НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»

Навчально-науковий інститут інформаційних технологій та робототехніки
Кафедра автоматики, електроніки та телекомунікацій

ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з науково-педагогічної роботи

_____Богдан КОРОБКО
«___» _____ 2026 року

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«СИСТЕМИ ЗВ'ЯЗКУ БЕЗПІЛОТНИХ КОМПЛЕКСІВ»

(назва навчальної дисципліни)

Підготовки	доктора філософії (назва ступеня вищої освіти)
Освітньо-наукової програми	«Телекомунікації та радіотехніка» (назва освітньо-наукової програми)
Спеціальності	G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка» (код і назва спеціальності)

Полтава 2026

Робоча програма навчальної дисципліни «Системи зв'язку безпілотних комплексів» для здобувачів вищої освіти спеціальності G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка», третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти.

Розробник: Боряк Б.Р., к.т.н., доцент кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій

Погоджено

Гарант освітньо-наукової програми _____ Олександр ШЕФЕР

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри автоматики, електроніки та телекомунікацій

Протокол від «26» 08 2026 року № 1

Завідувач кафедри автоматики,
електроніки та телекомунікацій

«26» 08 2026 року _____ Олександр ШЕФЕР

Схвалено навчально-методичною комісією навчально-наукового інституту інформаційних технологій та робототехніки

Протокол від «27» 08 2026 року № 1

Голова навчально-методичної комісії навчально-наукового інституту інформаційних технологій та робототехніки

«27» 08 2026 року _____ Олександр ШЕФЕР

© Боряк Б.Р., 2026 рік
© Національний університет
імені Юрія Кондратюка, 2026 рік

1. Опис навчальної дисципліни

<table>
<tr><td rowspan="3">Найменування показників</td><td rowspan="3">Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти</td><td colspan="2">Характеристика навчальної дисципліни</td></tr>
<tr><td colspan="2">форма здобуття освіти</td></tr>
<tr><td>денна</td><td>заочна</td></tr>
<tr><td>Кількість кредитів – 3</td><td rowspan="2">Галузь знань
G Інженерія, виробництво та будівництво</td><td colspan="2" rowspan="2">вибіркова</td></tr>
<tr><td>Загальна кількість годин – 90</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Модулів – 1</td><td rowspan="6">Спеціальність
G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка»</td><td colspan="2">Рік підготовки:</td></tr>
<tr><td colspan="2">2/3</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Змістових модулів – 1</td><td colspan="2">Семестр</td></tr>
<tr><td colspan="2">4/5</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лекції</td></tr>
<tr><td rowspan="10">Індивідуальне завдання – відсутнє</td><td rowspan="10">Ступінь вищої освіти
Третій
(освітньо-науковий)</td><td>16 год.</td><td>4 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Практичні</td></tr>
<tr><td>8 год.</td><td>4 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Лабораторні</td></tr>
<tr><td colspan="2">-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Самостійна робота</td></tr>
<tr><td>66 год.</td><td>82 год.</td></tr>
<tr><td colspan="2">Індивідуальна робота:
-</td></tr>
<tr><td colspan="2">Вид контролю: диф. залік</td></tr>
</table>

Примітка.

Співвідношення кількості годин аудиторних занять до самостійної та індивідуальної роботи становить для:

денної форми здобуття освіти становить – 24/66

заочної форми здобуття освіти становить – 8/82

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою навчальної дисципліни є формування у здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти системних знань, дослідницьких умінь та практичних навичок щодо аналізу, проєктування, моделювання та оптимізації систем зв'язку безпілотних комплексів, зокрема радіоканалів керування, телеметрії та передачі даних, із урахуванням вимог завадостійкості, надійності, енергоефективності та кібербезпеки в умовах складного електромагнітного середовища.

