

**Іванова І.Є.**, д.т.н., доцент, **Покопцева Л.А.**, к.с-г.н, доцент,  
**Пашенко Ю.П.**, к.б.н., доцент, **Аюбова Е.М.**, к.б.н., доцент,  
**Яцух О.В.**, к.с-г.н., доцент

Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного

## **МАТЕМАТИЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК ІНСТРУМЕНТ ОПТИМІЗАЦІЇ НАУКОВИХ ЕКСПЕРИМЕНТІВ У ФАХОВІЙ ПІДГОТОВЦІ ЗДОБУВАЧІВ СПЕЦІАЛЬНОСТЕЙ «АГРОНОМІЯ» ТА «ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ»**

***Анотація.** У статті обґрунтовано трансформацію курсу «Основи наукових досліджень» у прикладну методологічну базу для фахівців аграрного та технологічного профілів. Вивчення математичного моделювання дозволяє студентам спеціальностей «Агрономія» та «Харчові технології» перейти від пасивного спостереження до активного конструювання експериментів. Метою роботи є впровадження інноваційних методів моделювання у структуру підготовки для оптимізації реальних наукових досліджень. Опрацьований матеріал формує у здобувачів цілісне уявлення про роль математичних алгоритмів у керуванні якістю рослинної сировини. Використання методів подібності та моделі «плоского факторного поля» забезпечує перехід дослідження на якісний аналітичний рівень. Такий інструментарій дозволяє об'єктивно прогнозувати споживчу придатність продукції та вдосконалювати технології її зберігання й переробки. Запропонована методика допомагає ефективно розв'язувати задачі багатокритеріального вибору, мінімізуючи технологічні ризики та гарантуючи високу якість кінцевого продукту.*

***Ключові слова:** керування якістю, багатокритеріальний вибір, прогнозування придатності, мінімізація технологічних ризиків.*

**Постановка проблеми.** Сучасна парадигма підготовки фахівців у галузях «Агрономія» та «Харчові технології» вимагає переходу від констатуючого опису технологічних процесів до їхнього активного прогнозування та оптимізації. Традиційні методи наукових досліджень у цих сферах часто базуються на тривалих польових дослідках або високовартісних лабораторних експериментах, що в умовах обмежених ресурсів та динамічних змін клімату й ринку стає малоефективним [1; 2].

Критичною проблемою є розрив між теоретичною математичною підготовкою здобувачів та їхньою здатністю застосовувати цей апарат для вирішення прикладних професійних завдань. Впровадження математичного моделювання як наскрізного інструменту в дисципліну «Основи наукових досліджень» дозволяє трансформувати підхід до експерименту: від методу «спроб і помилок» до цілеспрямованого комп'ютерного синтезу оптимальних параметрів [3].

Дана тематика безпосередньо корелює із пріоритетними завданнями державного та галузевого рівнів [4]: цифровізація галузей, ресурсозбереження та екологізація, підвищення якості та безпеки продукції, інтеграція у європейський дослідницький простір (рис.1)



Таким чином, розробка та впровадження методики навчання математичному моделюванню в межах «Основи наукових досліджень» є стратегічним кроком для підготовки інноваційно орієнтованих фахівців агропродовольчого сектору.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема впровадження математичних методів у підготовку фахівців аграрного та харчового профілів перебуває у центрі уваги сучасної наукової спільноти. Теоретичні засади математизації фахової освіти та розробки цифрових компетенцій ґрунтуються на фундаментальних працях вітчизняних та зарубіжних учених, які розглядають математичне моделювання як інструмент об'єктивізації технологічних рішень [5; 6].

