

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра ґрунтознавства та землеробства



ЗАТВЕРДЖУЮ

В. о. декана агрономічного
факультету

Світлана СТОЦЬКА
01.09 2026

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ
«Використання БПЛА в агровиробництві»

Рівень вищої освіти: другий (магістерський)

Галузь знань: Н Сільське, лісове, рибне господарство та
ветеринарна медицина

Спеціальність: Н1 Агрономія

Освітня програма: Точне землеробство

Житомир - 2026



Розробник: Кравчук Микола Миколайович, кандидат сільськогосподарських наук, доцент, доцент кафедри ґрунтознавства та землеробства Поліського національного університету.

Інформація про викладача

Викладач (-і)	Кравчук Микола Миколайович
Профайл викладача (-ів)	Лінк на сторінку кафедри на сайті університету: https://polissiauniver.edu.ua/кравчук-микола-миколайович/
Контактна інформація	mykola.kravchuk@polissiauniver.edu.ua
Сторінка курсу в Moodle	Платформа Moodle Поліського національного університету: http://m.polissiauniver.edu.ua/course/view.php?id=1353
Консультації	Очні та онлайн консультація через Skype, Zoom, Viber щосереди з 14.00 до 17.00

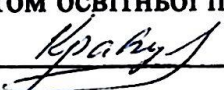
Робоча програма навчальної дисципліни «Використання БПЛА в агровиробництві» затверджена на засіданні кафедри ґрунтознавства та землеробства.

Протокол від “28” серпня 2026 р. № 3

Завідувач кафедри

ґрунтознавства та землеробства  Сергій ЖУРАВЕЛЬ

Погоджено із гарантом освітньої програми «Точне землеробство»

 Микола КРАВЧУК

Схвалено навчально-методичною комісією (НМК) агрономічного факультету

Протокол від “31” серпня 2026р. № 2

Голова НМК

 Микола КРАВЧУК

1. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, освітній ступінь	Характеристика навчальної дисципліни денна форма	Характеристика навчальної дисципліни заочна форма
Загальна кількість кредитів - 3	Галузь знань Н «Аграрні науки та продовольство»	Обов'язкова	-
годин - 90	Спеціальність Н1 «Агрономія»	Рік підготовки: 2-й	-
змістових модулів - 2	Рівень вищої освіти: другий (магістерський)	Семестр: 3-й	-
		Лекції: 10 год.	-
		Практичні: 14 год.	-
		Лабораторні: -	-
		Самостійна робота: 66 год.	-
		Форма підсумкового контролю: екзамен	-

2. Мета та завдання навчальної дисципліни

Мета: сформувати у здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти здатність планувати, безпечно організовувати, обґрунтовувати та критично оцінювати застосування безпілотних літальних апаратів і безпілотних авіаційних систем в агровиробництві для отримання просторових даних, агрономічного моніторингу та виконання технологічних операцій, забезпечуючи відповідність агрономічній задачі, якість і простежуваність даних, нормативну відповідність, польову валідацію та інтеграцію результатів у системи точного землеробства.

Завдання:

- розуміти місце БПЛА та БАС у циклі доказового агрономічного рішення, розрізняти платформи спостереження і платформи виконання технологічних операцій;
- обирати тип платформи, конфігурацію БАС, сенсор і корисне навантаження відповідно до агрономічної задачі, площі, строків, потрібної деталізації, умов застосування та ресурсних обмежень;
- планувати місію БПЛА з урахуванням цільового інформаційного продукту, GSD, покриття, маршруту, позиціонування, налаштування системи, енергетичних, погодних та операційних умов;
- застосовувати ризик-орієнтовану логіку GO / MODIFY / DELAY / NO-GO, виконувати передпольотний контроль технічної готовності та проводити актуальну нормативну і повітряно-просторову перевірку перед реальною місією;
- оцінювати якість аероданих за критеріями придатності до подальшого аналізу, документувати метадані та формулювати рішення ACCEPT / LIMIT / REJECT;
- інтерпретувати RGB- і мультиспектральні продукти без підміни індикатора агрономічним діагнозом, формувати альтернативні гіпотези та проектувати польову валідацію просторових аномалій;



- обґрунтовувати застосування агродронів для обприскування та інших технологічних операцій з урахуванням параметрів внесення, ризику знесення, безпеки, карти-завдання та даних фактичного виконання;
- оцінювати інтеграцію БПЛА у ГІС та FMIS господарства, повну вартість володіння (ТСО), коефіцієнт використання, екологічні й організаційні ефекти та обмеження впровадження.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів таких компетентностей:

а) інтегральної: Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми у сфері агрономії під час здійснення професійної діяльності або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

б) загальних (ЗК): ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу, синтезу

в) спеціальних/фахових (СК/ФК):

- СК3. Здатність створювати нові технології та застосовувати сучасні технології агрономії, враховуючи їх особливості та користуючись передовим досвідом їх впровадження, розробляти наукові основи технологій вирощування сільськогосподарських культур.
- СК4. Здатність оцінювати придатність земель для вирощування сільськогосподарських культур з урахуванням вимог щодо забезпечення кількості та якості продукції.
- СК6. Здатність презентувати результати професійної та наукової діяльності фахівцям і нефахівцям.
- СК9. Здатність інтегрувати цифрові технології та просторові дані в агрономічну практику для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо диференційованого ведення землеробства.

