова бібліотека Запорізького національного університету. URL: <http://library.znu.edu.ua/> (дата звернення: 01.08.2024)
2. Система електронного забезпечення навчання ЗНУ. URL: <https://moodle.znu.edu.ua/> (дата звернення: 01.08.2024)
3. Національна бібліотека України імені В. І. Вернадського. URL : <http://www.nbuv.gov.ua/> (дата звернення: 01.08.2024)
4. Composites Part B: Engineering URL : <https://bit.ly/3lyAJOy> (дата звернення: 01.08.2024)
5. Optics & Laser Technology URL: <https://bit.ly/3DHwyGt> (дата звернення: 01.08.2024)
6. Physical Communication URL : <https://bit.ly/3oZH4Vg> (дата звернення: 01.08.2024)
7. ЕІЕ: Електротехніка і електромеханіка – науково-практичний журнал. 2019. URL: www.kpi.kharkiv.edu/eie (дата звернення: 01.08.2024)
8. Смірнов Я. Дрони в агробізнесі [Електронний ресурс] / Ярослав Смірнов // 50o NORTH. – Опубліковано 25.09.2017. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : <http://www.50northspatial.org/ua/agriculture-business-drones/> (дата звернення 01.08.2024)
9. Безпілотний авіаційний комплекс DeViro «Лелека-100» [Електронний ресурс] / Виробничо-Інноваційна компанія DeViro. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу : <http://uav-ua.com/ukr/leleka-100> (дата звернення 01.08.2024).
10. Proteus URL: <http://www.labcenter.com> (дата звернення: 01.08.2024)