

51. Шаповал О.А. Системний підхід до управління персоналом підприємства // Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління. 2019. Т. 30(69). № 4. С. 82–85. URL: <https://doi.org/10.32838/2523-4803/69-4-39>
52. Бойда С. Ситуаційний підхід до управління бізнесом у сучасних умовах. 2024. URL: <https://archer.chnu.edu.ua/xmlui/handle/123456789/10705> (дата звернення: 02.11.2024)
53. Буняк Н. Маркетинговий менеджмент. 2019. URL: https://evnuir.vnu.edu.ua/bitstream/123456789/18216/1/MM_KL_2019.pdf (дата звернення: 02.11.2024)
54. Шелест О., Сидоренко К. Комунікаційна політика як елемент комплексу маркетингу підприємства // Адаптивне управління: теорія і практика. Серія: Економіка. 2023. URL: [https://doi.org/10.33296/2707-0654-17\(34\)-11](https://doi.org/10.33296/2707-0654-17(34)-11)
55. Крикавський Є.В., Стець О.М. Еволюція парадигми маркетингу: між теорією і практикою. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/197263709.pdf> (дата звернення: 02.11.2024)
56. Базалієва Л. Маркетинг довіри: структура довіри та взаємозв'язки між її складовими // Збірник наукових праць ЛОГОС. 2022. URL: <https://doi.org/10.36074/logos-19.03.2021.v1.17>
57. Кучер О.В., Єрмаков С.В. Методологія маркетингових досліджень біоекономічних процесів // Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка. 2023. С. 123–139. URL: <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2023-1.19>
58. Красноручський О., Степаненко С., Марченко В. Концепції, моделі та системи сучасного менеджменту. Національна академія аграрних наук України. 2023.
59. Костенко О., Костенко Т., Білоцерківська О. Розробка концептуальної моделі кібернетичного маркетингу на підприємстві. 2014. URL: <http://usim.org.ua/arch/2014/4/13.pdf>
60. Пилипчук В.П. Інформаційне забезпечення маркетингової діяльності промислових підприємств та його ефективність // Маркетинг і цифрові технології. 2023. Т. 7. № 1. С. 140–148. URL: <https://mdt-opu.com.ua/index.php/mdt/article/view/295>
61. Яроміч С.А. Сучасні концепції формування маркетингових інформаційних систем та інтегрованих комунікацій на підприємстві // Вчені записки ТНУ імені В. І. Вернадського. Серія: Економіка і управління. 2018. Т. 29(68). № 4. С. 123–126. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/UZTNU_econ_2018_29_4_25
62. Лищенко М., Гуляєва В. Система організації та управління маркетингом на підприємстві // Економіка, бізнес та управління. 2019. Вип. 4(21). С. 258–264. URL: https://www.easterneurope-ebm.in.ua/journal/21_2019/42.pdf
63. Сауляк К.А. Принципи організації управління маркетингом на підприємстві // Минувле, Сучасне, Майбутнє: матеріали студентської дистанційної наук.-практ. конф. Одеський національний економічний університет. 2024. Вип. 14. С. 222–224. URL: <http://dspace.oneu.edu.ua/jspui/handle/123456789/18733>
64. Москаль Н. Комплексний підхід до оцінки безперервності діяльності підприємства: обліково-аналітичні аспекти // Економіка та суспільство. 2024. № 65. URL: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2024-65-39>

ІННОВАЦІЙНІ ПІДХОДИ ДО ПРОФЕСІЙНО СПРЯМОВАНОГО НАВЧАННЯ ФАХІВЦІВ АГРАРНО-ТЕХНІЧНОЇ ГАЛУЗІ

DOI: <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-560-0-12>

Юрій ПАНЦИР

кандидат технічних наук, доцент

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

e-mail: panziruriy@gmail.com

Андрій СІКОРА

здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії

Заклад вищої освіти «Подільський державний університет»

e-mail: sikora1818@gmail.com

Вступ. Сучасний аграрний сектор перебуває в стані динамічного розвитку, що зумовлюється глобальними викликами, такими як зростання населення, зміни клімату, інноваційні технології та необхідність підвищення ефективності використання природних ресурсів. У зв'язку з цим виникає потреба у висококваліфікованих фахівцях аграрно-технічної галузі, які володіють не лише глибокими теоретичними знаннями, а й практичними навичками, що відповідають сучасним вимогам ринку праці.

Професійно спрямоване навчання є ключовим фактором у підготовці конкурентоспроможних спеціалістів, які здатні впроваджувати новітні технології, управляти складними виробничими

процесами та адаптуватися до змін у галузі. Його ефективна реалізація вимагає комплексного підходу, який поєднує теоретичну підготовку, практичні заняття, співпрацю з підприємствами аграрного сектору та використання інноваційних методів навчання [1, 2]. Дуальна освіта, цифровізація навчального процесу, залучення робототехніки, дронів, систем точного землеробства, штучного інтелекту та інших передових технологій стають невід'ємною частиною підготовки майбутніх фахівців. Також важливу роль відіграє інтеграція навчального процесу з реальними виробничими умовами, що передбачає активну співпрацю між закладами освіти та аграрними підприємствами. Аграрний сектор є однією з ключових галузей економіки, яка забезпечує продовольчу безпеку країни, розвиток сільських територій та впровадження новітніх технологій у виробництво. В умовах глобалізації та технологічного прогресу підготовка висококваліфікованих кадрів для аграрно-технічної галузі стає стратегічно важливим завданням. Наразі у сфері професійної освіти для аграрного сектора спостерігається низка проблем, зокрема недостатня інтеграція теоретичних знань із практичною діяльністю, що ускладнює підготовку фахівців, здатних ефективно працювати у виробничих умовах. Студенти мають обмежений доступ до сучасних технологій та обладнання, що знижує їхню конкурентоспроможність на ринку праці [3]. Також існує низький рівень співпраці між освітніми закладами та аграрними підприємствами, що ускладнює адаптацію випускників до професійної діяльності. Освітні програми часто відстають від реальних потреб ринку, не враховуючи новітні тенденції та інноваційні підходи у сільському господарстві. Крім того, залишається недостатній рівень впровадження цифрових технологій та автоматизації в освітній процес, що обмежує можливості використання сучасних методів навчання та впровадження концепцій точного землеробства.