Програмні результати навчання (ПРН):

- ПРН3. Розробляти і реалізовувати економічно значущі виробничі і дослідницькі проекти в сфері агрономії з урахуванням наявних ресурсів та обмежень, технічних, соціальних, правових та екологічних аспектів.
- ПРН8. Управляти робочими процесами, які є складними, непередбачуваними, приймати ефективні рішення, оцінювати та порівнювати альтернативи, аналізувати ризики.
- ПРН14. Здійснювати збір, обробку та аналіз просторових, картографічних і польових даних; інтерпретувати результати моніторингу для агрономічного планування.
- ПРН15. Впроваджувати системи точного землеробства в господарстві; працювати з програмним забезпеченням для управління сільськогосподарськими процесами; здійснювати агрономічну оцінку ефективності технологій.

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач вищої освіти повинен знати:



- функціональне місце БПЛА та БАС у точному землеробстві, відмінність між платформами спостереження і платформами виконання технологічних операцій;
- класифікацію БПЛА за схемою польоту та призначенням; базову архітектуру БАС і функції силової установки, автопілота, IMU, GNSS/RTK/PPK, каналу керування і телеметрії, наземної станції, аварійних алгоритмів та корисного навантаження; принципи вибору RGB-, мультиспектральних і теплових сенсорів за відповідністю конкретній задачі;
- базові закономірності польоту, важливі для агрономічної експлуатації, та взаємозв'язок висоти, GSD, перекриття, швидкості, маршруту, освітлення, погоди, позиціонування GNSS/RTK/PPK, енергетичного ресурсу і якості кінцевого продукту;
- логіку актуальної нормативної, повітряно-просторової та безпекової перевірки перед реальною місією, передпольотного контролю і ризик-орієнтованого рішення GO / MODIFY / DELAY / NO-GO;
- критерії QA/QC аероданих, роль метаданих, журналів польоту, калібрування, геометричної та радіометричної узгодженості і простежуваності даних;
- основи фотограмметричного опрацювання і формування ортомозаїк, карт відбиття та індексних продуктів, а також обмеження інтерпретації NDVI, NDRE, GNDVI;
- принципи польової валідації та розмежування вимірювання, спостереження, індикатора, гіпотези, діагнозу і управлінського рішення;
- технологічні та організаційні засади застосування агродронів для обприскування та внесення, інтеграції карт-завдань і FMIS, використання даних фактичного виконання, а також підходи до оцінювання TCO, продуктивності, ризиків та ефективності.

ВМІТИ:

- формулювати агрономічне питання і визначати, чи є БПЛА доцільним джерелом даних або засобом виконання операції порівняно з альтернативами;
- обирати платформу, конфігурацію БАС, сенсор або корисне навантаження та мінімальні вимоги до даних для конкретного виробничого сценарію;
- складати план місії з параметрами знімання або технологічної операції, маршрутом, критеріями приймання результату, перевірками технічної готовності, ролями команди і резервним сценарієм;
- аргументовано ухвалювати рішення GO / MODIFY / DELAY / NO-GO з урахуванням технічного стану, ризику, погоди, нормативної відповідності та ресурсів;
- проводити QA/QC наданого набору даних БПЛА і формулювати рішення АСЦЕРТ / LIMIT / REJECT із зазначенням причин та обмежень подальшого використання;
- інтерпретувати RGB- і мультиспектральні карти, формувати альтернативні агрономічні гіпотези та план цільової польової валідації;
- будувати доказовий ланцюг від спостереження і польової перевірки до рішення, карти-завдання, виконання технологічної операції, фіксації фактичного виконання та післяопераційного моніторингу;



- порівнювати власну БПЛА-систему, сервісну модель і альтернативні джерела даних/виконання за вартістю, оперативністю, ризиком та відповідністю виробничій задачі.

Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі вищої освіти зможуть додатково розвинути такі універсальні професійні навички (soft skills):

- критичне та системне мислення, робота з невизначеністю і неповними даними;
- цифрова грамотність, культура даних, простежуваність і відповідальність за якість доказів;
- командна взаємодія, вступний і підсумковий інструктаж, розподіл ролей та професійна комунікація;
- ризик-орієнтоване прийняття рішень і відповідальність за безпеку;
- академічна доброчесність і відповідальне використання генеративного штучного інтелекту.

Пререквізити: результати навчання, сформовані у попередніх семестрах ОПП «Точне землеробство», передусім під час вивчення освітніх компонент «Технології точного землеробства», «Технічне забезпечення точного землеробства», «Геоінформаційні технології», «Просторова неоднорідність ґрунтового покриву», «Сучасні технології у рослинництві», «Картографічне забезпечення при дослідженні агроландшафтів», «Диференційоване внесення добрив» та «Інтегрований захист рослин в системі точного землеробства». Здобувач має володіти базовими навичками роботи з просторовими даними, картами, GNSS/GIS, знати основи технологій вирощування культур і принципи диференційованого управління. Безпосередній структурно-логічний зв'язок ОК13 з попередніми компонентами визначається ОПП та навчальним планом.

Постреквізити: сформовані результати використовуються під час підготовки та захисту кваліфікаційної роботи, у професійній діяльності агронома та під час інтегрованого застосування БПЛА, GIS/FMIS, просторового моніторингу, диференційованого виконання технологічних операцій і оцінювання ефективності технологій точного землеробства.

3. Програма навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. БПЛА як платформа агрономічного спостереження: від задачі до прийнятого набору даних

Тема 1. БПЛА в агровиробництві: від агрономічної задачі до вибору платформи і сенсора.