Компетентності, що формуються дисципліною:

- Здатність здобувача продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми у галузі електроніки, автоматизації та електронних комунікацій, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення.
- Здатність ініціювати та виконувати наукові дослідження, що приводять до отримання нових знань та наукових результатів із дотриманням належної академічної доброчесності.
- Здатність критично аналізувати, оцінювати і синтезувати нові та комплексні наукові рішення.
- Здатність виконувати оригінальні дослідження в області телекомунікацій та радіотехніки, отримувати нові наукові результати щодо вирішення актуальних завдань і проблем із використанням відповідного науково-методичного апарату.

- Уміння аналізувати функціонування систем передачі й захисту інформації та інтерпретувати результати аналізу, застосовувати інтелектуальні методи для оцінки ефективності їхніх характеристик та робити обґрунтовані висновки щодо покращення пропускної здатності, якості та надійності каналів зв'язку.
- Здатність впровадження новітніх технологій у процесі проєктування перспективних та модернізації існуючих радіотехнічних та телекомунікаційних систем і мереж та захисту інформації.
- Здатність розробляти та оцінювати проєкти в області телекомунікацій та радіотехніки на основі фактів, отриманих в результаті проведення досліджень та демонструвати своєчасність і спланованість у дослідженнях.
- Здатність до обробки результатів експериментальних досліджень з використанням сучасних методів у задачах галузі.

3. Передумови для вивчення дисципліни

Опанування дисциплін першого (бакалаврського) та другого (магістерського) рівнів вищої освіти, зокрема з теорії електричних кіл, радіотехніки, телекомунікацій, цифрової обробки сигналів, теорії інформації та систем автоматичного керування.

4. Очікувані результати навчання з дисципліни

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен:

- Застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, статистичні методи аналізу даних та/або складної структури.
- Уміти системно мислити, формувати принципово нові ідеї, пропонувати способи розв'язання поставлених наукових та практичних задач в умовах неповної або обмеженої інформації, демонструючи гнучкість у прийнятті рішень.
- Мати необхідні теоретичні та методичні знання в сфері телекомунікацій та радіотехніки і на межі предметних галузей, для проведення наукових і прикладних досліджень на високому рівні сучасних досягнень галузі електроніки, автоматизації та електронних комунікацій.
- Визначати актуальні наукові та практичні проблеми у сфері телекомунікацій та радіотехніки.
- Вміти виконувати самостійно науково-дослідну діяльність в сфері телекомунікацій і радіотехніки з використанням сучасних методів наукових досліджень, дотримуючись академічної доброчесності та правил професійної етики.
- Вміти розробляти, обґрунтовувати та впроваджувати інноваційні проекти і технічні рішення у сфері телекомунікацій та радіотехніки, застосовуючи отримані наукові знання та навички.

5. Критерії оцінювання результатів навчання

Критерієм успішного проходження здобувачем освіти підсумкового оцінювання є досягнення ним мінімальних порогових рівнів оцінок за кожним запланованим результатом вивчення навчальної дисципліни.

Мінімальний пороговий рівень оцінки варто визначати за допомогою якісних критеріїв і трансформувати в мінімальну позитивну оцінку числової (рейтингової) шкали.

Сума балів	Значення ЄКТС	Оцінка	Критерій оцінювання	Рівень компетентності
90 – 100	**A**	**Відмінно**	Здобувач демонструє повні й міцні знання навчального матеріалу в обсязі, що відповідає робочій програмі дисципліни, правильно й обґрунтовано	**Високий**, що повністю забезпечує вимоги до знань,