Розв'язання цих проблем можливе через впровадження професійно спрямованого навчання, яке передбачає:

- використання інноваційних освітніх методик (проектне навчання, STEM-освіта, дуальна система освіти, дистанційне навчання тощо);
- інтеграцію навчального процесу з практичним досвідом на базі аграрних підприємств, наукових лабораторій, агрохолдингів;
- впровадження сучасних інформаційних технологій, робототехніки, Big Data, IoT, які дозволяють зробити навчання більш ефективним;
- орієнтацію на потреби ринку праці, що дозволяє випускникам бути конкурентоспроможними фахівцями;
- важливою складовою є також розвиток партнерських відносин між освітніми установами та агробізнесом, що дозволяє вдосконалювати освітні програми відповідно до актуальних вимог галузі.

Актуальність дослідження визначається необхідністю підвищення рівня підготовки майбутніх аграрних спеціалістів, що, у свою чергу, сприятиме підвищенню продуктивності аграрного сектора, зниженню витрат, екологічній стабільності та впровадженню високотехнологічних рішень.

Таким чином, удосконалення системи професійно спрямованого навчання в аграрно-технічній галузі є стратегічно важливим завданням, що вимагає комплексного підходу. Одним із ключових аспектів цього процесу є ефективна інтеграція теоретичних і практичних знань, яка дозволяє студентам не лише засвоювати фундаментальні наукові концепції, а й набувати необхідних навичок для роботи в реальних виробничих умовах.

У сучасних умовах аграрний сектор активно впроваджує інноваційні технології, автоматизовані системи управління, біотехнології та методи точного землеробства. Відповідно, освітній процес повинен забезпечувати студентів не лише академічною підготовкою, а й практичним досвідом використання сучасної техніки, аналізу агроекономічних процесів та прийняття ефективних рішень у виробничих ситуаціях. Інтеграція теоретичних і практичних знань є одним із найважливіших аспектів професійно спрямованого навчання. Вона дозволяє студентам не тільки засвоювати фундаментальні наукові концепції, а й застосовувати їх у реальних виробничих умовах. В аграрно-технічній освіті ця інтеграція має особливе значення, оскільки аграрний сектор потребує спеціалістів, здатних працювати з інноваційними технологіями, аналізувати природні та економічні фактори, приймати обґрунтовані рішення та ефективно використовувати сучасну техніку.

Основні принципи інтеграції теоретичних і практичних знань

I. Системність навчання

- Поєднання лекційних, семінарських та лабораторних занять із практичними кейсами, що моделюють реальні виробничі ситуації.
- Використання проблемно-орієнтованого навчання, що дозволяє студентам розглядати реальні завдання аграрно-технічної галузі.

Однією з базових дисциплін у підготовці фахівців аграрно-технічної галузі є фізика, оскільки вона закладає основи розуміння принципів роботи сільськогосподарської техніки, механіки руху рідин і газів, термодинаміки, електромагнітних явищ тощо. Інтеграція фізичних знань у практичне навчання сприяє формуванню у студентів навичок вирішення реальних виробничих завдань [4]. Наведемо приклади поєднання лекційних, семінарських та лабораторних занять із практичними кейсами, що моделюють реальні виробничі ситуації

Динаміка та механіка: аналіз руху сільськогосподарської техніки

Лекція: Основи кінематики та динаміки. Закони Ньютона. Сили тертя та опору руху.

Лабораторне заняття: Дослідження сил тертя за допомогою маятника або плоскої поверхні з різними покриттями, визначення коефіцієнта тертя для різних матеріалів.

Практичний кейс: Студенти отримують реальні дані про витрату пального трактором на різних типах ґрунту та повинні розрахувати оптимальні швидкісні режими для мінімізації втрат енергії.

Гідродинаміка: оптимізація систем поливу

Лекція: Закони Паскаля та Бернуллі. Основи гідродинаміки. Опір рідини в трубопроводах.

Лабораторне заняття: Дослідження руху рідини в трубах різного діаметру, вплив в'язкості та гідравлічного опору на швидкість потоку.

Практичний кейс: Студенти аналізують реальні дані про подачу води у зрошувальній системі господарства, визначають причини зниження ефективності та пропонують шляхи її оптимізації.

Термодинаміка: теплові процеси в агротехніці

Лекція: Основи термодинаміки. Перетворення енергії, робота теплових двигунів, ефективність двигунів внутрішнього згоряння.

Лабораторне заняття: Визначення ККД теплового двигуна, експериментальне дослідження теплових втрат в системах охолодження двигунів.

Практичний кейс: Студенти отримують характеристики двигуна комбайна та повинні визначити, як змінюється його продуктивність при різних температурах навколишнього середовища, та запропонувати рішення для покращення ефективності.

Електродинаміка: електропостачання та автоматизація фермерських господарств

Лекція: Основи електричного струму, електромагнітне поле, робота електродвигунів.