Місце БПЛА та БАС у цифровому контурі точного землеробства. Платформи спостереження та технологічні платформи. Класифікація за схемою польоту: мультироторні, літакові та VTOL-системи, їх експлуатаційні переваги й обмеження. Базова архітектура БАС: повітряна платформа, силова установка та енергоживлення, автопілот, IMU, GNSS/RTK/PPK, канали керування і телеметрії, наземна станція, аварійні алгоритми, корисне навантаження. Основи аеродинаміки і фізики польоту в обсязі, необхідному для вибору платформи та безпечної агрономічної експлуатації. RGB-, мультиспектральні і теплові сенсори. Вибір рішення за площею, терміновістю, деталізацією, повторюваністю, бюджетом і доступністю альтернативних джерел даних.



Аеродані розглядаються як джерело спостережень та індикаторів, а не як автоматичний агрономічний діагноз.

Тема 2. Планування місії БПЛА, операційна безпека та нормативна відповідність.

Планування місії починається з агрономічної мети та визначення потрібного інформаційного продукту. На цій основі обґрунтовують параметри місії, роботу наземної станції керування (GCS), висоту, GSD, перекриття, швидкість, маршрут, GNSS/RTK/PPK, погодні й освітлювальні умови та енергетичний ресурс. Перед польотом перевіряють технічний стан, версію вбудованого ПЗ, калібрування за потреби, акумулятори, корисне навантаження, канали керування і телеметрії, home/RTH та аварійні алгоритми. Передпольотний аудит охоплює також повітряний простір, людей та об'єкти в зоні виконання робіт, ролі команди і резервний сценарій. Рішення GO / MODIFY / DELAY / NO-GO приймають на підставі сукупності технічних, погодних, нормативних і безпекових чинників. Дисципліна не передбачає сертифікації зовнішнього пілота.

Тема 3. Отримання аероданих та контроль їх якості (QA/QC).

Калібрування і контроль умов знімання. Метадані, журнали польоту, повнота покриття, різкість, експозиція, пропуски, геометрична й радіометрична узгодженість. Первинний контроль набору даних та рішення ACCEPT / LIMIT / REJECT. Простежуваність даних від плану місії до кінцевого інформаційного продукту; документування відхилень, повторний виліт як кероване рішення, а не автоматична дія.

Змістовий модуль 2. Від аероданих до агрономічної дії

Тема 4. Опрацювання аероданих, мультиспектральна інтерпретація та польова валідація.

Опрацювання аероданих розглядається як послідовність від сирих знімків до фотограмметричного продукту, ортомозаїки або карти відбиття, індексного продукту та подальшого аналізу в ГІС. Обов'язково враховують систему координат, метадані, версії програмного забезпечення, походження і простежуваність даних. Для NDVI, NDRE та GNDVI аналізують вплив фенології, ґрунтового фону, насичення сигналу, освітлення і калібрування. Просторову аномалію трактують як підставу для формування альтернативних гіпотез і цільової польової валідації. Перехід до управлінського рішення можливий лише після перевірки достатності доказів.

Тема 5. Агродрони та інтеграція БПЛА у цифровий контур господарства.

Застосування агродронів для обприскування та інших технологічних операцій оцінюють за робочою витратою, висотою і швидкістю польоту, параметрами розпилення та спектром крапель, покриттям, ризиком знесення, продуктивністю, логістикою, погодними і безпековими обмеженнями. Диференційоване або локальне застосування допускається лише за достатньої доказової бази та з урахуванням чинних вимог до препарату або матеріалу. Розглядається інтеграція автопілота і GCS з фотограмметричним опрацюванням, ГІС, FMIS, картою-завданням, фактичним виконанням та післяопераційним моніторингом. Економічне обґрунтування включає ТСО, коефіцієнт

використання системи, вибір між власною технікою і сервісною моделлю та документування ефективності.

4. Структура навчальної дисципліни

Назва теми	Кількість годин									
	Денна форма					Заочна форма				
	Усього	лекції	практ.	лаб.	сам.р.	Усього	лекції	практ.	лаб.	сам.р.
Змістовий модуль 1. БПЛА як платформа агрономічного спостереження: від задачі до прийнятого набору даних										
Тема 1. БПЛА в агровиробництві: від агрономічної задачі до вибору платформи і сенсора	14	2	2	0	10	-	-	-	-	-
Тема 2. Планування місії БПЛА, операційна безпека та нормативна відповідність	20	2	4	0	14	-	-	-	-	-
Тема 3. Отримання аероданих та контроль їх якості (QA/QC)	14	2	2	0	10	-	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 1	48	6	8	0	34	-	-	-	-	-
Змістовий модуль 2. Від аероданих до агрономічної дії										
Тема 4. Опрацювання аероданих, мультиспектральна інтерпретація та польова валідація	22	2	4	0	16	-	-	-	-	-
Тема 5. Агродрони та інтеграція БПЛА у цифровий контур господарства	20	2	2	0	16	-	-	-	-	-
Разом за змістовим модулем 2	42	4	6	0	32	-	-	-	-	-
Усього годин	90	10	14	0	66	-	-	-	-	-

5. Теми практичних занять

Назва теми / зміст і очікуваний продукт	Кількість годин денна форма	Кількість годин заочна форма
Практичне заняття 1. Вибір БПЛА-рішення під агрономічну задачу. Порівняння БПЛА, супутникових і наземних джерел; вибір схеми польоту, конфігурації БАС, сенсора/корисного навантаження з урахуванням площі, строків, деталізації та ресурсів. Результат: матриця вибору «задача - джерело - платформа - сенсор - обмеження - критерій вибору».	2	-
Практичне заняття 2. Планування БПЛА-місії. Розрахунок і взаємоузгодження GSD, висоти, перекриття, покриття, маршруту, часу, позиціонування та енергетичного ресурсу. Результат: план місії з параметрами польоту та критеріями приймання результату.	2	-