			приймає необхідні рішення в різних нестандартних ситуаціях. Власні пропозиції здобувача в оцінках і вирішенні практичних задач підвищує його вміння використовувати знання, які він отримав при вивченні інших дисциплін.	умінь і навичок, що викладені в робочій програмі дисципліни.
82 – 89	**B**	**Добре**	Здобувач демонструє гарні знання, добре володіє матеріалом, що відповідає робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та вміє застосовувати теоретичні положення при вирішенні практичних задач, але допускає окремі неточності. Вміє самостійно виправляти допущені помилки, кількість яких є незначною.	**Достатній**, що забезпечує здобувачу самостійне вирішення основних практичних задач.
74 - 81	**C**	**Добре**	Здобувач загалом добре володіє матеріалом, знає основні положення матеріалу, що відповідають робочій програмі дисципліни, робить на їх основі аналіз можливих ситуацій та використовує для рішення характерних/типових практичних завдань на професійному рівні. Додаткові питання про можливість використання теоретичних положень для практичного використання викликають ускладнення.	**Достатній**, конкретний рівень, за вивченим матеріалом робочої програми дисципліни.
64 - 73	**D**	**Задовільно**	Здобувач засвоїв основний теоретичний матеріал, передбачений робочою програмою дисципліни, та розуміє постановку стандартних практичних завдань, має пропозиції щодо напрямку їх вирішень. Розуміє основні положення, що є визначальними в курсі, може вирішувати подібні завдання тим, що розглядались з викладачем, але допускає значну кількість неточностей і грубих помилок, які може усувати за допомогою викладача.	**Середній**, що забезпечує достатньо надійний рівень відтворення основних положень дисципліни.
60 – 63	**E**	**Достатньо**	Здобувач засвоїв основний теоретичний матеріал, передбачений робочою програмою дисципліни, та розуміє постановку стандартних практичних завдань, має пропозиції щодо напрямку їх вирішень і володіє основними положеннями на рівні, який визначається як мінімально допустимий. Правила вирішення практичних завдань з використанням основних теоретичних положень пояснюються з труднощами. Виконання практичних завдань значно формалізовано: є відповідність	**Середній,** що є мінімально допустимим у всіх складових навчальної дисципліни.

			алгоритму, але відсутнє глибоке розуміння роботи та взаємозв'язків з іншими дисциплінами.	
35 - 59	**FX**	**Незадовільно** з можливістю повторного складання екзамену/ диф. заліку	Здобувач може відтворити окремі фрагменти з курсу. Незважаючи на те, що програму навчальної дисципліни здобувач виконав, працював він пасивно, його відповіді під час практичних робіт в більшості є неправильними, необґрунтованими. Цілісність розуміння матеріалу з дисципліни у здобувача відсутні.	**Низький**, не забезпечує практичної реалізації задач, що формуються при вивченні дисципліни.
0 – 34	**F**	**Незадовільно** з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	Здобувач повністю не виконав вимог робочої програми навчальної дисципліни. Його знання на підсумкових етапах навчання є фрагментарними. Здобувач не допущений до здачі екзамену/заліку.	**Незадовільний**, здобувач не підготовлений до самостійного вирішення задач, які окреслює мета та завдання дисципліни.

6. Засоби діагностики результатів навчання

Засоби оцінювання та методи демонстрування результатів навчання:

поточний контроль:

- виконання практичних робіт;
- виконання завдань самостійної роботи;
- опитування;

підсумковий контроль:

- диференційований залік

7. Програма навчальної дисципліни

Тема 1. Основи та архітектура систем зв'язку безпілотних комплексів

Призначення, класифікація та основні принципи побудови систем зв'язку безпілотних комплексів. Архітектура каналів керування, телеметрії та передачі відеоданих. Структура бортового та наземного обладнання зв'язку, функціональне призначення передавачів, приймачів, антен і засобів ретрансляції. Особливості організації прямих, ретрансляційних і мережевих каналів зв'язку. Основні характеристики радіоканалів, чинники, що впливають на дальність та стабільність зв'язку. Принципи розрахунку енергетичного балансу радіолінії та оцінювання умов поширення радіохвиль. Системні вимоги до надійності, затримки та пропускної здатності каналів зв'язку безпілотних комплексів.

Практичне заняття №1.