Лабораторне заняття: Визначення опору провідників, експериментальне дослідження електродвигунів, дослідження ефективності роботи сонячних панелей за різних умов.

Практичний кейс: Студенти аналізують реальні умови роботи агропідприємства, розраховують, яку частку енергоспоживання можна перекрити за рахунок альтернативних джерел енергії.

Оптика та фотометрія: використання дронів у сільському господарстві

Лекція: Основи оптики, спектральний аналіз, принцип роботи дронів для моніторингу полів.

Лабораторне заняття: Аналіз спектральних характеристик різних типів освітлення, визначення ефективності фотосинтезу під різними джерелами світла.

Практичний кейс: Студенти отримують мультиспектральні знімки полів із дронів та визначають проблемні ділянки, які потребують додаткового удобрення або обробки пестицидами.

Інтеграція фізики у професійно спрямоване навчання аграрно-технічних фахівців дозволяє зробити освітній процес більш практичним та наближеним до реальних умов виробництва. Поєднання лекційних і лабораторних занять із практичними кейсами забезпечує комплексний підхід до підготовки студентів, допомагає формувати навички розв'язання прикладних завдань та сприяє їхній успішній професійній адаптації.

II. Проектне навчання

– Реалізація студентських проектів, що базуються на аналізі сучасних технологій у сільському господарстві та технічному забезпеченні аграрного виробництва.

– Співпраця з аграрними підприємствами, де студенти можуть розробляти та тестувати власні рішення під керівництвом викладачів і практиків.

Інженерно-фізичні знання відіграють ключову роль у вдосконаленні технологічних процесів сільського господарства. Виконання студентських проектів, що поєднують фундаментальні фізичні принципи з реальними виробничими завданнями, допомагає майбутнім фахівцям здобути практичний досвід і розвинути навички вирішення прикладних проблем. Наприклад:

Оптимізація системи освітлення в теплицях для підвищення продуктивності рослин:

Фізичні основи: Закони оптики, спектральний аналіз світла, фотосинтетична активна радіація (PAR).

Сучасні технології: Світлодіодні (LED) лампи, автоматизовані системи освітлення.

Мета проекту: Дослідити, які спектральні характеристики освітлення найбільш ефективні для фотосинтезу, та визначити оптимальні параметри освітлення для різних культур.

Методика: використання спектрометра для аналізу різних джерел світла; проведення експериментів із вирощування рослин під лампами різного спектра; вимірювання приросту біомаси та швидкості фотосинтезу.

Очікуваний результат: рекомендації щодо впровадження енергоефективних LED-систем у сільськогосподарських теплицях.

Аналіз аеродинаміки дронів для аграрного моніторингу

Фізичні основи: Закони Ньютона, опір повітря, ефект Бернуллі.

Сучасні технології: Агродрони для картографії, внесення добрив і моніторингу посівів.

Мета проєкту: Визначити вплив форми та ваги дрона на його аеродинамічні характеристики для підвищення ефективності його використання у сільському господарстві.

Методика: використання програм для моделювання аеродинамічних потоків (наприклад, SolidWorks Flow Simulation); проведення експериментів у вітровому тунелі; тестування різних моделей дронів у польових умовах.

Очікуваний результат: Оптимізація дизайну корпусу дрона для зниження енергоспоживання та збільшення часу польоту.

Дослідження термодинамічної ефективності теплових двигунів у сільськогосподарській техніці

Фізичні основи: Закон збереження енергії, ККД двигунів, передача тепла.

Сучасні технології: Дизельні та електричні двигуни, гібридні системи.

Мета проєкту: Провести порівняльний аналіз ККД дизельних та електричних двигунів, які використовуються у сільському господарстві.

Методика: вимірювання витрат пального та ефективності двигунів на тракторних випробувальних стендах; аналіз даних температури та теплових втрат за допомогою теплових зорів; моделювання процесів горіння палива в камері згорання.

Очікуваний результат: Оцінка економічної доцільності переходу на електротрактори або гібридні технології.

Оптимізація поливних систем через вивчення законів гідродинаміки

Фізичні основи: Закон Бернуллі, гідравлічний опір, в'язкість рідини.

Сучасні технології: Крапельне зрошення, датчики вологості, IoT-системи контролю.

Мета проєкту: Дослідити, як змінюється тиск і швидкість потоку води в системах крапельного поливу залежно від конструкції трубопроводів і типу ґрунту.

Методика: створення фізичної моделі системи зрошення в лабораторних умовах; вимірювання швидкості руху води та витрат на різних ділянках системи; аналіз ефективності витрат води на різних типах ґрунтів.

Очікуваний результат: Розробка рекомендацій для фермерів щодо оптимізації витрат води та енергії в системах зрошення.

Вплив електромагнітного випромінювання на ріст сільськогосподарських культур

Фізичні основи: Електромагнітні хвилі, поглинання енергії, резонансні частоти.

Сучасні технології: Радіочастотне стимулювання, ультразвукові системи контролю росту.

Мета проєкту: Визначити, як електромагнітне випромінювання (наприклад, від мобільних веж або радіосигналів) впливає на ріст і розвиток рослин.

Методика: вирощування рослин у лабораторії під впливом різних частот електромагнітного випромінювання; вимірювання біометричних показників рослин; аналіз можливих позитивних або негативних ефектів на продуктивність культур.

Очікуваний результат: Висновки про безпеку або можливість використання радіочастот для стимулювання росту рослин.

Реалізація студентських проєктів, що поєднують фізичні знання та сучасні технології аграрного виробництва, дозволяє студентам не лише закріпити теоретичні концепції, а й отримати практичні навички роботи з реальними технологіями. Це сприяє формуванню нового покоління аграрних спеціалістів, здатних ефективно впроваджувати інновації в сільськогосподарське виробництво.

Переваги підходу: практичне закріплення теоретичних знань; підготовка до реальних виробничих викликів; розвиток інженерного мислення та навичок проєктної діяльності; сприяння впровадженню сучасних технологій в аграрному секторі. Таким чином, студентські проєкти на основі фізики відіграють ключову роль у підготовці майбутніх фахівців, допомагаючи їм застосовувати наукові знання для вирішення реальних проблем сільського господарства.

III. Лабораторні дослідження і випробування

– Використання сучасних лабораторій для випробування ґрунтів, насіння, добрив, механічного обладнання та новітніх технологій.

– Впровадження технологій моделювання та комп'ютерних симуляцій для аналізу роботи сільськогосподарської техніки та агрономічних процесів [5; 11].

Комп'ютерне моделювання – це метод створення віртуальних моделей об'єктів чи процесів для їх вивчення в різних умовах. Симуляція – це процес проведення експериментів на цих моделях для прогнозування результатів. Основні види моделей у сільському господарстві:

Механічні моделі – використовуються для аналізу роботи техніки (тракторів, комбайнів, сівалок).

Фізичні моделі – оцінюють вплив різних факторів (температура, вологість, рельєф) на агропроцеси.

Математичні моделі – допомагають прогнозувати урожайність, ефективність добрив і засобів захисту рослин.

Біологічні моделі – описують ріст та розвиток рослин за різних умов.

Для моделювання процесів у сільському господарстві ми використовуємо такі технології:

1. CAD-системи для проєктування сільськогосподарської техніки

Комп'ютерне проєктування (Computer-Aided Design, CAD) – це технологія, що використовується для створення, аналізу та модифікації дизайну сільськогосподарської техніки. Завдяки CAD-системам інженери можуть створювати 3D-моделі тракторів, комбайнів, сівалок, обприскувачів та іншої техніки, перевіряючи їхню конструкцію перед фізичним виробництвом. Переваги використання CAD у сільському господарстві:

– Оптимізація конструкцій – можливість тестувати аеродинаміку, вагу, баланс та інші параметри техніки.

– Зниження витрат – мінімізація потреби у фізичних прототипах, що економить матеріали та час.

– Прискорення інновацій – швидке впровадження нових рішень без необхідності тривалого експериментального виробництва.

– Інтеграція з іншими системами – можливість експорту даних у FEA- та CFD-програми для аналізу міцності та аеродинаміки.

Популярні CAD-системи для агротехніки:

1. SolidWorks – для створення високоточних 3D-моделей сільськогосподарських машин.

2. AutoCAD – для 2D- та 3D-моделювання деталей і конструкцій.

3. Siemens NX – використовується для складних конструкцій, включаючи трактори та комбайни

2. CFD-аналіз (Computational Fluid Dynamics)

Метод комп'ютерної гідродинаміки (CFD) дозволяє моделювати поведінку рідин і газів у різних умовах. У сільському господарстві він застосовується для оптимізації:

– Систем поливу – аналіз потоку води через іригаційні системи для покращення рівномірності розподілу вологи.

– Вентиляції теплиць – оцінка циркуляції повітря для створення оптимального мікроклімату.

– Роботи обприскувачів – моделювання розпилення рідких добрив і засобів захисту рослин для підвищення ефективності їх використання.

– Сушіння зерна – оптимізація потоків гарячого повітря у сушарках для мінімізації втрат.

Приклад застосування: якщо фермер використовує систему крапельного поливу, CFD-аналіз може допомогти визначити, як вода розподіляється у ґрунті, які зони отримують недостатню вологу, а які – надлишкову.

Популярні CFD-програми: ANSYS Fluent (для моделювання рідинних потоків); OpenFOAM (відкрите програмне забезпечення для аналізу аеродинаміки і гідродинаміки); COMSOL Multiphysics (для поєднання CFD з іншими методами моделювання (наприклад, термічного аналізу)).

3. FEA-аналіз (Finite Element Analysis)

Метод кінцевих елементів (Finite Element Analysis, FEA) використовується для оцінки міцності, навантажень і деформацій конструкцій. Це критично важливо для забезпечення довговічності сільськогосподарської техніки.

Основні аспекти застосування FEA: перевірка міцності рам і шасі тракторів та комбайнів; оцінка зносостійкості деталей плугів, борін та сівалок; моделювання поведінки металевих конструкцій під впливом вібрацій, навантажень і погодних умов.

Приклад: інженери можуть змоделювати, як леміш плуга витримує навантаження під час оранки твердого ґрунту. Це дозволяє вибрати оптимальний матеріал і конструкцію, щоб уникнути передчасного зносу або поломки.

Популярні FEA-програми: ANSYS Mechanical (для аналізу напружень і вібрацій); Abaqus (для дослідження пластичних деформацій і втомної міцності); SolidWorks Simulation (для інтеграції з CAD-системами).

4. Геоінформаційні системи (GIS)

Геоінформаційні системи (GIS) використовуються для збирання, аналізу та візуалізації геопросторових даних, що допомагає аграріям приймати обґрунтовані рішення.