У контексті цифровізації агрономії особливе значення мають питання використання інформаційних систем та предиктивної аналітики. Дослідження С. Шворова [7] та О. Тарасенка [8] акцентують увагу на

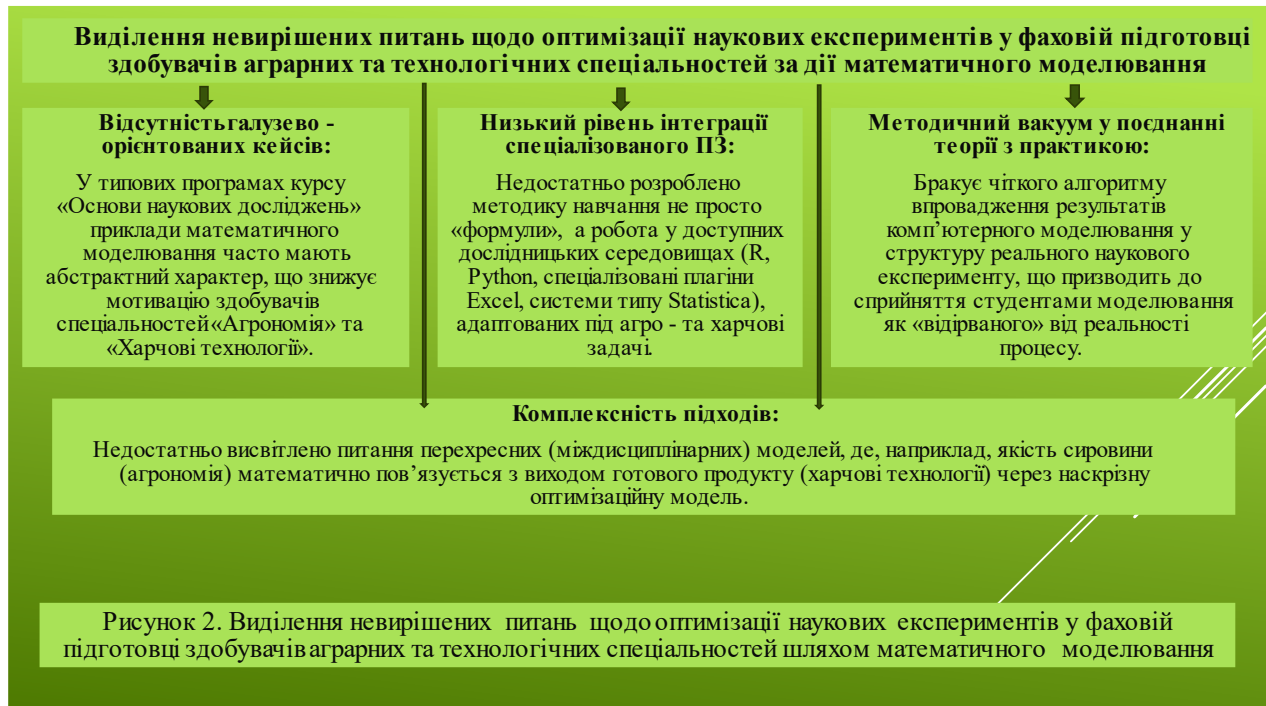
інтеграції інтелектуальних систем керування в освітній процес. Міжнародна наукова спільнота, зокрема розробники та дослідники систем підтримки прийняття рішень (наприклад, моделі DSSAT – Decision Support System for Agrotechnology Transfer), обґрунтовують необхідність переходу від статичних описових моделей до динамічних симуляцій росту культур [9]. Такий підхід дозволяє майбутнім фахівцям не лише констатувати стан посівів, а й здійснювати багатоваріантне прогнозування врожайності залежно від змін кліматичних та ресурсних факторів [10].

Ключового значення набуває математичне моделювання складних біотехнологічних та тепломасообмінних процесів. Фундаментальні дослідження О. Черевка та В. Пересічного закладають теоретичну базу для переходу до предиктивного керування якістю харчових систем. Сучасні європейські наукові школи дедалі частіше використовують методи CFD (обчислювальної гідродинаміки) для візуалізації та аналізу внутрішніх потоків у технологічному обладнанні, що дозволяє мінімізувати енерговитрати. Важливим інструментом оптимізації багатокomпонентних рецептур є статистичні методи планування експерименту, зокрема плани Бокса-Бенкена (Box-Behnken) та методологія поверхні відгуку (RSM). Застосування цих підходів забезпечує математичну точність при проектуванні нових продуктів із заданими властивостями та гарантованими показниками безпеки [11; 12].

