

	СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ «СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ БЕЗПІЛОТНОЮ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЮ ТЕХНІКОЮ» Рівень вищої освіти: <u>Другий (магістерський)</u> Спеціальність: <u>G11 Машинобудування</u> Рік навчання: <u>2-й, семестр 3-й</u> Кількість кредитів ECTS: <u>4 кредити</u> Назва кафедри: <u>Агроінженерії та технічного сервісу</u> Мова викладання: <u>українська</u>
Лектор курсу	к.т.н., доц. Холодюк Олександр Володимирович
Контактна інформація лектора (e-mail)	holodyk@vsau.vin.ua

ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Система управління безпілотною сільськогосподарською технікою» є вибірковою компонентою ОПП.

Загальний обсяг дисципліни 120 год.: лекції - 16 год.; практичні заняття - 14 год., самостійна робота - 90 год.

Формат проведення: лекції, практичні заняття, семінарські заняття, консультації. Підсумковий контроль – залік.

Призначення навчальної дисципліни

Освітня компонента «Система управління безпілотною сільськогосподарською технікою» спрямована на формування у здобувачів здатності аналізувати, проєктувати та застосовувати системи навігації, автоматичного і автономного керування мобільними сільськогосподарськими машинами. Дисципліна забезпечує набуття знань і практичних навичок щодо використання GNSS/RTK, інерціальних і візуальних сенсорів, систем локалізації та орієнтації, алгоритмів планування траєкторій і керування рухом, засобів дистанційного моніторингу та геоінформаційних технологій. Особлива увага приділяється інтеграції безпілотної техніки з технологіями точного землеробства, картографуванням урожайності, диференційованим внесенням матеріалів, цифровими картами полів та сучасними системами підтримки прийняття рішень.

Мета вивчення навчальної дисципліни

Мета навчальної дисципліни – сформувати у майбутніх магістрів систему теоретичних знань і практичних умінь щодо побудови, налаштування, моделювання та експлуатації систем управління безпілотною

сільськогосподарською технікою. Опанування дисципліни має забезпечити здатність обґрунтовувати структуру навігаційного комплексу, вибирати засоби позиціонування і сенсори, формувати траєкторії руху, аналізувати точність і стійкість керування, використовувати дані дистанційного зондування та картографування для реалізації технологій точного і диференційованого землеробства.

Завдання вивчення навчальної дисципліни

Сформувати знання щодо структури й принципів функціонування безпілотних польових машин; опанувати основи GNSS, RTK та інших систем високоточного позиціонування; навчити формувати і контролювати траєкторії руху мобільних агрегатів; ознайомити з принципами побудови навігаційних комплексів, сенсорного злиття, одометрії та систем виявлення перешкод; сформувати навички моделювання процесів навігації й керування, використання геоінформаційних систем і матеріалів дистанційного зондування; навчити створювати карти завдань, урожайності та диференційованого внесення, оцінювати ефективність, безпечність і перспективи впровадження автономної сільськогосподарської техніки.

ПЕРЕЛІК КОМПЕТЕНТНОСТЕЙ, ЯКИХ НАБУВАЄ ЗДОБУВАЧ ПРИ ВИВЧЕННІ ДИСЦИПЛІНИ ВІДПОВІДНО ДО ОСВІТНЬОЇ ПРОГРАМИ

У результаті вивчення навчальної дисципліни здобувач повинен сформувати такі програмні компетентності:

Інтегральну компетентність (ІК):

ІК. Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми галузевого машинобудування, що передбачають дослідження та/або здійснення інновацій та характеризуються невизначеністю умов та вимог.

Загальні компетентності (ЗК):

ЗК 1. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК 6. Здатність генерувати нові ідеї (креативність).

ЗК 7. Здатність виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (СК):

СК 1. Здатність створювати, удосконалювати та застосовувати кількісні математичні, наукові й технічні методи та комп'ютерні програмні засоби, застосовувати системний підхід для розв'язування інженерних задач галузевого машинобудування, зокрема, в умовах технічної невизначеності.

СК 3. Здатність створювати нові техніку і технології в галузі механічної інженерії.

СК 6*. Здатність інтегрувати технологічні процеси рослинництва і тваринництва з машинно-технічними системами, забезпечувати їх адаптацію до умов конкретного аграрного виробництва з урахуванням регіональних, ресурсних, виробничих та нормативно-правових обмежень.