Основні можливості GIS у сільському господарстві: картографування полів (створення цифрових карт із даними про ґрунти, рельєф і рослинний покрив); аналіз родючості (виявлення зон з дефіцитом або надлишком поживних речовин); оптимізація маршрутів техніки (визначення найкращих шляхів руху тракторів і комбайнів для зниження витрат пального); моніторинг вологості та кліматичних умов (аналіз погодних даних для планування посівних і збиральних робіт).

Популярні GIS-платформи: QGIS (безкоштовна платформа для аналізу геоданих); ArcGIS (потужна комерційна система для комплексного управління аграрними територіями); AgLeader SMS (спеціалізована система для точного землеробства).

5. Агросимулятори та цифрові двійники

Сучасні цифрові технології дозволяють значно підвищити ефективність аграрного виробництва, зменшити витрати і покращити прийняття рішень. Два ключові інструменти, що відіграють важливу роль у цифровізації агросфери, – це цифрові двійники та агросимулятори. Цифровий двійник (Digital Twin) – це віртуальна модель реального фізичного об'єкта (наприклад, трактора, комбайна, сівалки, теплиці або навіть цілого поля), яка оновлюється в реальному часі на основі даних із сенсорів, супутникового моніторингу та аналітичних систем. Цифрові двійники дозволяють:

- Візуалізувати та симулювати роботу агротехніки та аграрних процесів.
- Передбачати збої та поломки за допомогою аналізу даних.
- Оптимізувати параметри сільськогосподарських робіт (наприклад, глибину оранки, норми висіву, витрати добрив і пального).

Застосування цифрових двійників у сільському господарстві:

1. Тестування роботи техніки в різних погодних умовах

Виробники можуть симулювати роботу комбайнів, тракторів та сівалок у різних ґрунтових і кліматичних умовах без фізичних тестів. Фермери можуть обирати оптимальну техніку для своїх господарств на основі цифрових моделей.

2. Оптимізація параметрів сівки та обробки ґрунту

На основі даних про ґрунт та прогнозів урожайності цифровий двійник може рекомендувати найкращі параметри висіву та обробки [6].

Використання алгоритмів машинного навчання дозволяє аналізувати взаємозв'язок між врожайністю, погодними умовами та агротехнічними заходами.

3. Підвищення продуктивності машин та економія ресурсів

Аналіз роботи трактора чи комбайна дозволяє зменшити витрати пального, уникнути простоїв через несправності та ефективно планувати технічне обслуговування. Віртуальні моделі можуть тестувати зміни у конструкції техніки ще до виробництва, що знижує витрати на розробку та оптимізацію. Приклади використання цифрових двійників у світі:

- John Deere – використовує цифрові двійники для моделювання роботи тракторів, що дозволяє підвищити їхню ефективність.
- BASF – розробляє цифрові двійники ґрунту для точного землеробства та аналізу внесення добрив.
- AgroSense – платформа для моделювання умов вирощування культур на основі даних про погоду, ґрунти та супутниковий моніторинг.

Цифрові двійники та агросимулятори є важливими інструментами для підвищення ефективності сільськогосподарських процесів. Вони дозволяють фермерам краще прогнозувати врожай, оптимізувати витрати ресурсів і впроваджувати інноваційні підходи до управління господарством. Використання CAD, CFD, FEA, GIS і цифрових двійників у сільському господарстві дозволяє підвищити ефективність аграрного виробництва, зменшити витрати та покращити якість управління агропроцесами.

IV. Застосування комп'ютерного моделювання у агроінженерії

Агроінженерія є міждисциплінарною спеціальністю, що поєднує принципи механіки, електроніки, автоматизації, біофізики та біохімії для розробки та вдосконалення технологій, які підвищують ефективність сільськогосподарського виробництва. Комп'ютерне моделювання є одним із ключових інструментів, що використовується для оптимізації конструкцій техніки, аналізу її експлуатаційних характеристик, прогнозування впливу зовнішніх факторів та автоматизації технологічних процесів [6].

Моделювання дозволяє не лише скоротити витрати на розробку нових агротехнологій, а й підвищити ефективність експлуатації існуючих механізмів та систем. Впровадження цифрових симуляцій у проектування та тестування сільськогосподарської техніки дозволяє значно покращити її продуктивність, надійність і екологічну безпеку.

Комп'ютерне моделювання застосовується у таких аспектах агроінженерії:

1. Проектування та оптимізація сільськогосподарської техніки
 - Використання САД-систем для створення 3D-моделей тракторів, комбайнів, сівалок тощо.
 - Аналіз аеродинамічних і гідродинамічних характеристик за допомогою CFD-методів.
 - Оцінка механічної міцності, деформацій і напружень методами FEA.
2. Моделювання енергетичних систем у сільському господарстві
 - Оптимізація систем живлення електрифікованих та автономних агрегатів.
 - Аналіз ефективності альтернативних джерел енергії (біогаз, сонячна та вітрова енергетика)

в агропромисловому виробництві.

3. Автоматизація та роботизація аграрних процесів
 - Створення цифрових двійників сільськогосподарських машин для їх тестування у віртуальному середовищі.
 - Розробка та випробування алгоритмів автономної навігації дронів і роботизованих систем.
4. Моделювання транспортних та логістичних систем
 - Оптимізація маршрутів сільськогосподарської техніки за допомогою GIS-технологій.
 - Аналіз ефективності транспортування врожаю, добрив і засобів захисту рослин.
5. Аналіз впливу агротехнічних процесів на ґрунт і рослинність
 - Оцінка динаміки ущільнення ґрунту під дією техніки.
 - Моделювання розподілу вологи та поживних речовин у системах зрошення та удобрення.