Тема 2. Протоколи та технології зв'язку безпілотних систем

Сучасні технології та протоколи передавання даних у системах зв'язку безпілотних комплексів. Призначення, структура та особливості використання протоколів CRSF, ELRS, SBUS і MAVLink. Організація обміну даними між апаратурою керування, приймачами, польотними контролерами та наземними станціями. Принципи частотної адаптації, модуляції сигналів і забезпечення стабільності каналів керування. Особливості застосування технологій LTE/5G та інших мережевих рішень для передавання телеметрії та даних. Порівняльний аналіз протоколів за показниками затримки, пропускної здатності, дальності та надійності. Методи налаштування, моніторингу й експериментального дослідження характеристик каналів радіокерування.

Практичне заняття №2.

Тема 3. Аналіз та оцінка якості радіоканалів

Основні показники якості радіозв’язку безпілотних комплексів: RSSI, SNR, LQ, затримка передавання даних, пропускна здатність і частота втрати пакетів. Методи вимірювання, моніторингу та аналізу параметрів радіоканалів. Особливості поширення радіосигналів у різних умовах експлуатації. Вплив відстані, рельєфу місцевості, екранування, багатопроменевого поширення та електромагнітних завад на характеристики зв’язку. Застосування засобів радіочастотних вимірювань та програмного аналізу телеметричних даних. Експериментальне дослідження залежності показників якості радіоканалу від умов експлуатації та налаштувань апаратури. Методи оброблення й інтерпретації результатів вимірювань.

Практичне заняття №3.

Тема 4. Забезпечення надійності та завадостійкості зв’язку

Основні причини порушення стабільності та втрати зв’язку безпілотних комплексів. Види електромагнітних завад та їхній вплив на функціонування радіоканалів. Методи підвищення завадостійкості, використання частотного рознесення, адаптивного вибору каналів, частотних перестрибувань та резервування каналів зв’язку. Вплив характеристик, розміщення, поляризації та спрямованості антен на якість передавання сигналів. Принципи організації антенних систем та використання засобів ретрансляції. Методи підвищення надійності каналів керування, телеметрії та передачі відеоданих. Основні підходи до захисту інформації в системах зв’язку безпілотних комплексів. Експериментальна оцінка ефективності технічних рішень щодо підвищення стабільності, надійності та завадостійкості радіозв’язку.

Практичне заняття №4.

8. Структура навчальної дисципліни

а) для денної форми здобуття освіти

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	денна форма					
	усього	у тому числі				
		л.	пр.	лаб.	інд.	с.р.
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Тема 1. Основи та архітектура систем зв’язку безпілотних комплексів	18	4	2			12
Тема 2. Протоколи та технології зв’язку безпілотних систем	22	4	2			16
Тема 3. Аналіз та оцінка якості радіоканалів	24	4	2			18
Тема 4. Забезпечення надійності та завадостійкості зв’язку	26	4	2			20
Усього годин	**90**	**16**	**8**	**0**	**0**	**66**

б) для заочної форми здобуття освіти

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин					
	заочна форма					
	усього	у тому числі				
		л.	пр.	лаб.	інд.	с.р.
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Тема 1. Основи та архітектура систем зв’язку безпілотних комплексів	16	2	2			12
Тема 2. Протоколи та технології зв’язку безпілотних систем	26	2	2			22
Тема 3. Аналіз та оцінка якості радіоканалів	24					24
Тема 4. Забезпечення надійності та завадостійкості зв’язку	24					24
Усього годин	**90**	**4**	**4**	**0**	**0**	**82**

9. Теми семінарських занять

Тема заняття та перелік питань	**Кількість годин**	
	для денної форми	для заочної форми
Семінарські заняття не передбачені	-	

10. Теми практичних занять

Тема заняття та перелік питань	**Кількість годин**	
	для денної форми	для заочної форми
Практичне заняття №1. Аналіз архітектури системи зв’язку безпілотного комплексу	2	2
Практичне заняття №2. Налаштування та дослідження каналу керування (CRSF)	2	2
Практичне заняття №3. Аналіз якості радіоканалу та впливу середовища	2	-
Практичне заняття №4. Дослідження антен та підвищення завадостійкості	2	-
Усього	8	4

11. Теми лабораторних занять

Тема заняття та перелік питань	Кількість годин	
	для денної форми	для заочної форми
Лабораторні заняття не передбачені	-	

12. Самостійна робота

Метою самостійної роботи здобувачів вищої освіти є поглиблення теоретичних знань і розвиток дослідницьких компетентностей у сфері систем зв'язку безпілотних комплексів шляхом самостійного опрацювання та критичного аналізу сучасних наукових публікацій, технічної документації й результатів експериментальних досліджень. Самостійна робота спрямована на формування здатності аналізувати характеристики радіоканалів, порівнювати технології та протоколи зв'язку, обґрунтовувати вибір технічних рішень, застосовувати сучасні методи моделювання й оброблення експериментальних даних, оцінювати достовірність отриманих результатів і формулювати науково обґрунтовані висновки.

Види самостійної роботи здобувача:

– опрацювання лекційного матеріалу;

– підготовка до практичних занять;

– опрацювання тем курсу, які виносяться на самостійне вивчення, за списками літератури, рекомендованими в робочій навчальній програмі дисципліни;

– підготовка до складання диференційованого заліку.

Питання для самостійного вивчення здобувачами

№ п/п	Перелік питань	Кількість годин	
		для денної форми	для заочної форми
Тема 1. Основи та архітектура систем зв'язку безпілотних комплексів			
1	Які основні архітектури систем зв'язку використовуються у безпілотних комплексах (прямий канал, ретрансляція, mesh) та в яких умовах вони є доцільними?	6	6
2	Як формується енергетичний баланс радіоканалу (link budget) і які параметри найбільше впливають на дальність зв'язку?	6	6
Тема 2. Протоколи та технології зв'язку безпілотних систем			
3	Які ключові відмінності між протоколами CRSF, ELRS та SBUS з точки зору затримки, надійності та пропускної здатності?	8	12
4	Які переваги та обмеження використання LTE/5G у системах зв'язку безпілотних комплексів порівняно з класичними радіоканалами?	8	10
Тема 3. Аналіз та оцінка якості радіоканалів			
5	Які показники (RSSI, SNR, LQ, latency) найбільш адекватно характеризують якість радіоканалу і як їх інтерпретувати?	10	12
6	Як впливають багатопроменевість, екранування та радіоперешкоди на якість зв'язку безпілотних систем?	8	12
Тема 4. Забезпечення надійності та завадостійкості зв'язку			
7	Яким чином тип і конфігурація антен впливають на якість та стабільність радіозв'язку?	10	12

8	Які існують методи підвищення завадостійкості та захисту каналів зв’язку безпілотних комплексів?	10	12
	Разом	**66**	**82**

13. Індивідуальні завдання

Не передбачено планом.

14. Методи навчання

При викладанні дисципліни застосовуються словесні, наочні та практичні методи навчання.

Словесні та наочні методи навчання використовуються під час лекцій, практичних занять, індивідуальних та групових консультацій.

Під час проведення лекцій, практичних занять використовуються такі словесні методи як розповідь і пояснення.

До числа наочних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: ілюстрація, демонстрація.

До числа практичних методів, які застосовуються при викладанні дисципліни, належать: прототипування, параметризація.

Серед методів навчання, які дозволяють формувати soft skills: робота в малих групах, проєктно- та проблемно-орієнтоване навчання, таймбоксинг і дедлайни, рефлексія.

До інструментів, обладнання та програмного забезпечення (ПЗ) дисципліни належать:

- мультимедійне забезпечення;
- ноутбуки;
- польотний контролер та драйвер безколекторних двигунів SpeedyBee F405 V3;
- відеопередавач RushFPV Solo Max VTX 5.8G 2.5W;
- камера Caddx Ratel 2 FPV camera;
- приймач TBS Crossfire Nano RX Pro;
- апаратура керування Radiomaster TX16S (або Radiomaster Boxer);
- антени Foxeer Lollipop V4 Plus 5.8G antenna;
- FPV окуляри Skyzone Cobra X V4 FPV goggles;
- векторний аналізатор мереж LiteVNA 64 network analyzer;
- портативний аналізатор спектру TinySA Ultra spectrum analyzer;
- вимірювач потужності радіосигналу ImmersionRC RF Power Meter V2;
- мультиметр цифровий Uni-T UT-70A;
- акумулятори (Li-ion 6S, 18650);
- зарядний пристрій HOTA D6 PRO;
- лабораторний блок живлення Zhaoxin RXN-305D;
- конектори XT60;
- мережеві подовжувачі;
- програмне забезпечення Betaflight.