У методиці викладання дисципліни «Організація наукових досліджень» (ОНД) фундаментальне значення має системний підхід до формування дослідницьких компетентностей. Значний внесок у розвиток методології наукового пошуку для здобувачів вищої освіти зробили ряд українських науковців-методистів, чії праці заклали основу системного аналізу та логіки наукової роботи. У сучасних умовах ці класичні засади доповнюються цифровими інструментами опрацювання даних, що дозволяє майбутнім фахівцям аграрного та харчового профілів ефективно поєднувати теоретичний аналіз із прикладним моделюванням технологічних процесів [1; 5].

Проте більшість існуючих праць зосереджені або на складних математичних алгоритмах для вузьких фахівців, або на загальнопедагогічних аспектах викладання, залишаючи осторонь питання адаптивної методики для студентів прикладних спеціальностей, які розглянуті у методичних підходах до викладання Надикто В.Т., Іванової І.Є. [13;14], тому потребують викладення та подальшої апробації після виділення невирішених раніше частин загальної проблеми: відсутність галузево-орієнтованих кейсів, низький рівень інтеграції

спеціалізованого практичного заходу, методичний вакуум у поєднанні теорії з практикою, компетентність підходів (Рис 2.).



Виходячи з вищенаведеного, інтеграція інноваційних методів математичного моделювання у викладання дисципліни «Основи наукових досліджень» для спеціальностей «Агрономія» та «Харчові технології» є критичною умовою формування дослідницької компетентності сучасного фахівця.

**Формулювання цілей статті.** Метою статті є теоретичне обґрунтування та методичне розроблення підходів до впровадження інноваційних методів математичного моделювання у структуру дисципліни «Основи наукових досліджень» для здобувачів спеціальностей «Агрономія» та «Харчові технології» як засобу оптимізації реальних наукових експериментів.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** У системі підготовки фахівців аграрного та технологічного профілів дисципліна «Основи наукових досліджень» трансформується з теоретичного курсу в прикладну методологічну базу. Вивчення математичного моделювання в межах цієї дисципліни дозволяє здобувачам перейти від пасивного спостереження до активного конструювання експерименту.

Для аграрних спеціальностей («Агрономія») математичне моделювання є незамінним інструментом оптимізації через біологічну тривалість експериментів. Студенти вчаться створювати цифрові двійники процесів (наприклад, динаміку накопичення параметрів якості залежно від дії абіотичних факторів), що дозволяє відсіяти неефективні гіпотези ще до

виходу в поле або сад. У технологічній сфері моделювання допомагає оптимізувати параметри виробничих ліній, мінімізуючи витрати енергії та сировини [1; 15].

Впровадження таких інструментів у фахову підготовку забезпечує:

1. Прогностичну компетентність: здатність передбачати врожайність, біохімічні показники культур або технологічного циклу сировини за допомогою алгоритмів регресії та кореляції.

2. Ресурсну ефективність: планування експерименту за методами латинських квадратів або факторного аналізу, що дозволяє отримати достовірні дані за мінімальної кількості повторів.

3. Цифрову адаптивність: опанування спеціалізованого ПЗ (наприклад, R-Studio, Python або Statistica) робить випускника конкурентоспроможним на ринку праці, де затребувані навички Data Science в управлінні АПК [10].

Таким чином, математичне моделювання в курсі основ наукових досліджень виступає не лише методом обробки даних, а стратегічним інструментом управління якістю наукового пошуку в умовах цифровізації галузі.