Практичні аспекти застосування комп'ютерного моделювання

1. Оптимізація конструкції сільськогосподарських машин (зниження маси деталей без втрати міцності; поліпшення паливної ефективності двигунів).
2. Аналіз енергоефективності в агропромисловому виробництві (моделювання споживання енергії різними системами (сонячні панелі, біогазові установки).
3. Розвиток автономних роботизованих систем (використання штучного інтелекту для управління безпілотними тракторами та дронами).
4. Прогнозування впливу агротехнічних процесів на довкілля (аналіз ерозії ґрунтів та викидів CO₂)

Комп'ютерне моделювання є ключовим інструментом у сучасній агроінженерії. Його застосування дозволяє підвищити ефективність розробки техніки, оптимізувати енергетичні системи, автоматизувати процеси та мінімізувати екологічний вплив.

Впровадження комп'ютерного моделювання та симуляцій у сільському господарстві значно підвищує ефективність використання ресурсів, сприяє зменшенню витрат і підвищенню продуктивності. Використання передових технологій у поєднанні з великими даними та штучним інтелектом відкриває нові можливості для аграрної галузі [12].

Сучасний розвиток аграрного сектора значною мірою базується на впровадженні новітніх технологій, які дозволяють підвищити продуктивність, оптимізувати ресурси та зменшити негативний вплив на довкілля. Відповідно, професійно спрямоване навчання має інтегрувати інноваційні технології, що забезпечують високий рівень підготовки майбутніх фахівців та їхню конкурентоспроможність на ринку праці.

Основні напрями впровадження інноваційних технологій у навчальний процес:

1. *Цифровізація навчання та використання штучного інтелекту*
 - Використання електронних освітніх платформ (Moodle, Google Classroom, EdX, Coursera) для дистанційного навчання, тестування знань та самоосвіти.
 - Застосування штучного інтелекту (ШІ) для персоналізації навчання, прогнозування успішності студентів та автоматизації процесів оцінювання.
 - Використання адаптивного навчання, де ШІ аналізує рівень знань студента і пропонує індивідуальну траєкторію навчання.
2. *Віртуальна та доповнена реальність (VR/AR) в освітньому процесі*
 - Впровадження VR-симуляторів для навчання роботі з агротехнікою, управління тракторами, комбайнами та іншими видами техніки в безпечному середовищі.
 - Доповнена реальність (AR) для візуалізації агротехнологічних процесів, аналізу ґрунтів та стану посівів.
 - Використання 3D-моделювання для проектування сільськогосподарських об'єктів і оптимізації логістичних процесів.
3. *Використання дронів та супутникових технологій*
 - Навчання використанню дронів для моніторингу стану полів, контролю рівня вологості, поширення шкідників та внесення добрив.
 - Аналіз супутникових знімків для визначення рівня вегетації рослин, стану ґрунтів та виявлення проблемних зон.

- Використання дронів для створення карт полів та планування посівних робіт.

4. Інтернет речей (IoT) та «розумні» агросистеми

- Використання датчиків IoT для збору даних про вологість ґрунту, температуру, рівень освітленості та інші параметри агроєкосистеми.
- Автоматизоване керування системами зрошення та живлення рослин, що дозволяє зменшити витрати ресурсів та підвищити ефективність вирощування культур.
- Використання мобільних додатків для дистанційного контролю стану полів та управління виробничими процесами.

5. Біотехнології та сучасні методи аналізу ґрунтів і рослин

- Впровадження лабораторних занять із використанням генетичних методів аналізу рослин, тестування стійкості сортів до захворювань та посух.
- Використання біопрепаратів для підвищення врожайності та зниження хімічного навантаження на екосистему.
- Освоєння сучасних методів аналізу ґрунтів, включаючи спектральний аналіз та технології швидкого визначення рівня поживних речовин.

6. Робототехніка та автоматизація сільськогосподарських процесів

- Використання роботизованих механізмів для автоматизованого збирання врожаю, догляду за рослинами та годування худоби.
- Навчання роботі з безпілотними агромашинами, які можуть здійснювати сівбу, внесення добрив та гербіцидів без залучення людини.
- Інтеграція інтелектуальних систем управління виробничими процесами на фермах та в агрохолдингах.

7. Big Data та аналітика у сільському господарстві

- Використання великих даних для аналізу продуктивності сільськогосподарських культур, оптимізації процесів вирощування та прогнозування врожайності.
- Інтеграція машинного навчання для визначення найкращих агротехнологій на основі історичних даних та поточних показників.
- Використання аналітичних програм для управління аграрними підприємствами та ведення електронного документообігу.

Методи впровадження інноваційних технологій у навчальний процес:

1. Створення спеціалізованих лабораторій і центрів інновацій

Одним із ключових підходів до інтеграції інновацій у навчальний процес є створення сучасних лабораторій та центрів інновацій, які забезпечують студентам доступ до передових технологій та методів дослідження [7; 8]. Оснащення навчальних закладів спеціалізованим обладнанням, таким як 3D-принтери, комп'ютеризовані системи управління агротехнікою, сенсорні платформи для моніторингу ґрунту та кліматичних умов, дозволяє студентам проводити експерименти та тестувати нові підходи у сільському господарстві. Також важливим напрямком є відкриття агроінноваційних хабів, де студенти можуть працювати над стартапами, брати участь у науково-дослідних проєктах та співпрацювати з підприємцями для впровадження інноваційних рішень у агропромисловий сектор.