Програмні результати навчання

РН 4. Здійснювати інженерні розрахунки для вирішення складних задач і практичних проблем у галузевому машинобудуванні.

РН 5. Аналізувати інженерні об'єкти, процеси та методи.

РН 8*. Проектувати та оптимізувати технологічні процеси рослинництва і тваринництва з урахуванням конкретних виробничих умов, забезпечувати ефективну інтеграцію машинно-технічних систем у структуру аграрного підприємства.

Вивчення даної дисципліни формує у здобувачів освіти соціальні навички (softskills): комунікативність, робота в команді, критичне та системне мислення, креативність, здатність працювати з цифровими картами і просторовими даними, аргументувати вибір алгоритмів і технічних засобів, оцінювати ризики та презентувати результати інженерного проектування.

ПЛАН ВИВЧЕННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Теми лекційних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Атестація 1			
1.	Тема 1. Безпілотна сільськогосподарська техніка: архітектура, рівні автономності, сфери застосування та вимоги безпеки.	2	
2.	Тема 2. Глобальні навігаційні супутникові системи GNSS. RTK, PPP, EGNOS/Galileo HAS та джерела коригувальної інформації.	2	2
3.	Тема 3. Управління рухом безпілотної польової машини. Кінематичні моделі, планування траєкторії та алгоритми стеження за маршрутом.	2	
4.	Тема 4. Навігаційний комплекс безпілотної машини: GNSS, IMU, одометрія, камери, LiDAR і сенсорне злиття.	2	
Разом атестація 1		8	2
Атестація 2			
5.	Тема 5. Моделювання процесів навігації та керування. Оцінювання точності, стійкості і якості руху мобільного агрегату.	2	
6.	Тема 6. Дистанційний моніторинг сільськогосподарських угідь: супутникові дані, БПЛА, індекси вегетації та геоінформаційний аналіз.	2	
7.	Тема 7. Картографування урожайності, карти завдань і диференційоване внесення технологічних матеріалів.	2	2
8.	Тема 8. Інтеграція безпілотних машин у цифрове агровиробництво: ISOBUS, телеметрія, хмарні сервіси, цифрові двійники та перспективи автономних систем.	2	
Разом атестація 2		8	2
Всього		16	4

Теми практичних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин	
		Денна форма	Заочна форма
Атестація 1			
1.	Розроблення структурної схеми системи управління безпілотною сільськогосподарською машиною та визначення її основних підсистем.	2	
2.	Оцінювання точності GNSS/RTK-позиціонування і формування маршруту руху польової машини за координатами контрольних точок.	2	2
3.	Побудова траєкторії та вибір алгоритму керування рухом безпілотною машинно-тракторного агрегату.	2	
4.	Вибір і розміщення сенсорів навігаційного комплексу. Формування схеми сенсорного злиття GNSS, IMU, одометрії, камер і LiDAR.	2	
Атестація 2			
5.	Моделювання руху безпілотної машини за заданою траєкторією та аналіз похибок керування.	2	2
6.	Оброблення матеріалів дистанційного моніторингу і створення карти просторової мінливості стану посівів або урожайності.	2	
7.	Розроблення карти-завдання для диференційованого внесення та комплексної схеми автономного виконання технологічної операції.	2	
	Разом	14	4

САМОСТІЙНА РОБОТА

Види самостійної роботи

№	Вид самостійної роботи	Години	Терміни виконання	Форма та метод контролю
1	Опрацювання питань, що виносяться на самостійне вивчення	35/70	Щотижнево	Усне опитування
2	Підготовка до лекційних та практичних занять (робота з інформаційними джерелами: опрацювання першоджерел)	40/22	Щотижнево	Усне опитування
3	Підготовка до тестування	15/20	1раз на семестр	Тестування у Moodle.
	Разом	90/112		

Самостійна робота здобувачів вищої освіти

Самостійна робота здобувача є важливою складовою вивчення дисципліни «Система управління безпілотною сільськогосподарською технікою» і спрямована на поглиблення знань щодо автономної навігації,

керування рухом і цифрової інтеграції мобільних сільськогосподарських машин.

Самостійна робота забезпечує опанування принципів GNSS/RTK-позиціонування, побудови навігаційних комплексів, сенсорного злиття, планування траєкторій, моделювання руху, застосування дистанційного зондування, геоінформаційного аналізу, картографування урожайності та диференційованого внесення.