Результати наукових досліджень докторської дисертації Іванової І.Є. («Наукові основи процесів охолодження плодової сировини при зберіганні та переробці») інтегровано в освітній процес факультету агротехнологій та екології ТДАТУ як прикладну базу для опанування методів оптимізації [16].

Ключовим елементом підготовки майбутніх фахівців стало вивчення математичного моделювання якості плодової сировини (на прикладі черешні та вишні). Сформульований авторкою алгоритм безвідходного ланцюга використання сировини дозволяє здобувачам покроково відстежує динаміку біохімічних та технологічних показників на етапах вирощування, зберігання (із застосуванням органічних композицій) та переробки (методом осмотичної дегідратації).

Науково-технічний ефект від впровадження полягає в переході від емпіричного опису технологій до аналітичного моделювання процесів. Це сприяє:

– формуванню навичок побудови математичних моделей для прогнозування термінів зберігання;

– стимулюванню творчої активності студентів через пошук оптимальних параметрів охолодження;

– підготовці фахівців до виконання аналітичних досліджень, де математичний апарат виступає інструментом обробки та узагальнення експериментальних даних.

Такий підхід демонструє студентам роль математичного моделювання як стратегічного інструменту оптимізації сучасних агротехнологічних циклів.

На I етапі вивчення теми «Математичне моделювання процесів формування показників якості плодів» дозволило студентам опанувати методологію комплексного аналізу біологічних систем та оволодіти рядом навичок.

Методологія системного аналізу: студенти вчаться обґрунтовувати взаємозв'язок між абіотичними чинниками (кліматичними параметрами) та функціонально-технологічними показниками сировини, розглядаючи плоди як динамічну систему, чутливу до зовнішніх впливів. Інструментарій інтелектуального аналізу даних (Data Mining): опановано практичне застосування сучасних статистичних методів – найменших квадратів (OLS) та регуляризації LASSO. Це дозволило студентам вирішувати задачу відбору найбільш значущих предикторів серед великої кількості корельованих метеорологічних даних. Робота з багатовимірними даними: студенти вивчають алгоритм зниження розмірності простору змінних за допомогою методу головних компонент (PCA). Це дало змогу трансформувати мультиколінеарні гідрометеорологічні чинники в ортогональні латентні фактори, зберігаючи при цьому максимальний обсяг інформації. Прогностичне моделювання: на основі побудованих регресійних моделей студенти набувають навичок визначення вагомих абіотичних детермінант, що відкриває можливості для прогнозування вмісту сухих речовин, цукрів та кислот у плодах залежно від сценаріїв зміни клімату. Аналітичне мислення: проведено критичний аналіз факторів, що лімітують споживання свіжих плодів в Україні, та оцінено діапазони мінливості якісних характеристик вишні й черешні під впливом нелінійних погодних змін.

У межах модернізації змісту дисципліни «Основи наукових досліджень» (ОНД) у навчальний процес інтегровано багаторівневу систему моделювання складних технологічних процесів. Це дозволило студентам опанувати сучасний науковий апарат через розв'язання прикладних задач галузі.

На II етапі навчання студенти опановують алгоритм фізико-математичного моделювання процесів охолодження плодів черешні та вишні. Методологічною основою етапу є застосування другої теореми

подібності Федермана-Букінгема. У процесі моделювання здобувачі вищої освіти:

- самостійно виводять критеріальні рівняння для різних режимів низькотемпературної обробки;
- використовують безрозмірні критерії (Рейнольдса, Фур'є, Нуссельта) для аналізу конвективного теплообміну;
- на основі спеціалізованого програмного забезпечення формують оптимальні параметри для повільного, інтенсивного, гідродинамічного та комбінованого типів охолодження.

На III етапі робота студентів фокусується на оцінці параметрів якості продукції за допомогою моделі «плоского факторного поля». Студенти проводять глибокий аналіз динаміки якості, оперуючи такими показниками: коефіцієнт зростання  $k_{яз}$  та спадання якості, коефіцієнт відповідності нормативам якості  $k_{вн}$ , питомі коефіцієнти зростання  $\varphi_{яз}$  та спадання якості  $\varphi_{яс}$ .