15. Методи контролю

Поточний контроль успішності засвоєння здобувачами навчального матеріалу здійснюється шляхом опитування, оцінювання знань здобувачів під час практичних занять, оцінювання виконання здобувачами самостійної роботи.

Підсумковий контроль здійснюється у формі диференційованого заліку.

16. Розподіл балів, які отримують здобувачі

Схема нарахування балів для денної форми здобуття освіти з навчальної дисципліни за видами робіт

Види робіт/контролю	**Перелік тем**			
	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4
	Практичне заняття			
		2	3	
Виконання практичних завдань	7	7	7	7
Опитування	7	7	7	7
Виконання завдань самостійної роботи	3	3	4	4
Всього за темами	**17**	**17**	**18**	**18**
Диференційований залік				
Всього за результатами вивчення навчальної дисципліни	**100**			

Схема нарахування балів для заочної форми здобуття освіти з навчальної дисципліни за видами робіт

Види робіт/контролю	**Перелік тем**			
	Тема 1	Тема 2	Тема 3	Тема 4
	Практичне заняття			
		2	-	
Виконання практичних завдань	7	7	-	-
Опитування	7	7	-	-
Виконання завдань самостійної роботи	10	10	11	11
Всього за темами	**24**	**24**	**11**	**11**
Диференційований залік				
Всього за результатами вивчення навчальної дисципліни	**100**			

Шкала та критерії оцінювання відповіді за результатами опитування для денної та заочної форм навчання

Бали для денної та заочної форм здобуття освіти	Критерії оцінювання
7	Питання розкрито повністю, відповідь логічна та обґрунтована, використано науково-понятійний апарат без помилок.
6	Питання розкрито повністю, допускаються незначні неточності, в цілому правильне використання термінології.
5	Питання розкрито в основному правильно, є окремі помилки або недостатня глибина пояснення.
4	Відповідь частково правильна, наявні суттєві неточності, обмежене використання наукової термінології.
3	Механічне відтворення матеріалу з помилками, поверхневе розуміння суті питання.
2	Фрагментарна відповідь, значні помилки, відсутність логічної структури.
1	Спроба відповіді на питання, що містить поодинокі правильні твердження, але не відображає суті теми.
0	Відсутність відповіді або відповідь не відповідає змісту питання.

Шкала та критерії оцінювання виконання практичних завдань для денної та заочної форм навчання

Бали для денної та заочної форм здобуття освіти	Критерії оцінювання
7	Завдання виконано в повному обсязі, результати обґрунтовані, проведено аналіз отриманих даних, сформульовано аргументовані висновки.
6	Завдання виконано в повному обсязі, результати коректні, висновки в цілому обґрунтовані, допускаються незначні неточності.
5	Завдання виконано в основному правильно, є окремі помилки або недостатня глибина аналізу.
4	Завдання виконано частково, результати містять суттєві неточності, аналіз поверхневий.
3	Завдання виконано частково з помилками, відсутній належний аналіз результатів.
2	Виконано незначну частину завдання, результати некоректні або неповні.
1	Спроба виконання завдання без отримання коректних результатів.
0	Завдання не виконано.

Шкала та критерії оцінювання виконання завдань самостійної роботи для денної форми здобуття освіти (теми 1–2)

Бали для денної форми здобуття освіти	Критерії оцінювання
3	Завдання виконано переважно правильно, допускаються окремі неточності, висновки недостатньо обґрунтовані.
2	Завдання виконано в основному правильно, є окремі помилки або недостатня глибина аналізу.
1	Завдання виконано частково, результати містять суттєві помилки, аналіз та висновки поверхневі.

0	Завдання не виконано або результати не відповідають поставленому завданню.

Шкала та критерії оцінювання виконання завдань самостійної роботи для денної форми здобуття освіти (теми 3–4)

Бали для денної форми здобуття освіти	Критерії оцінювання
4	Завдання виконано в повному обсязі, результати правильні та обґрунтовані, проведено їх аналіз, сформульовано аргументовані висновки.
3	Завдання виконано в повному обсязі, результати загалом правильні, допускаються незначні неточності або недостатня глибина аналізу.
2	Завдання виконано частково, наявні суттєві неточності, аналіз результатів поверхневий.
1	Виконано незначну частину завдання, результати неповні або переважно некоректні.
0	Завдання не виконано або результати не відповідають поставленому завданню.

Шкала та критерії оцінювання виконання завдань самостійної роботи для заочної форми здобуття освіти (теми 1–2)

Бали для заочної форми здобуття освіти	Критерії оцінювання
10	Завдання виконано в повному обсязі, результати обґрунтовані, проведено аналіз отриманих даних, сформульовано аргументовані висновки.
9	Завдання виконано в повному обсязі, результати коректні, висновки загалом обґрунтовані, допускаються незначні неточності.
8	Завдання виконано переважно правильно, є окремі помилки або недостатня глибина аналізу.
7	Завдання виконано частково, результати містять суттєві неточності, аналіз поверхневий.
5–6	Завдання виконано частково з помилками, відсутній належний аналіз результатів.
3–4	Виконано незначну частину завдання, результати некоректні або неповні.
1–2	Здійснено спробу виконання завдання без отримання коректних результатів.
0	Завдання не виконано.

Шкала та критерії оцінювання виконання завдань самостійної роботи для заочної форми здобуття освіти (теми 3–4)

Бали для заочної форми здобуття освіти	Критерії оцінювання
11	Завдання виконано в повному обсязі, результати обґрунтовані, проведено аналіз отриманих даних, сформульовано аргументовані висновки.
10	Завдання виконано в повному обсязі, результати коректні, висновки загалом обґрунтовані, допускаються незначні неточності.

9	Завдання виконано переважно правильно, є окремі помилки або недостатня глибина аналізу.
7–8	Завдання виконано частково, результати містять суттєві неточності, аналіз поверхневий.
5–6	Завдання виконано частково з помилками, відсутній належний аналіз результатів.
3–4	Виконано незначну частину завдання, результати некоректні або неповні.
1–2	Здійснено спробу виконання завдання без отримання коректних результатів.
0	Завдання не виконано.

Шкала та критерії оцінювання знань здобувачів вищої освіти за результатами складання диференційованого заліку у формі тестування

Завдання	Бали	Критерії оцінювання
Тестування	0-30	Кожна правильна відповідь оцінюється у фіксовану кількість балів (1.5×20=30), правильність відповідей перевіряється відповідно до ключа тестів.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

100-бальна рейтингова система оцінювання	Оцінка за шкалою ЄКТС	Оцінка за національною шкалою для екзамену, диференційованого заліку, курсового проекту (роботи), практики
90 – 100	**A** – відмінно	**5** – відмінно
82 – 89	**B** – дуже добре	**4** – добре
74 – 81	**C** – добре	
64 – 73	**D** – задовільно	**3** – задовільно
60 – 63	**E** – достатньо	
35 – 59	**FX** – незадовільно з можливістю повторного складання	**2 –** незадовільно
0 – 34	**F** – незадовільно з обов’язковим повторним вивченням дисципліни	

Правила модульно-рейтингового оцінювання знань

Максимальна кількість балів за результатами вивчення дисципліни становить 100 балів, із них до 70 балів здобувач може отримати впродовж семестру, решта 30 балів припадає на підсумковий контроль.