2. Співпраця з агрокомпаніями та науковими установами

Залучення агробізнесу та наукових інституцій до навчального процесу дозволяє студентам отримати практичні навички та працювати з реальними технологіями, що використовуються в сучасному аграрному секторі. Спільні науково-дослідні програми сприяють розробці та тестуванню нових технологій у партнерстві з провідними компаніями, що допомагає адаптувати освіту до реальних потреб ринку праці. Проведення конференцій, тренінгів і майстер-класів за участю експертів аграрного бізнесу дозволяє студентам ознайомитися з новітніми тенденціями у сфері точного землеробства, біотехнологій та автоматизації сільського господарства.

3. Розвиток дуальної освіти

Дуальна освіта є ефективним методом інтеграції теоретичних знань із практичними навичками, оскільки передбачає поєднання навчання у вишах із роботою на підприємствах. Це дозволяє студентам не лише здобувати академічну освіту, а й набувати досвіду роботи у реальних виробничих умовах. Навчання на агропідприємствах із використанням інноваційної техніки, такої як автономні трактори, дрони для моніторингу полів та системи управління точним землеробством, сприяє підготовці висококваліфікованих спеціалістів. Крім того, залучення практиків до викладання дисциплін забезпечує актуальність знань і сприяє їхньому застосуванню на практиці.

4. Створення онлайн-курсів та навчальних платформ

Цифровізація освіти є важливою складовою впровадження інновацій у навчальний процес. Розробка інтерактивних онлайн-курсів з використанням відеоуроків, віртуальних екскурсій на агропідприємства, симуляторів для управління сільськогосподарською технікою дозволяє зробити

навчання більш гнучким і доступним. Впровадження дистанційного навчання сприяє розширенню аудиторії студентів та дає можливість отримувати знання незалежно від місця перебування. Такі платформи, як Coursera, Udey або внутрішньоуніверситетські платформи, можуть використовуватися для створення онлайн-програм, що включають інтерактивні модулі, тестування та можливості зворотного зв'язку зі студентами.

5. Участь у міжнародних програмах та грантах

Залучення студентів і викладачів до міжнародних освітніх програм та грантових ініціатив є важливим елементом розвитку освітньої сфери. Участь у міжнародних дослідницьких проектах дозволяє обмінюватися досвідом із провідними закордонними аграрними університетами, інтегрувати світові стандарти освіти в місцеву навчальну програму. Стажування студентів за кордоном сприяє їхньому професійному зростанню, дозволяє освоїти передові технології, такі як роботизоване землеробство, біоенергетичні системи та штучний інтелект у сільському господарстві. Також міжнародні програми сприяють розвитку спільних досліджень, що дозволяє розширити науковий потенціал університетів і вищих навчальних закладів.

Впровадження інноваційних технологій у навчальний процес є ключовим фактором модернізації освіти в аграрному секторі. Використання сучасних методів навчання, співпраця з науковими установами та підприємствами, розвиток цифрових платформ та участь у міжнародних проектах забезпечують якісну підготовку спеціалістів, здатних працювати з новітніми агротехнологіями. Інтеграція цих підходів сприятиме розвитку інноваційного потенціалу аграрної галузі та підготовці фахівців, які зможуть ефективно використовувати сучасні наукові досягнення у практичній діяльності. Впровадження інноваційних технологій у навчальний процес суттєво підвищує якість освіти, робить її більш гнучкою, адаптивною до сучасних вимог ринку праці та сприяє розвитку наукових досліджень [9].

Використання передових цифрових технологій, інтерактивних методів навчання та співпраці з бізнесом дозволяє студентам здобувати актуальні знання та практичні навички, що відповідають потребам сучасної економіки. Оснащення навчальних закладів спеціалізованими лабораторіями та цифровими платформами сприяє підвищенню ефективності освітнього процесу. Студенти отримують доступ до сучасного обладнання, що дозволяє їм не лише вивчати теоретичні основи, а й працювати з реальними технологіями. Інтерактивні симулятори, віртуальні лабораторії та навчальні хаби дають можливість проводити дослідження та експерименти без значних фінансових витрат та ризиків для довкілля. Підготовка фахівців стає більш практичною та орієнтованою на реальні умови виробництва. Завдяки використанню інноваційних технологій випускники набувають компетенцій, необхідних для роботи у високотехнологічних галузях, зокрема в агроінженерії, біотехнологіях, точному землеробстві, автоматизації та роботизації виробництва. Це робить їх більш конкурентоспроможними на ринку праці та скорочує період адаптації до професійної діяльності. Інтеграція освіти з потребами сучасного бізнесу забезпечує безперервний обмін досвідом між навчальними закладами та підприємствами. Співпраця із аграрними компаніями, дослідницькими інститутами та міжнародними організаціями сприяє впровадженню найсучасніших рішень у навчальний процес. Проведення спільних науково-дослідних проєктів, стажування студентів на підприємствах та участь у міжнародних освітніх програмах дозволяють майбутнім фахівцям отримувати знання, які безпосередньо застосовуються у професійній діяльності. Розвиток цифрової освіти сприяє оптимізації навчального процесу та розширенню доступу до освітніх ресурсів. Використання онлайн-курсів, інтерактивних лекцій, віртуальних екскурсій та навчальних платформ дозволяє студентам самостійно керувати своїм навчанням, здобувати знання у зручний для них час та в індивідуальному темпі. Це особливо важливо для тих, хто мешкає у віддалених регіонах або має обмежені можливості для участі в традиційному очному навчанні. Ефективне використання ресурсів також є важливим аспектом впровадження інновацій. Завдяки цифровізації навчального процесу зменшується споживання паперу, витратних матеріалів для лабораторних робіт, енергоємних процесів. Використання комп'ютерного моделювання дозволяє замінити дорогі фізичні експерименти, що знижує витрати та мінімізує вплив на навколишнє середовище [10].

Розвиток науково-дослідницької діяльності значно прискорюється завдяки доступу до передових технологій та методів аналізу. Студенти та викладачі можуть проводити експерименти, працювати з великими даними, використовувати алгоритми штучного інтелекту для оптимізації рішень у своїх дослідженнях. Це сприяє створенню нових технологій, патентів, стартапів та наукових відкриттів, які можуть мати значний вплив на економіку та промисловість. Міжнародна співпраця та інтеграція з європейською та світовою системою освіти забезпечують можливість студентам та викладачам брати участь у програмах академічного обміну, стажуватися у провідних університетах, отримувати доступ до новітніх досліджень та технологій. Це дозволяє підвищити рівень освіти та адаптувати навчальні програми до міжнародних стандартів, що, у свою чергу, розширює можливості працевлаштування випускників як у межах країни, так і за кордоном. Впровадження інновацій у

навчання сприяє також розвитку критичного мислення, аналітичних здібностей та навичок вирішення складних завдань у студентів. Новітні освітні методики передбачають активне використання проєктного навчання, практичних кейсів, міждисциплінарного підходу, що дозволяє студентам отримувати комплексні знання та розвивати здатність приймати обґрунтовані рішення у складних ситуаціях. Одним із важливих результатів є також впровадження принципів сталого розвитку в навчальний процес. Використання технологій точного землеробства, альтернативних джерел енергії, енергоефективних рішень сприяє формуванню екологічно свідомого підходу до виробничих процесів. Студенти навчаються розробляти та впроваджувати технології, що мінімізують негативний вплив на довкілля та сприяють збереженню природних ресурсів.

Високий рівень впровадження інноваційних технологій у навчальні заклади підвищує їх престиж як на національному, так і на міжнародному рівні. Освітні установи, що використовують сучасні підходи до навчання, приваблюють більше студентів, отримують підтримку з боку держави, бізнесу та міжнародних організацій. Це сприяє розвитку навчально-дослідницької інфраструктури, залученню кращих викладачів та створенню якісного освітнього середовища.

Таким чином, впровадження інноваційних технологій у навчальний процес є важливим фактором підвищення якості освіти, професійної підготовки студентів, розвитку науки та інтеграції у світовий освітній простір. Це сприяє формуванню конкурентоспроможних фахівців, які зможуть впроваджувати новітні технології у своїх галузях, розвивати економіку та забезпечувати сталий розвиток суспільства.

Висновки. Професійно спрямоване навчання є важливим фактором у підготовці фахівців аграрно-технічної галузі. Його реалізація базується на інтеграції теоретичних і практичних знань, використанні інноваційних технологій та тісній співпраці з аграрними підприємствами. Подальший розвиток професійно спрямованого навчання сприятиме підвищенню конкурентоспроможності випускників на ринку праці та забезпеченню аграрного сектору кваліфікованими спеціалістами.

Список використаних джерел:

1. Beloev I., Bulgakova O., Zakhutska O., Bondar M., Zbaravska L. Formation of professional skills of agricultural engineers during laboratory practice when studying fundamental science. *Strategies for Policy in Science and Education*, 2024, Vol. 32, No. 2, pp. 144–156. DOI: 10.53656/str2024-2-2-for.
2. Beloev I., Savytska I., Bulgakova O., Yasinetska I., Zbaravska L. Research of using the system approach to increase professional competence of students in the process of studying natural sciences. *Strategies for Policy in Science and Education*, 2024, Vol. 32, No. 1, pp. 22–36.
3. Nikolaenko S., Bulgakova O., Yasinetska I., Zbaravska L., Dukulis I., Shynkaruk N., Rucins A. Programming of pedagogical technology for formation of professional competence studying special disciplines in agricultural engineering sciences. *22nd International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, 2023, Vol. 22, pp. 667–673.
4. Savytska I., Bulgakova O., Zbaravska L., Torchuk M., Rucins A. Professionally oriented laboratory practicum in physics for the engineering students. *23rd International Scientific Conference Engineering for Rural Development*, 2024, Vol. 23, May 22–24, pp. 55–62. DOI: 10.22616/ERDev.2024.23.TF012.
5. Андрієнко В. П. Інноваційні технології в освіті: сучасні тенденції та перспективи розвитку. Київ: Видавничий дім «Освіта», 2021. 356 с.
6. Бондаренко О. В. Цифрові технології в агроінженерії: навчальний посібник. Харків: ХНТУСГ, 2020. 278 с.
7. Гончарук В. В. Використання інформаційних технологій у підготовці фахівців аграрного сектору. *Науковий вісник аграрної освіти*, 2022, № 3(45), с. 64–72.
8. Діденко О. М. Інновації в аграрній освіті: від теорії до практики. Львів: Львівський національний аграрний університет, 2019. 312 с.
9. Смельянов П. Г. Розвиток STEM-освіти в аграрних університетах. *Вісник освітніх технологій*, 2021, № 2, с. 89–97.
10. Ковальчук О. П. Інформаційно-комунікаційні технології у вищій аграрній освіті. Вінниця: ВНТУ, 2022. 198 с.
11. Мельник Т. В. Комп'ютерне моделювання в агрономії: методологічні аспекти. *Аграрна наука і освіта*, 2021, № 4(57), с. 112–120.
12. Тарасенко Р. Л. Моделювання агропромислових процесів за допомогою штучного інтелекту. *Журнал «Інноваційні технології в агроінженерії»*, 2022, № 1(12), с. 33–41.