Це дозволяє майбутнім фахівцям здійснювати об'єктивний порівняльний аналіз сортів, прогнозувати терміни зберігання та обґрунтовувати перспективність впровадження конкретних помологічних сортів у виробництво.

На IV етапі впровадженого кластера математичних моделей студенти опановують методологію багатокритеріальної оптимізації при виборі сировини для переробної промисловості. На прикладі розробки технології інноваційних цукатів із свіжих та заморожених плодів, здобувачі освіти:

- застосовують багатокритеріальний аналіз цільових функцій для визначення сортів із найкращими технологічними властивостями;
- будують ранжирувані ряди помологічних сортів трьох строків досягання за критерієм збереженості біохімічних та товарних показників у процесі заморожування;
- формують збалансований комплекс критеріїв (біохімічних, органолептичних та фізико-хімічних), що дозволяє здійснювати науково обґрунтоване прогнозування придатності сировини до виробництва продуктів з високою доданою вартістю.

Математичне моделювання є стратегічним інструментом оптимізації агротехнологічних циклів, що трансформує підхід від описового до прогностичного управління. Його застосування об'єктивізує оцінку якості сировини та мінімізує виробничі ризики за рахунок всебічного аналізу.

**Висновки.** Завдяки запропонованій методиці студент навчився переходити від суб'єктивного оцінювання сировини до науково

обґрунтованого прогнозування результатів переробки. Це дозволяє майбутньому фахівцю:

1. Опрацювати матеріал та забезпечити формування у студентів цілісного уявлення про роль математичного моделювання як інструменту об'єктивної оцінки та управління якістю рослинної сировини в сучасних умовах.

2. Формування дослідницьких компетентностей: використання методів подібності та критеріального моделювання (теорема Федермана-Букінгема) дозволяє студентам трансформувати емпіричні дані у математичні алгоритми, що забезпечує перехід від описового до аналітичного рівня наукового дослідження.

3. Об'єктивізація оцінки якості: Впровадження моделі «плоского факторного поля» та специфічних коефіцієнтів якості надає студентам інструментарій для кількісного прогнозування споживчої придатності сировини, що є критично важливим для оптимізації сучасних технологій зберігання та переробки.

4. Ефективно розв'язувати задачі багатокритеріального вибору в умовах виробничої невизначеності. Визначати найбільш перспективні сорто-зразки для інноваційних технологій, мінімізуючи технологічні ризики та забезпечуючи стабільно високу якість кінцевого продукту.

### Література

1. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів : НВФ «Українські технології», 2021. 1022 с.

2. Дідух В.Ф. Моделювання та оптимізація технологічних систем : підручник. Луцьк : ЛНТУ, 2017. 432 с.

3. Ткаченко А.С. Цифровізація агропромислового комплексу як чинник підвищення ефективності виробництва. *Агросвіт*. 2021. №5–6. С. 48–54.

4. Заболотний С.Г. Інтеграція української аграрної науки в Європейський дослідницький простір: виклики воєнного часу. *Вісник аграрної науки*. 2023. №11. С. 5–14.

5. Баб'як П.С. Математизація фахової підготовки майбутніх магістрів агрономії в умовах цифровізації освіти. *Інноваційна педагогіка*. 2023. Вип. 58. Т. 2. С. 44–49.

6. Ярош С.О. Методологія математичного моделювання технологічних процесів харчової промисловості: сучасні виклики та цифрова трансформація. *Наукові праці НУХТ*. 2024. Т. 30. №1. С. 15–23.

7. Шворов С.А., Ляшенко В.П. Інтелектуальні системи та цифрові технології в агроінженерії : навчальний посібник. Київ : ЦУЛ, 2020. 256 с.
8. Тарасенко О.В. Моделювання агротехнологічних процесів у системі підготовки фахівців агрономічного профілю. *Техніко-технологічні аспекти розвитку АПК*. 2022. №30 (44). С. 112–118.
9. The DSSAT cropping system model: 30+ years of evolution and application in precision agriculture / Hoogenboom G. et al. *European Journal of Agronomy*. 2021. Vol. 132. Art. 126403.
10. Національна стратегія розвитку освіти в Україні на період до 2030 року (у контексті підготовки кадрів для АПК). Офіційне видання (з оновленнями 2024-2025 рр.). Київ, 2025. 48 с.
11. Черевко О.І., Михайлов В.М. Інноваційні технології харчової продукції: від моделювання до серійного виробництва. Харків : ХДУХТ, 2021. 340 с.
12. Пересічний В.І., Пересічна С.М. Оптимізація складних біотехнологічних систем у ресторанному господарстві та харчовій індустрії. Київ : КНТЕУ, 2022. 288 с.
13. Надикто В.Т., Кістечок О.Д. Основи наукових досліджень : навчальний посібник. Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2017. 516 с.
14. Основи наукових досліджень в агрономії : навчальний посібник / І.Є. Іванова, Т.В. Герасько, Т.М. Тимощук та ін. Запоріжжя : ВПЦ «Люкс», 2026. 241 с.
15. Цілик С.М., Корецька І.Л. Математичне моделювання технологічних процесів як засіб професійної підготовки майбутніх фахівців харчової галузі. *Наукові праці НУХТ*. 2018. Т. 24. №4. С. 25–33.
16. Іванова І.Є. Наукові основи процесів охолодження плодової сировини при зберіганні та переробці : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.12 / Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2026. 546 с.

**Ivanova I., Pokoptseva L., Pashchenko Yu., Aiubova E., Yatsukh O. Mathematical modeling as a tool for optimization of scientific experiments in the professional training of students in the specialties of «Agronomy» and «Food technology»**

**Summary.** *The article substantiates the transformation of the «Fundamentals of Scientific Research» course into an applied methodological framework for agricultural and technological specialists. Studying mathematical modeling allows students majoring in «Agronomy» and «Food Technologies» to*

*transition from passive observation to active experiment design. The work aims to implement innovative modeling methods into the training structure to optimize real-world scientific research. The analyzed material provides students with a comprehensive understanding of the role of mathematical algorithms in plant raw material quality management. Using similarity methods and the "flat factor field" model ensures the transition of research to a qualitative analytical level. Such tools enable objective forecasting of product consumer suitability and the improvement of storage and processing technologies. The proposed methodology helps to effectively solve multi-criteria choice problems, minimizing technological risks and guaranteeing high quality of the final product.*

**Keywords:** *quality management, multi-criteria selection, suitability prediction, technological risk minimization.*

**УДК 338.48:37(477)**

**Ірза Л.В.,** викладач-методист

ВСП «Бердянський фаховий коледж Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного

## **НОВІ ПАРАДИГМИ РОЗВИТКУ ТУРИЗМУ ТА ОСВІТИ В УКРАЇНІ**

***Анотація.** У статті розглядається, як змінюються сфери туризму та освіти в Україні під впливом сучасних криз та нових технологій. Аналізується відхід від застарілих методів і пропонуються нові підходи, що базуються на цифрових рішеннях, доступності для кожного та дбайливому ставленні до ресурсів.*

*Особливу увагу приділено взаємодії туризму та освіти як стратегічних ресурсів відновлення національної економіки. Виявлено ключові тренди, зокрема: цифровізацію освітнього процесу для підготовки фахівців індустрії гостинності, розвиток смарт-туризму та впровадження концепції «навчання впродовж усього життя».*

*Для написання роботи було використано системний аналіз, щоб зрозуміти зв'язок навчання та подорожей. За допомогою порівняння українського та європейського досвіду виявлено кращі практики, а статистичні дані допомогли наочно показати поточну ситуацію в цих галузях.*