Організація самостійної роботи здійснюється шляхом надання здобувачам переліку теоретичних питань, розрахункових, аналітичних та проєктних завдань, які не розглядаються або частково розглядаються під час аудиторних занять. Матеріал, передбачений для самостійного опрацювання, включається до поточного та підсумкового контролю.

Виконання самостійної роботи може передбачати опрацювання сучасної наукової і технічної літератури, аналіз характеристик GNSS-приймачів, сенсорів і автопілотів, побудову маршрутів у GIS, моделювання навігаційних алгоритмів, оброблення супутникових та аерофотознімків, створення карт урожайності й карт-завдань, підготовку презентацій, рефератів та аналітичних оглядів.

До прикладів індивідуальних завдань належать: розроблення системи керування автономним трактором; вибір RTK-комплекту та оцінювання точності; побудова маршруту руху за заданим полем; розроблення схеми локалізації і виявлення перешкод; створення карти NDVI та карти-завдання; моделювання процесу диференційованого внесення матеріалів; оцінювання безпечності й ефективності автономної технологічної операції.

Індивідуальні завдання здобувач виконує самостійно під керівництвом викладача згідно з індивідуальним навчальним планом. За необхідності здобувач може отримувати консультації щодо вибору обладнання, методики розрахунків, програмних засобів та оформлення результатів.

У випадку реалізації індивідуальної освітньої траєкторії здобувача заняття можуть проводитись за індивідуальним графіком.

Під час виконання самостійних та індивідуальних завдань необхідно дотримуватися принципів академічної доброчесності. Розрахунки, карти, алгоритми, програмні моделі, презентації та інші результати мають бути авторськими й оригінальними, а використані дані та технічні рішення – належним чином підтверджені посиланнями на джерела.

РЕКОМЕНДОВАНІ ДЖЕРЕЛА ІНФОРМАЦІЇ

Основна література

1. Холодюк О. В., Єленич А. П. Система управління безпіотною сільськогосподарською технікою : методичні вказівки до виконання практичних робіт для магістрантів інженерно-технологічного факультету. Вінниця : ВНАУ, 2024. 72 с.

2. Присяжнюк О. І., Роїк М. В., Сінченко В. М., Черняк М. О., Маляренко О. А., Кононюк Н. О. Цифрові технології в агрономії – від теорії до практики : монографія. Вінниця : ТВОРИ, 2024. 211 с.
3. Система точного землеробства / Л.В. Аніскевич, Д.Г. Войтюк, Ф.М. Захарін, С.О. Пономаренко. К.: НУБіП України, 2018. 566 с.
4. Конін В.В. Системи супутникової радіонавігації В.В. Конін, В.П. Харченко; Національний авіаційний університет. К.: Холтех, 2017. 520 с.
5. Shamshiri R. R., Shafian S. (eds.). Digital Agriculture, Methods and Applications. London : IntechOpen, 2022. 166 p. 4. Zhang Z., Liu H., Yang C., Ampatzidis Y., Zhou J., Jiang Y. (eds.). Unmanned Aerial Systems in Precision Agriculture: Technological Progresses and Applications. Singapore : Springer, 2022. 136 p.
6. Bochtis D. et al. (eds.). Unmanned Aerial Systems in Agriculture. Academic Press, 2023.
7. Dörr J., Nachtmann M. (eds.). Handbuch Digital Farming: Digitale Transformationen für eine nachhaltige Landwirtschaft. Berlin, Heidelberg : Springer Vieweg, 2024. 469 p.
8. Balasubramanian S., Natarajan G., Chelliah P. R. (eds.). Intelligent Robots and Drones for Precision Agriculture. Cham : Springer, 2024. 479 p..
9. Ma S., Lin T., Mao E., Song Z., Ting K.-C. (eds.). Sensing, Data Managing, and Control Technologies for Agricultural Systems. Cham : Springer, 2022. 332 p.