Назва теми / зміст і очікуваний продукт	Кількість годин денна форма	Кількість годин заочна форма
Практичне заняття 3. Передпольотний аудит і рішення GO / MODIFY / DELAY / NO-GO. Перевірка конфігурації, калібрування за потреби, акумуляторів, корисного навантаження, C2/телеметрії, точки повернення, RTH та аварійних алгоритмів; аналіз погоди, ділянки, повітряного простору, людей/об'єктів, ролей команди й резервного сценарію. Результат: документований контрольний лист передпольотної перевірки та аргументоване рішення.	2	-
Практичне заняття 4. QA/QC набору аероданих. Аналіз журналу польоту, метаданих і тестового набору зображень/продуктів; виявлення пропусків, нерізкості, помилок експозиції, геометричних/радіометричних проблем. Результат: звіт з контролю якості з рішенням ACCEPT / LIMIT / REJECT і переліком обмежень.	2	-
Практичне заняття 5. Інтерпретація RGB- та мультиспектральних продуктів. Аналіз ортомозаїки, NDVI/NDRE/GNDVI, визначення просторових патернів, альтернативних пояснень і меж висновку. Результат: аналітична записка «спостереження - гіпотези - чинники впливу - необхідні польові перевірки».	2	-
Практичне заняття 6. Проєктування польової валідації просторової аномалії. Вибір точок/трансект, польових спостережень, вимірювань і критеріїв рішення. Результат: карта-схема та контрольний лист валідації та узгоджений план польової перевірки.	2	-
Практичне заняття 7. Від моніторингу до технологічної операції. Побудова інтегрованого кейсу: спостереження, валідація, формування управлінської зони або карти-завдання, визначення параметрів агродрона чи альтернативної машини, виконання, фіксація фактичного виконання, післяопераційний моніторинг і попередня техніко-економічна оцінка. Результат: професійно обґрунтований пакет рішення.	2	-
Всього	14	-

6. Самостійна робота

Самостійна робота побудована як система конкретних професійних продуктів. Результати окремих завдань входять до навчального портфоліо та можуть використовуватися під час практичних занять і підготовки інтегрованого кейсу.

Назва теми та вид завдання / очікуваний продукт	Кількість годин денна форма	Кількість годин заочна форма
Тема 1. Порівняльна матриця для трьох агрономічних сценаріїв: супутник / БПЛА / наземний огляд; для БПЛА - вибір схеми польоту, базової конфігурації БАС і сенсора. Вихід: таблиця вибору з обґрунтуванням.	4	-



Назва теми та вид завдання / очікуваний продукт	Кількість годин денна форма	Кількість годин заочна форма
Тема 1. Аналітична записка «Коли БПЛА не додає достатньої цінності?». Вихід: 1-2 сторінки з критеріями відмови, обмеженнями та альтернативами.	6	-
Тема 2. Самостійне планування БПЛА-місії за заданим контуром поля і ціллю моніторингу. Вихід: план місії, критерії приймання даних та оцінка енергетичного ресурсу.	8	-
Тема 2. Короткий огляд актуальних нормативних і безпекових вимог. Перевірити на дату виконання чинні офіційні джерела щодо використання повітряного простору, локальні обмеження та сформулювати короткий контрольний лист нормативної та передпольотної перевірки.	6	-
Тема 3. Аудит якості навчального/архівного набору аероданих. Вихід: звіт з контролю якості з рішенням АССЕРТ / LIMIT / REJECT.	6	-
Тема 3. Паспорт набору даних і контрольний лист походження і простежуваності даних: джерело, дата/час, CRS, платформа, сенсор, калібрування, версія ПЗ, обмеження.	4	-
Тема 4. Схема фотограмметричного робочого процесу з позначенням точок потенційної втрати якості. Вихід: односторінкова схема + пояснення.	4	-
Тема 4. Інтерпретація вегетаційного індексу. Вихід: аналітична записка зі спостереженнями, гіпотезами, чинниками впливу, обмеженнями та необхідними польовими перевірками.	6	-
Тема 4. План цільової польової валідації для просторової аномалії. Вихід: карта/схема точок, перелік вимірювань і критерії прийняття рішення.	6	-
Тема 5. Технологічна картка застосування агродрона для умовного виробничого сценарію: мета, препарат/матеріал, параметри, метеообмеження, ризики, контроль покриття. Без підміни чинної етикетки препарату або офіційних вимог.	6	-
Тема 5. Порівняння ТСО/сервісної моделі. Вихід: сценарна таблиця «власний БПЛА - послуга - альтернативний засіб» з оцінкою коефіцієнта використання і чутливістю до площі/частоти робіт.	6	-
Тема 5. Коротка аналітична записка для керівника або агронома за інтегрованим кейсом. Вихід: 1 сторінка для керівника/агронома з доказами, невизначеністю, рекомендованою дією та способом перевірки результату.	4	-
Всього	66	-



7. Методи навчання

- проблемно-орієнтовані лекції, у яких професійне рішення розглядається послідовно: агрономічне питання, дані, перевірка, рішення, дія та оцінка результату;
- кейс-метод і сценарний аналіз професійних рішень на реальних або підготовлених виробничих ситуаціях;
- кероване планування БПЛА-місій, робота з картами, журналами польоту, метаданими та архівними наборами аероданих;
- демонстраційні та польові активності за наявності законної і безпечної можливості; якщо реальний політ неможливий, застосовують моделювання місії, записані демонстрації, архівні знімки та еквівалентні завдання на основі підготовлених наборів даних без зниження заявлених результатів навчання;
- практичний аналіз RGB- і мультиспектральних продуктів, QA/QC, проєктування польової валідації, побудова карт-завдань та порівняння технологічних альтернатив;
- короткі вступні та підсумкові обговорення, взаємооцінювання рішень і професійна аргументація;
- самостійна робота з навчальним посібником, науковими публікаціями, офіційною технічною документацією та нормативними джерелами;
- електронне навчання в Moodle; формувальне тестування та інтерактивні опитування використовуються як інструмент зворотного зв'язку, а не як заміна прикладних завдань.

Примітка щодо реальних польотів: їх проведення не є безумовною вимогою для завершення дисципліни. У період дії воєнного стану або за інших безпекових, повітряно-просторових, нормативних чи погодних обмежень застосовуються еквівалентні симуляційні активності та завдання на основі підготовлених наборів даних. Реальна місія можлива лише після актуальної перевірки чинних вимог, за наявності необхідних дозволів або погоджень і безпечних умов.

8. Форми контролю і методи оцінювання

Основними видами контролю є поточний, періодичний і підсумковий контроль. Оцінювання спрямоване не на факт відвідування занять, а на здатність здобувача планувати рішення із застосуванням БПЛА, контролювати ризики та якість даних, інтерпретувати просторові докази, проєктувати валідацію і обґрунтовувати агрономічну дію. Відвідування лекцій окремо не оцінюється.

Поточний контроль:

- виконання і короткий захист семи практичних робіт із вимірюваним професійним продуктом;
- оцінювання навчального портфоліо самостійної роботи та інтегрованого аналітичного кейсу;
- формувальні тести/опитування в Moodle або Mentimeter можуть використовуватися для зворотного зв'язку, але не підміняють прикладне оцінювання.

Періодичний контроль: дві контрольні роботи за змістовими модулями з концептуальними й сценарними завданнями.



Підсумковий контроль: екзамен, що перевіряє інтегроване професійне судження від постановки агрономічної задачі до вибору рішення із застосуванням БПЛА, контролю якості, інтерпретації, валідації, оцінювання безпеки, економічної доцільності та контролю результату.

Критерії оцінювання практичної роботи (0-5 балів):

Бал	Дескриптор
5	Результат технічно коректний, відповідає агрономічній задачі; ризики, QA/валідація, обмеження і невизначеність явно враховані; рішення аргументоване й професійно оформлене.
4	Рішення загалом коректне і придатне, але має окремі несуттєві прогалини у параметрах, доказах або описі обмежень.
3	Основна логіка правильна, проте наявні помітні неточності або недостатня аргументація; результат придатний після доопрацювання.
2	Виконано лише частину вимог; зв'язок між даними, ризиком, валідацією та рішенням слабкий; є суттєві помилки.
1	Фрагментарне виконання без цілісного професійного рішення; більшість ключових критеріїв не враховано.
0	Робота не подана або результат не демонструє заявленого результату навчання.

Під час оцінювання можуть визнаватися результати неформальної та/або інформальної освіти відповідно до чинних внутрішніх положень Поліського національного університету за умови документального підтвердження і відповідності заявленим результатам навчання цієї дисципліни.

9. Питання для підсумкового контролю

Банк містить 45 питань (50 % від загального обсягу 90 годин), що відповідає рекомендованому діапазону форми 2026 року. Питання орієнтовані на пояснення, порівняння, оцінювання ризику, QA/QC, сценарне рішення та інтеграцію доказів.

1. Поясніть місце БПЛА у циклі точного землеробства від агрономічного питання до оцінки результату управлінської дії.
2. Розмежуйте БПЛА спостереження і БПЛА дії. Наведіть виробничий приклад, у якому їх функції не можна підміняти одна одною.
3. За якими критеріями доцільно порівнювати БПЛА, супутникове спостереження і наземний огляд для конкретного агрономічного завдання?
4. Порівняйте мультироторну, літакову та VTOL-платформи для агромоніторингу з позицій базової аеродинаміки, енергоспоживання, тривалості місії, маневровості, площі покриття та логістики.
5. Поясніть функції ключових елементів БАС: автопілота, IMU, GNSS/RTK/PPK, каналу керування і телеметрії, GCS, аварійних алгоритмів та корисного



навантаження. Обґрунтуйте вибір RGB-, мультиспектрального або теплового сенсора для заданої виробничої проблеми.

6. Що означає принцип відповідності призначенню для даних БПЛА і чому «найдетальніші дані» не завжди є найкращим вибором?
7. Поясніть поняття GSD і проаналізуйте, як воно пов'язане з висотою польоту, об'єктом спостереження та обсягом даних.
8. Як перекриття знімків, швидкість і маршрут впливають на повноту та якість фотограмметричного продукту?
9. Порівняйте роль GNSS, RTK і PPK у геоприв'язуванні даних БПЛА та назвіть ситуації, де їх точність критична.
10. Які погодні та освітлювальні чинники необхідно врахувати під час планування знімальної місії?
11. Сформууйте логіку план місії: які поля і критерії він повинен містити до початку місії?
12. Поясніть, чому перед реальною місією БПЛА необхідна актуальна, а не «раз і назавжди» нормативна й повітряно-просторова перевірка.
13. Які групи ризиків слід оцінити перед польотом над/поблизу сільськогосподарської ділянки?
14. Розкрийте зміст рішень GO / MODIFY / DELAY / NO-GO та наведіть приклад для кожного.
15. Сценарій: агрономічна задача термінова, але умови знімання не забезпечують прийнятну якість. Яке рішення ви приймете і як його обґрунтуєте?
16. Сценарій: місія технічно можлива, але актуальна нормативна/безпекова перевірка не підтверджена. Які дії є професійно коректними?
17. Які метадані й журнали потрібні, щоб набір даних БПЛА залишався простежуваним і відтворюваним?
18. Назвіть ключові критерії QA/QC первинного набору знімків до початку складної аналітики.
19. Як blur, неправильна експозиція, пропуски покриття та різкі зміни освітлення можуть спотворити кінцевий продукт?
20. Чому калібрування сенсора і стабільність умов особливо важливі для мультиспектрального моніторингу?
21. Коли рішення ACCCEPT / LIMIT / REJECT є доцільнішим за спробу «виправити все постобробкою»?
22. Опишіть логіку переходу від сирих фото до orthomosaic, reflectance map та index map.
23. Які помилки можуть виникнути при невідповідності систем координат або неправильній інтеграції продукту БПЛА у GIS?
24. Що таке походження і простежуваність даних і як воно підтримує професійну відповідальність за агрономічне рішення?
25. Поясніть фізичний і агрономічний зміст NDVI та основні межі його інтерпретації.
26. У яких ситуаціях NDRE може бути інформативнішим за NDVI, і які застереження залишаються?



27. Яку додаткову інформацію може надати GNDVI і чому один індекс не повинен використовуватися як універсальний діагноз?
28. Проаналізуйте вплив фенології, ґрунтового фону, густоти покриття, насичення та освітлення на інтерпретацію індексів.
29. Чому просторовий «стресовий сигнал» не є тотожним причині стресу?
30. Побудуйте щонайменше три альтернативні гіпотези для локальної аномалії на мультиспектральній карті посіву.
31. Як спроектувати цільова польова валідація, щоб розрізнити конкуруючі пояснення просторової аномалії?
32. Які принципи вибору точок/трансект польової перевірки дозволяють уникнути упередженого підтвердження гіпотези?
33. Коли наявних даних БПЛА і польової перевірки недостатньо для переходу до карти-завдання?
34. Опишіть послідовність переходу від спостереження і валідації до формування управлінської зони або карти-завдання, виконання технологічної операції, фіксації фактичного виконання та контролю результату.
35. Які технологічні параметри агродрона критично впливають на якість обприскування/внесення?
36. Поясніть взаємозв'язок робочої рідини, швидкості, висоти, розміру краплі, покриття та ризику зносу.
37. Чому погодні умови для знімання і для обприскування оцінюються за різними професійними критеріями?
38. Порівняйте вимоги до даних і до безпеки для БПЛА моніторингу та для агродрона, що виконує технологічну операцію.
39. За яких умов variable-rate або spot treatment з використанням БПЛА є обґрунтованим, а коли це буде передчасним рішенням?
40. Яке значення мають дані фактичного виконання дані для контролю фактичного виконання технологічної операції?
41. Опишіть інтегрований цифровий процес, що поєднує автопілот і GCS, фотограмметричне опрацювання, ГІС та аналітику, FMIS, формування карти-завдання і виконання технологічної операції.
42. Які витрати повинні входити до ТСО системи БПЛА, крім ціни придбання?
43. Поясніть роль коефіцієнта використання системи в оцінюванні економічної ефективності власного БПЛА.
44. Порівняйте моделі «власний БПЛА», «контрактна послуга» та «альтернативне джерело даних/виконання» для господарства з різною площею і частотою робіт.
45. Інтегрований кейс: за заданою агрономічною проблемою сформулюйте повний рішення із застосуванням БПЛА-процес від постановки питання до післяопераційного моніторингу, вкажіть критерії якості, ризику, точки валідації, економічні припущення та умови відмови від рішення.

10. Розподіл балів, які отримують здобувачі вищої освіти

Вид навчальної діяльності / контролю	Максимум балів	Примітка
Практичні заняття 1-7	5	Оцінюється професійний продукт і короткий захист
Періодичний контроль за змістовим модулем 1	5	Сценарні та концептуальні завдання
Періодичний контроль за змістовим модулем 2	5	Сценарні та концептуальні завдання
Навчальне портфоліо / індивідуальний інтегрований кейс	5	
Підсумковий контроль (екзамен)	40	Концептуальні питання + прикладний сценарій
Усього	100	

Шкала оцінювання: 90-100 балів відповідає оцінці «Відмінно», 75-89 балів - «Добре», 60-74 бали - «Задовільно», менше 60 балів - «Незадовільно».

11. Політики дисципліни

Політика щодо відвідування: відвідування організовується відповідно до освітнього процесу університету. Лекції не оцінюються за фактом присутності. Пропущені практичні або обов'язкові навчальні активності мають бути виконані і, за потреби, захищені у погоджений термін.

Політика щодо дедлайнів: завдання подаються у строки, визначені календарем курсу та Moodle. За об'єктивних обставин, зокрема повітряної тривоги, відсутності електропостачання/зв'язку, хвороби або службової/наукової участі, строки можуть коригуватися за погодженням із викладачем.

Політика щодо комунікації із викладачем: основними каналами є консультації за графіком, корпоративна електронна пошта і засоби курсу в Moodle. У зверненні бажано зазначати тему, номер роботи та конкретне питання.

Академічна доброчесність: не допускаються плагіат, фабрикація, фальсифікація, списування, підміна результатів або вигадкування джерел. Дані, координати, flight logs, польові спостереження і результати вимірювань мають бути реальними або чітко позначеними як навчальні/симуляційні.

Використання генеративного ШІ: дозволяється як допоміжний інструмент для структурування, мовного редагування, формування варіантів checklist/схеми або пошукових напрямів. Здобувач зобов'язаний перевіряти факти і джерела, нести відповідальність за кінцевий результат і декларувати суттєве використання ШІ. Заборонено подавати згенеровані flight logs, польові вимірювання, координати, експериментальні дані або вигадані джерела як реальні.



Політика доопрацювання: робота, що не досягає мінімально прийнятного рівня або містить виправні технічні помилки, може бути повернута на доопрацювання у погоджений строк; повторне подання не скасовує вимог академічної доброчесності.

Безпека БПЛА-активностей: жодне навчальне завдання не вимагає польоту всупереч чинним правилам, обмеженням повітряного простору, умовам воєнного стану, погоді або локальним вимогам безпеки. Реальна місія виконується лише після актуальної нормативної/повітряно-просторової перевірки, технічного pre-flight контролю та підтвердження безпечних умов. За неможливості польоту застосовується еквівалентна симуляція або архівний набір даних.

12. Ключові терміни навчальної дисципліни

№	Термін	Відповідник англійською мовою
1	БПЛА	Unmanned Aerial Vehicle (UAV)
2	Безпілотна авіаційна система (БАС)	Unmanned Aircraft System (UAS)
3	Наземна станція керування	Ground Control Station (GCS)
4	Наземна роздільна здатність	Ground Sampling Distance (GSD)
5	RTK/PPK-позиціонування	Real-Time Kinematic / Post-Processed Kinematic
6	Контроль якості даних	Quality Assurance / Quality Control (QA/QC)
7	Ортофотоплан / ортомозаїка	Orthomosaic
8	Мультиспектральне знімання	Multispectral imaging
9	Польова валідація	Field validation
10	Карта-завдання	Prescription map

13. Рекомендована література

Основна

1. Методичні рекомендації для закладів вищої освіти з підготовки операторів безпілотних літальних апаратів для агропромислового виробництва. Методичні рекомендації для ЗВО з підготовки операторів агродронів: навчально-практичний посібник / за підтримки програми USAID з аграрного і сільського розвитку (АГРО). Київ: Хімонікс Інтернешнл, 2024. 186 с.
2. Присяжнюк О. І., Роїк М. В., Сінченко В. М., Черняк М. В. та ін. Цифрові технології в агрономії - від теорії до практики: монографія. Вінниця: ТВОРИ, 2024. 211 с.
3. Дрозд О. І., Присяжнюк О. І. Методика агрохімічних досліджень з основами дистанційного моніторингу та точного землеробства: навч.-метод. посіб. Київ: НААН, 2021. 148 с.
4. Безпілотні літальні апарати в точному землеробстві: навч. посібник / О. М. Безвесільна, О. А. Ткачук, В. В. Ткаченко та ін. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2026. 242 с.
5. Танчик Ю. В., Цюк О. А., Бачинський В. В. Ресурсоощадні технології обробітку ґрунту в рослинництві: навчальний посібник. Київ: ЦУЛ, 2022. 184 с.

6. Fedoniuk T. P., Pyvovar P. V., Topolnytskyi P. P. et al. Utilizing Remote Sensing Data to Ascertain Weed Infestation Levels in Maize Fields. *Agriculture*. 2025. Vol. 15(7). Art. 711. DOI: <https://doi.org/10.3390/agriculture15070711>.
7. Zhuravel S., Kravchuk M., Razumna K., Kyianychnenko M. Development of a drone-based sowing technology for oilseed radish as a green manure crop. *Scientific Horizons*. 2025. Vol. 28(11). P. 58-66. DOI: <https://doi.org/10.48077/scihor11.2025.58>.
8. Андреев С. М., Жилін В. А. Навігаційні системи авіаційних носіїв апаратури дистанційного зондування Землі: навч. посіб. Харків: ХАІ, 2019. 87 с. ISBN 978-966-662-676-2.
9. Бобков Ю. В., Шевчук А. А. Система технічного зору квадрокоптера для точного землеробства. *Механіка гіроскопічних систем*. 2021. Вип. 42. С. 80-91. DOI: <https://doi.org/10.20535/0203-3771422021268468>.
10. Пасічник Н. А., Лисенко В. П., Опришко О. О. Використання безпілотних літальних апаратів для оцінки технологічних стресових станів озимої пшениці. *Збалансоване природокористування*. 2020. № 1. С. 87-93. DOI: <https://doi.org/10.33730/2310-4678.1.2020.203933>.
11. Пасічник Н. А., Лисенко В. П., Опришко О. О. Методичні підходи до ідентифікації рослин в оптичному діапазоні за моніторингу з використанням безпілотного літального апарату. *Агрохімія і ґрунтознавство*. 2020. Вип. 89. С. 90-97. DOI: <https://doi.org/10.31073/acss89-10>.
12. Maes W. H., Steppe K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. *Trends in Plant Science*. 2019. Vol. 24(2). P. 152-164. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2018.11.007>.
13. Phang S. K., Chiang T. H. A., Happonen A., Chang M. M. L. From satellite to UAV-based remote sensing: A review on precision agriculture. *IEEE Access*. 2023. Vol. 11. P. 127057–127076. DOI: <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2023.3330886>.
14. Guebsi R., Mami S., Chokmani K. Drones in Precision Agriculture: A Comprehensive Review of Applications, Technologies, and Challenges. *Drones*. 2024. Vol. 8(11). Art. 686. DOI: <https://doi.org/10.3390/drones8110686>.
15. Rejeb A., Abdollahi A., Rejeb K., Treiblmaier H. Drones in agriculture: A review and bibliometric analysis. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2022. Vol. 198. Art. 107017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2022.107017>.
16. Berger K., Machwitz M., Kycko M. et al. Multi-sensor spectral synergies for crop stress detection and monitoring in the optical domain: A review. *Remote Sensing of Environment*. 2022. Vol. 280. Art. 113198. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2022.113198>.
17. Papadopoulos G., Arduini S., Uyar H. et al. Economic and environmental benefits of digital agricultural technologies in crop production: A review. *Smart Agricultural Technology*. 2024. Vol. 8. Art. 100441. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100441>.
18. Javaid M., Haleem A., Singh R. P., Suman R. Application of precision agriculture technologies for crop protection and soil health : A systematic review. *Smart Agricultural Technology*. 2025. Vol. 11. Article 100501. DOI: [doi.org](https://doi.org/10.1016/j.atech.2025.100501).

Допоміжна література

1. Ачасов А. Б., Ачасова А. О. Безпілотні літальні апарати як інструмент сучасного землеробства та охорони ґрунтів. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Екологія*. 2016. Вип. 15. С. 15-20.
2. Ачасов А. Б., Ачасова А. О., Тітенко Г. В., Селіверстов О. Ю., Сєдов А. О. Щодо використання БПЛА для оцінки стану посівів. *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: Екологія*. 2015. Вип. 13. С. 13-18.
3. Ачасов А. Б., Сєдов А. О., Ачасова А. О. Методичні основи використання БПЛА для контролю забур'яненості посівів. *Людина та довкілля. Проблеми неоекології*. 2018. № 1-2 (29). DOI: <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2018-29-02>.
4. Бурштинська Х. В., Станкевич С. А. Аерокосмічні знімальні системи : підручник. Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2013. 315 с.
5. Колобродов В. Г., Кравченко І. В., Микитенко В. І. Розроблення та контроль автоматизованих оптико-електронних систем дистанційного зондування Землі: монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського; Інтерсервіс, 2021. 170 с.
6. Тягур В. М., Колобродов В. Г., Микитенко В. І. Комп'ютерно-інтегровані оптико-електронні системи дистанційного зондування Землі: монографія. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. 176 с.
7. Lottering R., Peerbhay K., Adelabu S. Remote Sensing Applications in Agricultural, Earth and Environmental Sciences. *Applied Sciences*. 2025. Vol. 15(8). Art. 4537. DOI: <https://doi.org/10.3390/app15084537>.
8. Weiss M., Jacob F., Duveiller G. Remote sensing for agricultural applications: A meta-review. *Remote Sensing of Environment*. 2020. Vol. 236. Art. 111402. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rse.2019.111402>.
9. Finger R., Swinton S. M., El Benni N., Walter A. Precision farming at the nexus of agricultural production and the environment. *Annual Review of Resource Economics*. 2019. Vol. 11. P. 313-335. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-resource-100518-093929>.
10. Balafoutis A. T., Beck B., Fountas S. et al. Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics. *Sustainability*. 2017. Vol. 9(8). Art. 1339. DOI: <https://doi.org/10.3390/su9081339>.
11. Wu B., Zhang M., Zeng H. et al. Challenges and opportunities in remote sensing-based crop monitoring: A review. *National Science Review*. 2023. Vol. 10(4). nwac290. DOI: <https://doi.org/10.1093/nsr/nwac290>.
12. Ruder S.-L., Faxon H. O., Orzel E. C., Devkota R., Bronson K. Reviewing the evidence on precision agriculture and environmental sustainability. *npj Sustainable Agriculture*. 2026. Vol. 4. Art. 9. DOI: <https://doi.org/10.1038/s44264-026-00128-x>.
13. Tahir M. N., Lan Y., Zhang Y. et al. Application of unmanned aerial vehicles in precision agriculture. *Precision Agriculture: Evolution, Insights and Emerging Trends*. Academic Press, 2023. P. 55–70. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-18953-1.00001-5>.



Примітка. Нормативні, програмні й технічні матеріали використовуються в актуальній редакції або версії на дату виконання навчального завдання. Параметри виробників і сервісних компаній розглядаються як технічні характеристики конкретних систем, а не як універсальні агрономічні нормативи.

14. Електронні інформаційні ресурси

1. Верховна Рада України. Повітряний кодекс України : Кодекс України від 19.05.2011 № 3393-VI (чинна редакція). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/3393-17>
2. Кабінет Міністрів України. Про затвердження Положення про використання повітряного простору України : постанова від 06.12.2017 № 954 (чинна редакція). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/954-2017-%D0%BF>
3. Державіаслужба України, Міністерство оборони України. Авіаційні правила України «Правила використання повітряного простору України»: наказ від 11.05.2018 № 430/210. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/z1056-18>
4. Державна авіаційна служба України. Офіційний портал і матеріали щодо безпілотних повітряних суден. URL: <https://avia.gov.ua/> (перед реальною місією перевіряти актуальні повідомлення та обмеження).
5. European Commission. Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft systems. EUR-Lex (актуальна консолідована редакція). URL: https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2019/947/oj
6. European Union Aviation Safety Agency (EASA). Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems. Revision from June 2026. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/document-library/easy-access-rules/easy-access-rules-unmanned-aircraft-systems>
7. European Union Aviation Safety Agency (EASA). Civil Drones: regulatory framework and guidance. URL: <https://www.easa.europa.eu/en/domains/civil-drones>
8. QGIS Documentation. URL: <https://docs.qgis.org/>
9. Copernicus Data Space Ecosystem. URL: <https://dataspace.copernicus.eu/>
10. Moodle Поліського національного університету. URL: <https://m.polissiauniver.edu.ua/>
11. DJI Agriculture та офіційна технічна документація до платформи, що використовується в навчальній демонстрації. URL: <https://ag.dji.com/> (технічні характеристики перевіряти за актуальною документацією виробника; маркетингові показники не трактувати як універсальні агрономічні нормативи).