1. Поточний контроль. Бали, отримані впродовж семестру за видами навчальної діяльності, розподіляються таким чином:

- для денної форми здобуття освіти – виконання практичних завдань (до 28 балів), опитування (до 28 балів), виконання завдань самостійної роботи (до 14 балів);
- для заочної форми здобуття освіти – виконання практичних завдань (до 14 балів), опитування (до 14 балів), виконання завдань самостійної роботи (до 42 балів).

Присутність на лекціях і практичних заняттях не оцінюється в балах. Пропуски занять підлягають обов’язковому відпрацюванню в індивідуальному порядку під час консультацій. Пропущене заняття має бути відпрацьоване впродовж двох наступних тижнів. При тривалій відсутності здобувача на заняттях з поважної причини встановлюється індивідуальний графік відпрацювання пропусків, але не пізніше початку екзаменаційної сесії.

Здобувач, який повністю виконав програму навчальної дисципліни і отримав достатню рейтингову оцінку (не менше 35 балів), допускається до підсумкового контролю з дисципліни.

2. Підсумковий контроль.

Підсумковим контролем є диференційований залік. Здійснюється відповідно до вимог «Положення про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка».

17. Методичне забезпечення

1. Боряк Б. Р. Методичні рекомендації для виконання практичних робіт з дисципліни «Системи зв'язку безпілотних комплексів» для здобувачів освіти спеціальності G5 «Електроніка, електронні комунікації, приладобудування та радіотехніка», третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти / Укладач Боряк Б.Р. Національного університету «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка», Полтава, 2026. – 16 с.

18. Рекомендована література

Базова

1. ArduPilot Development Team. ArduPilot Documentation [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: https://ardupilot.org/
2. Betaflight Developers. Betaflight Documentation [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: https://betaflight.com/docs/wiki/getting-started
3. ExpressLRS Development Team. ExpressLRS Official Documentation [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: https://www.expresslrs.org/
4. Team BlackSheep. Crossfire (CRSF) Protocol Documentation [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: https://www.team-blacksheep.com/
5. MAVLink Development Team. MAVLink Developer Guide [Електронний ресурс]. – 2025. – Режим доступу: https://mavlink.io/en/
6. Goldsmith A. Wireless Communications. – Cambridge : Cambridge University Press, 2005. – Режим доступу: https://web.stanford.edu/~dntse/Chapters_PDF/Fundamentals_Wireless_Communication_chapter2.pdf
7. Rappaport T. S. Wireless Communications: Principles and Practice. – 2nd ed. – New Jersey: Prentice Hall, 2002.
8. Bikchentayev M. Integration of SDR into UAV systems / M. Bikchentayev, B. Boriak // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2025. – № 2 (80). – С. 235–238. – https://doi.org/10.26906/SUNZ.2025.2.235
9. Boriak B.R. Features of the development and implementation of a ground robotic complex motion control system / B.R. Boriak, A.S. Yanko, O.I. Laktionov // Електротехнічні та інформаційні системи. – 2025. – № 107. – С. 45–52. – https://doi.org/10.32782/EIS/2025-107-7

Допоміжна

1. 3GPP. 5G System Overview [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.3gpp.org/technologies/5g-system-overview
2. LoRa Alliance. LoRaWAN Specification [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://lora-alliance.org/resource_hub/lorawan-specification/
3. IEEE. IEEE Xplore Digital Library [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ieeexplore.ieee.org/.
4. UAV Communications for 5G and Beyond [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119575795
5. Betaflight Developers. Blackbox Logging Guide [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://betaflight.com/docs/wiki/guides/current/Black-Box-logging-and-usage

19. Інтернет ресурси

1. Сторінка курсу на платформі Moodle: https://dist.nupp.edu.ua/course/view.php?id=8085

2. TinySA Ultra Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://tinysa.org/wiki/
3. NanoVNA Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://nanovna.com/
4. Mission Planner Documentation [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://ardupilot.org/planner/
5. RF Wireless World. Wireless Tutorials and Calculators [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://www.rfwireless-world.com/