Додаткова література

1. Холодюк О. В., Диня В. І., Бонякевич О. В., Мовчан Д. А. Сучасні рішення та напрямки розвитку основних елементів системи точного землеробства. Вісник Хмельницького національного університету. Серія: Технічні науки. 2024. Т. 331, № 1. С. 330–338. DOI: 10.31891/2307-5732-2024-331-50.
2. Kholodiuk O. V., Khryshcheniuk V. V., Kavunov V. V. Development of a system for remote detection of explosive devices and pollution on agricultural lands. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2024. № 2 (125). С. 111–123.
3. Холодюк О. В. Ефективність використання безпілотних літальних апаратів на обприскуванні сільськогосподарських культур. Виробництво сільськогосподарської продукції на основі Smart-технологій : матеріали Міжнар. наук.-практ. інтернет-конф. Глеваха, 2023. С. 129–134.
4. Холодюк О. В. Ефективність використання БПЛА Agras на обприскуванні. Сучасні проблеми землеробської механіки : збірник тез XXIII Міжнар. наук. конф. Київ–Житомир, 2022. С. 37–41.
5. Холодюк О. В. Проблеми та перспективи використання безпілотних літальних апаратів у кормовиробництві в умовах воєнного стану. Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві : матеріали XIV Міжнар. наук.-техн. конф. Глеваха–Київ, 2025. С. 196–200.
6. Lamine S. (ed.). Remote Sensing in Precision Agriculture: Transforming Scientific Advancement Into Innovation. Academic Press, 2023.

Інформаційні ресурси

1. EU Agency for the Space Programme (EUSPA) – Galileo, EGNOS і застосування GNSS у точному землеробстві. URL: <https://www.euspa.europa.eu/industry-sectors/agriculture>

2. Copernicus Data Space Ecosystem – доступ до даних Sentinel і засобів супутникового моніторингу сільськогосподарських угідь. URL: <https://dataspace.copernicus.eu/>

3. QGIS – офіційна документація відкритої геоінформаційної системи для роботи з просторовими даними, маршрутами і картами полів. URL: <https://qgis.org/resources/hub/>

4. Agricultural Industry Electronics Foundation (AEF) – матеріали щодо ISOBUS, ISO 11783 та електронних систем сільськогосподарських машин. URL: <https://www.aef-online.org/>

5. ArduPilot Rover – документація відкритої платформи автономного керування наземними мобільними машинами. URL: <https://ardupilot.org/rover/>

6. Navigation2 (Nav2) / ROS 2 – документація з автономної навігації, локалізації, планування траєкторій, сенсорного злиття та керування мобільними роботами. URL: <https://docs.nav2.org/>

СИСТЕМА ОЦІНЮВАННЯ ТА ВИМОГИ ДО КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ

У кінці семестру здобувач вищої освіти може набрати до 60 % підсумкової оцінки за виконання всіх видів робіт, що виконуються протягом семестру, до 10 % за показники наукової, інноваційної, навчальної, виховної роботи та студентської активності і до 30 % підсумкової оцінки – за результатами підсумкового контролю.

Розподіл балів за видами навчальної діяльності

№ за/п	Вид навчальної діяльності	Бали	
		Денна форма навчання	Заочна форма навчання
Атестація 1			
1	Участь у дискусіях на лекційних заняттях	6	6
2	Участь у роботі на практичних заняттях	12	12
3	Виконання самостійної роботи	6	11
4	Виконання контрольної роботи	6	6
	Всього за атестацію 1	30	35
Атестація 2			
5	Участь у дискусіях на лекційних заняттях	6	6
6	Участь у роботі на практичних заняттях	12	12
7	Виконання самостійної роботи (індивідуального творчого завдання тощо)	6	11
8	Виконання контрольної роботи	6	6
	Всього за атестацію 2	30	35
9	Показники наукової, інноваційної, навчальної, виховної роботи та студентської активності	10	-
10	Підсумкове тестування (залік)	30	30
	Разом	100	100

Якщо здобувач упродовж семестру за підсумками контрольних заходів набрав менше 35 балів, то він не допускається до заліку. Крім того,

обов'язковим при мінімальній кількості балів за підсумками контрольних заходів є виконання індивідуального розрахунково-проектного завдання.

Під час виконання навчальних завдань та завдань контрольних заходів недопустимо порушення академічної доброчесності. Презентації та виступи мають бути авторськими та оригінальними, інформація про результати власної навчальної, наукової чи творчої діяльності – достовірною; у разі використання ідей, розробок, тверджень або відомостей мають бути наведені посилання на джерела інформації з дотриманням норм законодавства про авторське право і суміжні права.

Програма навчальної дисципліни передбачає врахування результатів неформальної та інформальної освіти при наявності підтверджуючих документів як окремі кредити вивчення навчальних дисциплін.

Переведення балів внутрішньої 100-бальної шкали в національну здійснюється у наступному порядку:

Відповідність шкал оцінок якості засвоєння навчального матеріалу

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою для заліку
90-100	A	зараховано
82-89	B	
75-81	C	
66-74	D	
60-65	E	
35-59	FX	незараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни