

П. М. ЛУБ, Р. І. ПАДЮКА, А. В. ТАТОМИР, Н. Б. ЗАПЛАТИНСЬКИЙ

АЛГОРИТМ УЗГОДЖЕННЯ ЧАСУ ПОЧАТКУ, ОБСЯГІВ ТА ТЕМПІВ РОБІТ У ПРОЕКТАХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ

Розкрито інформаційно-управлінське завдання щодо підвищення ефективності управління проектами технологічних систем у рільництві із врахуванням ймовірного впливу агрометеорологічних умов та сукупного впливу проектного середовища. Основну увагу акцентовано на тому, що ймовірнісний характер природно-кліматичних умов істотно ускладнює узгодження строків, обсягів і темпів виконання робіт, що безпосередньо впливає на рівень урожайності та економічні результати аграрних підприємств. Акцентовано на доцільності використання сучасних інформаційних технологій, методів моделювання й інформаційно-аналітичних систем для підтримки прийняття управлінських рішень під час планування та реалізації проектів технологічних систем. Наведено теоретичні передумови щодо системності та часткової керованості процесів формування показників ефективності зазначених проектів. Розкрито методологічний підхід, який базується на інтеграції відкритих інформаційних ресурсів, багаторічних агрометеорологічних даних і результатів виробничих спостережень із ІТ-сервісами для імітаційного моделювання сезонного виконання робіт у віртуальних проектах технологічних систем. Розроблено алгоритм узгодження складових проектів технологічних систем рільництва, а також створено програмний засіб що дає змогу виконувати статистичне імітаційне моделювання для відповідних робіт у проектах, а відтак оцінювати показники ефективності виконання відповідних робіт, їх своєчасність і статистичні характеристики, ризики та закономірності зміни. Розкрито структуру і головні етапи функціонування статистичної імітаційної моделі віртуального проекту, яка дає змогу відтворювати ймовірнісну динаміку проектного середовища, оцінювати природно зумовлений фонд часу виконання робіт і продуктивність технічних засобів, а також здійснювати багаторазовий аналіз альтернативних сценаріїв реалізації згаданих проектів. Практичну апробацію методики виконано на прикладі проектів збирання врожаю цукрових буряків із використанням багаторічних даних агрометеорологічної станції. За результатами комп'ютерних експериментів встановлено статистичні характеристики оптимального часу початку робіт і фактично зібраних площ, а також обґрунтовано відповідні закони їх розподілу. Підтверджено можливість підвищення обґрунтованості управлінських рішень, зниження ризиків і забезпечення максимального збору врожаю шляхом узгодження часу початку, обсягів і темпів робіт із врахуванням ймовірнісної поведінки проектного середовища.

Ключові слова: алгоритм, проекти, узгодження, технологічна система, програмний засіб, моделювання, управління, ефективність.

P. M. LUB, R. I. PADYUKA, A. V. TATOMYR, N.B. ZAPLATYNSKYI

AN ALGORITHM FOR COORDINATING THE START TIME, WORK VOLUMES, AND EXECUTION RATES IN TECHNOLOGICAL SYSTEM PROJECTS

The article addresses an information and management problem aimed at improving the efficiency of managing projects of technological systems in arable farming, taking into account the probabilistic influence of agrometeorological conditions and the combined impact of the project environment. Emphasis is placed on the fact that the probabilistic nature of natural and climatic conditions significantly complicates the coordination of schedules, work volumes, and execution rates, which directly affects crop yields and the economic performance of agricultural enterprises. The expediency of applying modern information technologies, modeling methods, and information-analytical systems to support managerial decision-making during the planning and implementation of technological system projects is substantiated. The theoretical prerequisites related to the systemic nature and partial controllability of the processes forming the efficiency indicators of such projects are outlined. A methodological approach based on the integration of open information resources, long-term agrometeorological data, and production observation results with IT services for simulation modeling of seasonal work execution in virtual projects of technological systems is presented. An algorithm for coordinating the components of arable farming technological system projects has been developed, along with a software tool that enables statistical simulation modeling of the relevant project works and, consequently, the evaluation of performance indicators, timeliness, statistical characteristics, risks, and patterns of change. The structure and main stages of functioning of a statistical simulation model of a virtual project are described, allowing the reproduction of the probabilistic dynamics of the project environment, the assessment of the naturally determined time fund for work execution and the productivity of technical equipment, as well as repeated analysis of alternative project implementation scenarios. The methodology was practically tested using sugar beet harvesting projects based on long-term data from an agrometeorological station. The results of computer experiments made it possible to determine the statistical characteristics of the optimal start time of operations and the actually harvested areas, as well as to substantiate the corresponding distribution laws. The study confirms the possibility of improving the validity of managerial decisions, reducing risks, and ensuring maximum crop harvesting by coordinating the start time, volumes, and execution rates of works while accounting for the probabilistic behavior of the project environment.

Keywords: algorithm, projects, coordination, technological system, software tool, modeling, management, efficiency.

Вступ. У нинішніх умовах цифрової трансформації інформаційні технології та цифрові сервіси відіграють ключову роль у функціонуванні національної економіки, охоплюючи практично всі галузі – від сфери послуг і торгівлі до енергетики, транспорту та агропромислового комплексу [1]. Сільське господарство характеризується безпосереднім зв'язком із природно-кліматичними умовами, зокрема із рівнем вологості, температурним режимом та іншими агрометеорологічними показниками, вплив яких неможливо нівелювати в процесі виробництва. За таких умов ефективне

планування та виконання польових робіт вимагають активного впровадження інформаційних систем, методів моделювання й інструментів підтримки прийняття рішень, що базуються на систематичному зборі, структуруванні та аналітичній обробці даних.

Розвиток сучасних інформаційно-аналітичних рішень передбачає використання даних агрометеорологічних станцій, інформації безпосередньо від виробників, а також застосування математичних моделей і комп'ютерного моделювання для оцінювання кліматичних умов, динаміки росту сільськогосподарських культур і реалізацію коректних

© П. М. Луб, Р. І. Падюка, А. В. Татомир, Н. Б. Заплатинський, 2026

Вісник Національного технічного університету «ХПІ».

методики відображення їх сукупного впливу на виконання агротехнологічних операцій [2, 3, 4, 5]. Такі підходи дають змогу аналізувати альтернативні сценарії розвитку, досліджувати технологічну ефективність модельованої виробничої системи, причинно-наслідкові зв'язки формування ризиків, раціонально розподіляти ресурси в часі та підвищувати загальну ефективність виробництва в умовах ймовірного впливу кліматичних ризиків.

Паралельно з цим цифровізація аграрного сектору сприяє формуванню єдиного інформаційного простору, в якому цифрові платформи значно активізують обмін знаннями між фермерами, науковими установами та органами державного управління, а також забезпечують глибшу інтеграцію інформаційних систем у процеси управління агровиробництвом. Значні обсяги агрометеорологічних даних у поєднанні з технологіями дистанційного зондування Землі, геоінформаційними системами, методами Big Data та аналітики зумовлюють зростання складності інформаційних систем і моделей, що описують поведінку виробничих систем, водночас відкриваючи нові можливості для управління проектами, підвищення ефективності та конкурентоспроможності аграрної галузі.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить про те, що інформаційні технології дедалі активніше інтегруються в різні сфери аграрного виробництва. Їх застосування охоплює не лише маркетингові інструменти для просування продукції та виходу на ринки збуту, але й цифрові засоби взаємодії з партнерами та дилерськими мережами. Водночас IT-рішення широко використовуються для дистанційного контролю використання матеріально-технічних і енергетичних ресурсів під час виконання польових робіт, а також для оперативного планування й коригування виробничих процесів з урахуванням поточних умов [2, 3, 4, 5]. На сучасному етапі розвитку агросектору інформаційні технології створюють передумови для формування комплексних інформаційно-аналітичних систем, що базуються на сукупності взаємопов'язаних імітаційних моделей [3, 6, 7]. Кожна з таких моделей відображає окремий компонент функціонування виробничої системи – агрометеорологічні чинники, технологічні операції, логістичні процеси, рух матеріальних потоків або управлінські механізми [3]. Поєднання цих компонентів у межах єдиної системи дає змогу отримати цілісне уявлення про динаміку агровиробництва та підвищити обґрунтованість управлінських рішень.

Узагальнення результатів наукових досліджень у галузі агропромислового комплексу підтверджує високу актуальність подальшого розвитку й удосконалення відповідних методів, моделей та інформаційних систем. Їх практичне використання істотно знижує складність управління проектами, забезпечує ефективну підтримку прийняття рішень на

стратегічному й тактичному рівнях та формує надійне інформаційне підґрунтя для розвитку агробізнесу, зокрема через використання фінансових інструментів, таких як ф'ючерсні угоди та кредитні механізми тощо.

Постановка завдання. Метою статті є розкрити теоретичні передумови, алгоритм узгодження складових технологічних проектів рільництва та представити результати розроблення програмного засобу імітаційної моделі й виконання на його основі комп'ютерних експериментів.

Вклад основного матеріалу. Своєчасне виконання польових робіт у рільництві є одним із базових чинників, що безпосередньо впливає на рівень урожайності сільськогосподарських культур і, відповідно, на фінансово-економічні результати діяльності аграрних підприємств [1, 8]. Річний обсяг виробництва формується під впливом сукупності факторів, серед яких домінують природні умови, що характеризуються високим ступенем невизначеності та обмеженими можливостями управлінського впливу. Саме ця залежність зумовлює складність планування й реалізації технологічних процесів у рільництві [9, 10].

Ймовірнісний характер агрометеорологічних умов відповідного сезону обумовлює потребу в постійному уточненні строків виконання окремих технологічних операцій, перегляді їх змісту та коригуванні потреб у матеріально-технічних, енергетичних і трудових ресурсах. У таких умовах зростає роль оперативного моніторингу стану зовнішнього середовища та доступу до актуальної й достовірної інформації, необхідної для прийняття обґрунтованих управлінських рішень щодо доцільності змін у технологіях вирощування сільськогосподарських культур [10].

За цих передумов управління технологічними системами рільництва та планування сезонних польових робіт потребують впровадження сучасних інформаційно-аналітичних систем, побудованих на основі інформаційних технологій. Використання таких систем дає змогу підвищити якість управлінських рішень і забезпечити досягнення планових виробничих показників. Особливого значення набуває розробка моделей, які здатні одночасно враховувати галузеву специфіку рільництва та вплив некерованих природних факторів зовнішнього середовища, що сприяє оптимізації строків виконання робіт, підвищенню адаптивності управління та загальної ефективності виробничих процесів.

Водночас прикладна специфіка рільництва зумовлює необхідність тісної узгодженості виробничих операцій із природними процесами, зокрема ростом і розвитком культурних рослин, змінами агрометеорологічних умов, формуванням агрофону полів і станом ґрунтової родючості, що додатково ускладнює завдання планування та управління в аграрному виробництві [4, 5, 8].

Відповідно до положень теорії систем і методології моделювання, будь-який реальний

фізичний або технологічний процес може бути поданий у формалізованому вигляді, що створює передумови для його дослідження, аналізу та відтворення за різних початкових і зовнішніх умов [9, 11-13]. Такий підхід дає змогу здійснювати порівняльний аналіз альтернативних сценаріїв виконання польових робіт, прогнозувати можливі ризики та обґрунтовувати управлінські рішення для підтримки прийняття рішень на оперативному, тактичному й стратегічному рівнях. Застосування інформаційних технологій у цьому контексті забезпечує поєднання різнорівневих інструментів – від мобільних рішень і сенсорних систем збору даних до комплексних вебплатформ і корпоративних систем управління агровиробництвом, що підвищує точність планування, швидкість реагування на зміни та загальну прогнозованість виробничих систем рільництва.

Побудова моделей технологічних систем у рільництві розпочинається з ґрунтового аналізу причинно-наслідкових зв'язків і формалізації ключових елементів, які визначають ефективність їх функціонування. Особливу увагу на цьому етапі приділяють математичному опису параметрів, що безпосередньо впливають на результати виробничої діяльності [9]. Тривалість виконання польових робіт в агросекторі визначається сукупною дією низки чинників, серед яких присутні як керовані параметри технологічного процесу, так і некеровані впливи, пов'язані з агрометеорологічними та біологічними умовами [7, 11, 14].

З урахуванням імовірнісної природи таких впливів особливого значення набуває пошук і встановлення статистичних закономірностей зміни природно зумовленого фонду часу, у межах якого можливе виконання технологічних операцій із використанням відповідних технічних засобів. Зокрема, визначення тривалості фонду часу для роботи техніки у періоду збирання врожаю дає змогу більш адекватно враховувати обмеження зовнішнього середовища, підвищувати точність прогнозів і обґрунтованість управлінських рішень у процесі планування та організації цих та інших робіт.

Запропонований підхід до виявлення зазначених закономірностей базується на інтеграції відкритих інформаційних джерел, впорядкованих масивів даних, отриманих у процесі виробничих спостережень, а також результатів чисельних комп'ютерних експериментів, реалізованих на основі статистичної імітаційної моделі [14, 15]. Відомо, що імітаційні моделі можна побудувати за різними методами. Нами використано метод Монте-Карло, який застосовується для аналізу систем із високою невизначеністю шляхом багаторазового моделювання "випадкових сценаріїв" із подальшою статистичною обробкою результатів.

Випадкові сценарії генеруються на основі включення до статистичної імітаційної моделі ймовірнісних подій, властивих для періоду збирання врожаю. Це дає змогу виконувати багаторазове моделювання (ітерації моделі) і відтворювати

мінливість впливу агрометеорологічних чинників як на зміну природно зумовленого фонду часу для збирання врожаю (tnz), так і на показники добової продуктивності ($W_{доб}$) технічних засобів (комбайнів) і своєчасність польових робіт загалом.

Виконання комп'ютерного моделювання та математичний аналіз отриманих результатів дозволяє не лише встановити статистичні характеристики tnz в межах заданого календарного періоду, але й здійснити оцінку ризиків. Відомо [4, 7], що параметр tnz характеризує часовий проміжок між плановим початком збиральних робіт ($t_{пр}$) та моментом настання критичних умов, за яких подальше виконання технологічних операцій стає недоцільним.

Керуючись цими теоретичними положеннями нами розроблено алгоритм узгодження складових проєктів технологічної системи на підставі методів моделювання (для прикладу збирання врожаю цукрових буряків) (рис. 1). Цей підхід ґрунтується на нових методиках, методах і моделях, а також використовує статистичне імітаційне моделювання віртуального проєкту завдяки розробленому програмному засобу [12, 13]. Використання цього інструментарію дає змогу менеджерам проєктів підвищити ефективність управлінських рішень у відповідних технологічних системах. Це досягається завдяки узгодженню часу початку, обсягів та темпів виконання польових робіт із ймовірнісним розвитком агрометеорологічної та предметної складових їх проєктного середовища [6, 16, 17]. Це узгодження дає змогу забезпечити максимальний збір вирощеного урожаю.

Реалізація цих етапів дослідження здійснюється на підставі певних процедур і правил, що сукупно окреслюють сутність методики узгодження складових проєктів технологічної системи із умовами проєктного середовища.

Попереднє формування початкових даних (блок 1) щодо можливих обсягів робіт (збирання врожаю) та потужності технічного оснащення уможливує формування складових цих проєктів (блок 2). База знань (блок 1) формується на підставі спостережень метеорологічної станції за розвитком агрометеорологічної та предметної складових проєктного середовища та є основою для формалізації і наступного відображення їх розвитку в статистичній імітаційній моделі віртуального проєкту.

засобу цієї моделі здійснюється ретроспективна кількість реалізацій та моделюється перебіг робіт у проєктах за різного розвитку агрокліматичних умов і різних планових термінів їх початку $t_{пр}$ (блок 3). Аналіз отриманих результатів (блок 4) дає змогу встановити середньобаторічні терміни оптимального початку робіт у проєктах, за яких досягатиметься умова ($Q_{ф} \rightarrow тах$) максимального обсягу ($Q_{ф}$) фактично збраного врожаю (блок 5). У результаті цього узгоджуються обсяги і темпів робіт у проєктах (блок 6), що дає змогу виконати орієнтовне планування робіт та оцінити ефективність як

управління ВТР, так і робіт у згаданих проектах загалом.

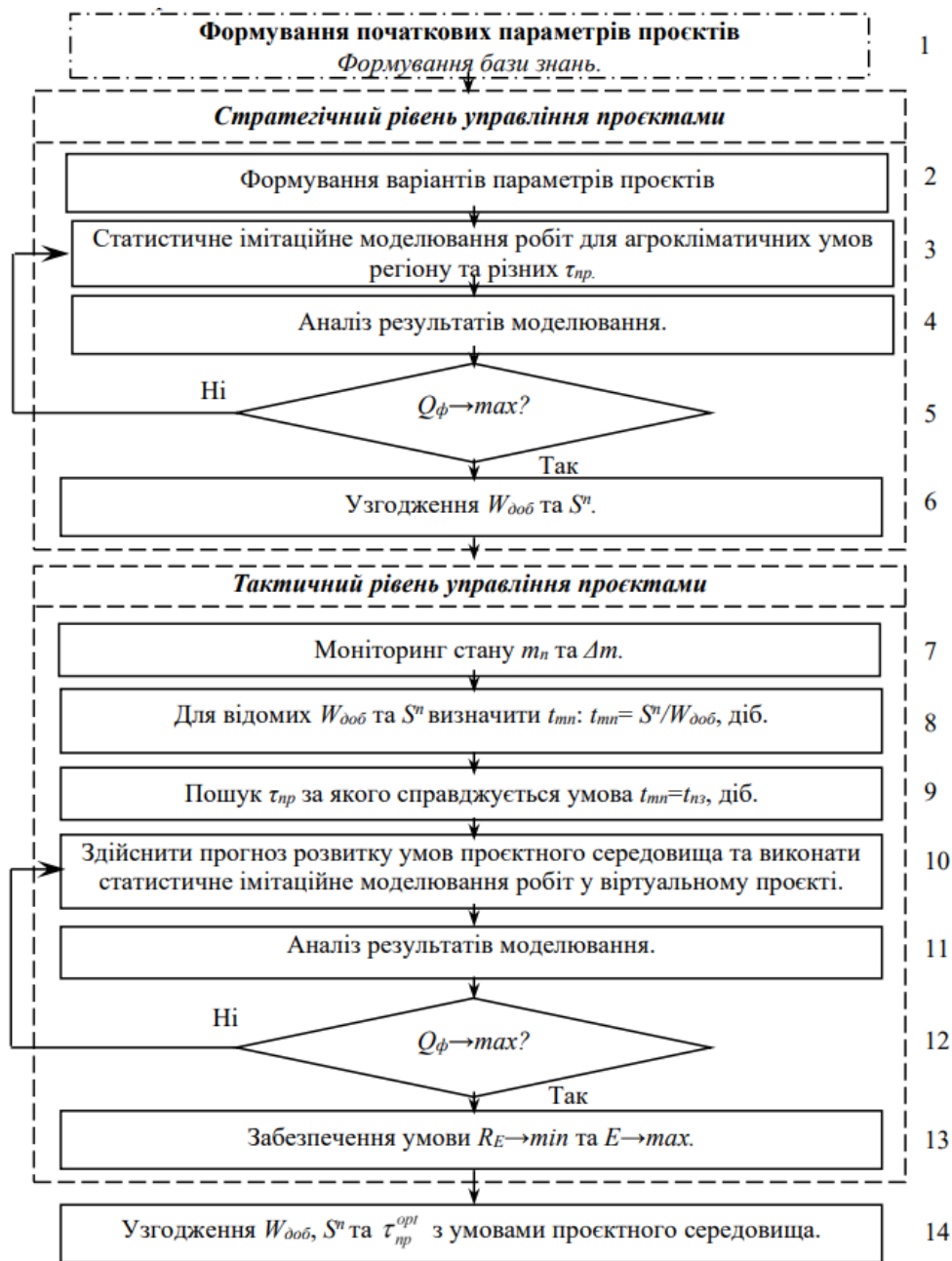


Рис. 1. Алгоритм узгодження складових проектів технологічної системи на підставі методів моделювання

Отримані показники уточнюються на тактичному рівні управління. Зокрема, керуючись встановленими на стратегічному рівні управління проектів середньобагаторічними термінами оптимального початку робіт, здійснюють їх планування, а також моніторинг динаміки поточної зміни умов проектного середовища (блок 7).

Відповідно до обсягів і темпів робіт визначають технологічно потрібний фонд часу (тп) (блок 8). Тоді, керуючись базою знань, зокрема залежністю тривалості (тпз) природно зумовленого фонду часу на виконання бурякозбиральних робіт від часу початку робіт та ризиком цих показників, визначають календарний термін, за якого виникатиме умова

рівності між тп і тпз (блок 9). Відштовхуючись від цього терміну та даних моніторингу за предметними умовами, здійснюють прогноз наступного розвитку умов агрометеорологічної та предметної складових проектного середовища і виконують статистичне імітаційне моделювання робіт у віртуальному проекті за різних планових термінів їх початку (блок 10). Аналіз результатів (блок 11) цього моделювання дає змогу відшукати такий календарний термін початку робіт за якого досягатиметься умова $Q\phi \rightarrow \max$ (блок 12). Початок робіт у цей день дає змогу забезпечити виконання умови $RE \rightarrow \min$ та $E \rightarrow \max$ (блок 13), а відтак узгодити обсяг, темп і час початку робіт у проектах із

відповідними умовами окремого року їх реалізації (блок 14).

Для практичної реалізації наведеної методики нами використано структури даних агрометеорологічної станції Володимирського району Волинської області (для періоду 30 років). Багаторазова реалізація комп'ютерної програми статистичної імітаційної моделі віртуального проекту дала змогу синтезувати дію чинників ефективності цих проєктів, відтворити системно-подієві особливості формування умов проєктного середовища, а також їх вплив на перебіг польових робіт. Виконання комп'ютерних експериментів із моделлю віртуального проекту, для якого наперед задано обсяги та темпи робіт (бурякозбиральний комбайн потужністю – 170 кВт), уможливило

отримання вичерпної множини показників цих проєктів. Систематизація й опрацювання цих інтегрованих функціональних показників на підставі методів математичної статистики та застосування критерію χ^2 Пірсона уможливили обґрунтування моделей їх ризику (рис. 2 та рис. 3) [12, 13].

Опрацювання результатів комп'ютерних експериментів на підставі методів математичної статистики дало змогу встановити статистичні характеристики ризику у проєктах технологічних систем збирання врожаю та обґрунтувати розподіли: 1) оптимального часу (τ_{np}^{opt}) початку бурякозбиральних робіт (рис. 2), доба; 2) обсягів (S_ϕ) фактично зібраних площ (рис. 3), га.

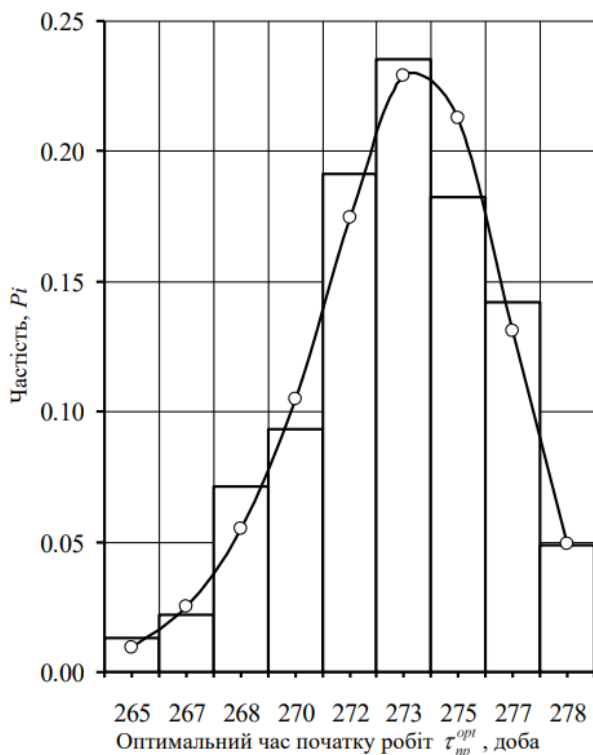


Рис. 2. Гістограма та теоретична крива розподілу оптимального часу початку збирання врожаю цукрових буряків для умов Володимирського р-ну (закон Лапласа-Шарльє).

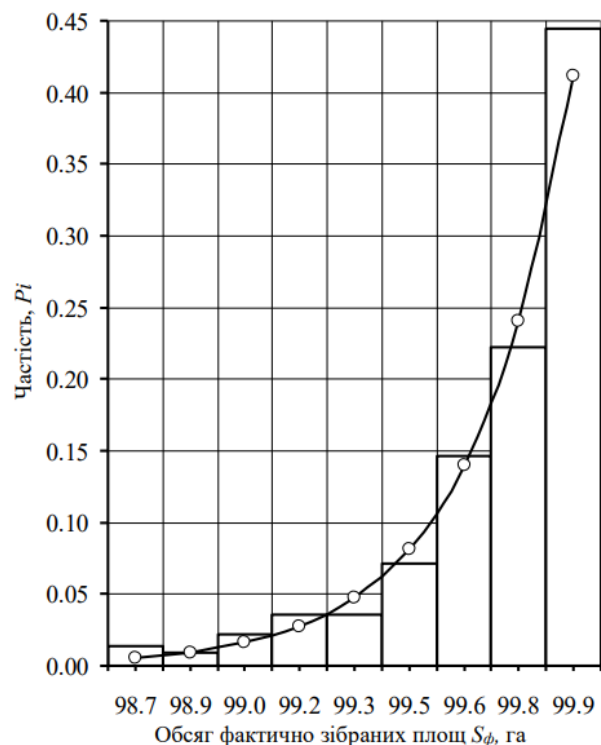


Рис. 3. Гістограма та теоретична крива розподілу обсягу фактично зібраних площ цукрових буряків за τ_{np}^{opt} у проєктах (степеневий закон).

На підставі критерію χ^2 Пірсона обґрунтовано, що емпіричний розподіл τ_{np}^{opt} узгоджується з чотирипараметричним законом Лапласа-Шарльє, а S_ϕ із законом степеневого розподілу.

Зокрема, диференціальна функція розподілу τ_{np}^{opt} має вигляд:

$$f(\tau_{np}^{opt}) = 0,137 \cdot e^{-\frac{t^2}{2}} \left\{ 1 - 0,08 \cdot t \cdot (t^2 - 3) + 0,00003 \cdot [t \cdot (t^2 - 2) - 3(t^2 - 1)] \right\};$$

$$t = \frac{\tau_{np}^{opt} - 272,944}{2,919}. \quad (1)$$

Головні статистичні характеристики розподілу τ_{np}^{opt} : $\bar{M}[\tau_{np}^{opt}] = 272,9$ доба; $\nu[\tau_n^k] = 0,326$. Довірчий інтервал τ_{np}^{opt} лежить у межах 264...279 доби.

Диференціальна функція S_ϕ має вигляд:

$$f(S_\phi) = 0,54 \left(\frac{S_\phi}{100} \right)^{361,918}, \quad (2)$$

Головні статистичні характеристики розподілу S_ϕ : $\bar{M}[S_\phi] = 99,7$ га; $\nu[S_\phi] = 0,177$. Довірчий інтервал S_ϕ лежить у межах 97,9...100 га.

Встановлені статистичні характеристики функціональних показників є важливою підставою управління проектами технологічних систем збирання врожаю на підставі узгодження часу початку, обсягу та темпів робіт із врахуванням ймовірнісної поведінки проектного середовища.

Висновки. Використання інформаційних технологій і методів статистичного імітаційного моделювання є ефективним інструментом підвищення ефективності управління проектами технологічних систем у рільництві із врахуванням стохастичного впливу проектного середовища. Такий підхід дає змогу формалізувати складні виробничі процеси та враховувати невизначеність низки чинників зовнішнього середовища під час планування та реалізації проектів технологічних систем. Реалізована методологія дослідження базується на комп'ютерних експериментах щодо виконання віртуальних проектів технологічної системи збирання врожаю із заданими параметрами та об'єктивним відображенням впливу проектного середовища. Розроблений алгоритм узгодження часу початку, обсягів і темпів виконання робіт дозволяє виконати дослідження й забезпечити більш обґрунтований вибір управлінських рішень шляхом аналізу альтернативних сценаріїв реалізації проектів. Застосування цього підходу дає змогу оцінити виробничі ризики, оптимізувати використання ресурсів і підвищити гнучкість управління технологічними системами.

Застосування програмного засобу статистичної імітаційної моделі віртуального проекту технологічної системи дало змогу довести можливість обґрунтування оптимального часу початку робіт, за якого забезпечуються мінімальний ризик та максимальна ефективність цих проектів. Зокрема, виконання комп'ютерних експериментів (для початкових умов: виробнича програма – 100 га, технічне оснащення потужністю – 170 кВт, поточна маса коренеплодів цукрових буряків – 460,39 г) за модельованих умов проектного середовища дало змогу встановити статистичні характеристики та ризик відповідних функціональних показників. Встановлено, що для заданих параметрів технологічної системи оптимальний час початку робіт знаходиться у межах 22 вересня – 7 жовтня (264–279 доби) ($\bar{M}[\tau_{np}^{opt}] = 272,9$ доба; $v[\tau_{np}^k] = 0,326$), а розподіл цього показника узгоджується із теоретичним законом Лапласа-Шарльє (див. рис. 2). Відповідно, розподіл обсягів фактично зібраних площ ($\bar{M}[S_{\phi}] = 99,7$ га; $v[S_{\phi}] = 0,177$) узгоджується із степеневим законом (див. рис. 3).

Список літератури

1. У держбюджет-2026 заклали 14,1 млрд грн на програми підтримки аграріїв. 2025. URL: <https://agrotimes.ua/agromarket/u-derzhbyudzheta-2026-zaklaly-141-mlrd-grn-na-programy-pidtrymky-agrariyiv/> (дата звернення: 23.01.2026).
2. Днесь В. І. Обґрунтування параметрів зернозбирально-транспортних комплексів для сільськогосподарських

- товаровиробників: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.05.11. Глеваха, 2015. 20 с.
3. Луб П., Смолінський В., Падюка Р., Боярчук О., Станько В. Використання імітаційного моделювання в інформаційних системах підтримки прийняття рішень. *Вісник Львівського національного університету природокористування. Серія «Агроінженерні дослідження»*. 2024. № 28. С. 188–193. doi: 10.31734/agroengineering2024.28.191
 4. Пукас В. Л. Обґрунтування параметрів технічного забезпечення технологічного процесу збирання цукрових буряків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.05.11. Львів, 2020. 22 с.
 5. Спічак В. С. Управління виробничо-технологічним ризиком у проектах збирання цукрових буряків: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: 05.13.22. Львів, 2010. 23 с.
 6. Зюсюн В. І. Дослідження поняття похідних ризиків від розвитку зовнішнього впливу в аспекті діяльності об'єктів господарювання та їх стратегічної стабільності. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія: Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами. 2024. № 2 (9). С. 27–34. doi: 10.36930/40340316
 7. Луб П. М., Березовецький С. А., Падюка Р. І., Чубик Р. В. Інформаційно-аналітичний супровід прийняття рішень у проектах розвитку технологічних систем збирання врожаю. *Вісник НТУ «ХПІ»*. Серія «Стратегічне управління, управління портфелями, програмами та проектами». 2022. № 2 (6). С. 53–57. doi: 10.20998/2413-3000.2022.6.10
 8. Польовий А. М., Божко Л. Ю., Вольвач О. В. *Основи агрометеорології: підручник*. Одеса: ТЕС, 2012. 250 с.
 9. Bertalanffy L., Hofkirchner W., Rousseau D. *General system theory: foundations, development, applications*. 1st ed. New York, NY: George Braziller Inc., 2015.
 10. Lub P., Berезovetsky S., Chubyk R., Ptashnyk V. The research of technological risk of the harvesting projects on the basis of simulation modelling. *Proceedings of the 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT2021)*. Lviv: IEEE, 2021. P. 359–363. doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648701
 11. Jiang W., Shi A., Liu H. Enterprise risk management model based on artificial intelligence algorithms and digital transformation. *Second International Conference on Data Science and Information System (ICDSIS)*. 2024. P. 1–5. doi: 10.1109/ICDSIS61070.2024.10594050.
 12. Rubinstein R. Y., Kroese D. P. *Simulation and the Monte Carlo method*. 3rd ed. New Jersey: Wiley, 2016. doi: 10.1002/9781118631980
 13. Schildt H. C#*: The Complete Reference*. Osborne: The McGraw-Hill Companies, 2003.
 14. Dooley K. Simulation research methods. *Companion to Organizations* / ed. Joel Baum. London: Blackwell, 2002. P. 829–848.
 15. Krzywanski J., Sosnowski M., Grabowska K., Zylka A., Lasek L., Kijo-Kleczkowska A. Advanced Computational Methods for Modeling, Prediction and Optimization – A Review. *Materials*. 2024. Vol. 17, no. 14. 3521. doi: 10.3390/ma17143521
 16. Minyan S. Research on the application mode of financial engineering from the perspective of exchange rate risk management. *International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS)*. 2020. P. 467–470. doi: 10.1109/ICRIS52159.2020.00120
 17. Stoyanova V., Danov P. Comparative analysis of specialized standards and methods on increasing the effectiveness and role of PDCA for risk control in management systems. *10th International Scientific Conference on Computer Science (COMSCI)*. 2022. P. 1–4. doi: 10.1109/COMSCI55378.2022.9912583

References (transliterated)

1. U derzhbyudzheta-2026 zaklaly 14,1 mlrd hrn na prohramy pidtrymky ahrariyiv [The state budget 2026 includes UAH 14.1 billion for farmer support programs]. Available at: <https://agrotimes.ua/agromarket/u-derzhbyudzheta-2026-zaklaly-141-mlrd-grn-na-programy-pidtrymky-agrariyiv/> (accessed 23.01.2026).
2. Dnes' V. I. Obgruntuвання parametriv zernozbyral'no-transportnykh kompleksiv dlya sil'skohospodars'kykh tovarovyrobnykiv: avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand.

- tekh. nauk: spets. 05.05.11 [Substantiation of parameters of grain-harvesting and transport complexes for agricultural producers. Abstract of a thesis candidate tech. sci. diss. 05.05.11]. Hlevakha, 2015. 20 p.
3. Lub P., Smolins'kyu V., Padyuka R., Boyarchuk O., Stan'ko V. Vykorystannya imitatsynoho modelyuvannya v informatsiynkhykh systemakh pidtrymky pryunyattya rishen' [Use of simulation modeling in information systems for decision support]. *Visnyk Lviv's'koho natsional'noho universytetu pryrodokorystuvannya. Seriya "Ahroinzhenerni doslidzhennya"* [Bulletin of Lviv National Environmental University. Series "Agroengineering Research"]. 2024, no. 28, pp. 188–193. doi: 10.31734/agroengineering2024.28.191
 4. Pukas V. L. *Obgruntuvannya parametriv tekhnichnoho zabezpechennya tekhnolohichnoho protsesu zbyrannya tsukrovkykh buryakiv: avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tekhn. nauk: 05.05.11* [Substantiation of parameters of technical support for the technological process of sugar beet harvesting. Abstract of a thesis candidate tech. sci. diss. 05.05.11]. Lviv, 2020. 22 p.
 5. Spichak V. S. *Upravlinnya vyrobnycho-tekhnolohichnym ryzykom u proektakh zbyrannya tsukrovkykh buryakiv: avtoref. dys. na zdobuttya nauk. stupenya kand. tekhn. nauk: spets. 05.13.22* [Management of production and technological risk in sugar beet harvesting projects. Abstract of a thesis candidate tech. sci. diss. 05.13.22]. Lviv, 2010. 23 p.
 6. Zyuzyun V. I. *Doslidzhennya ponyattya pokhidnykh ryzykiv vid rozvytku zovnishn'oho vplyvu v aspekti diyal'nosti ob'yektiv hospodaryuvannya ta yikh stratehichnoyi stabil'nosti* [Research of the concept of derivative risks from the development of external influence in the aspect of business entities' activities and their strategic stability]. *Visnyk NTU "KhPI". Seriya: Stratehichne upravlinnya, upravlinnya portfelyamy, prohramamy ta proektamy* [Bulletin of NTU "KhPI". Series: Strategic Management, Portfolio, Program and Project Management]. 2024, no. 2 (9), pp. 27–34. doi: 10.36930/40340316
 7. Lub P. M., Berezovets'kyu S. A., Padyuka R. I., Chubyk R. V. *Informatsiyno-analitychnyy suprovod pryunyattya rishen' u proyektakh rozvytku tekhnolohichnykh system zbyrannya vrozhayu* [Information and analytical support for decision-making in projects for the development of technological crop harvesting systems]. *Visnyk NTU "KhPI". Seriya "Stratehichne upravlinnya, upravlinnya portfelyamy, prohramamy ta proektamy"* [Bulletin of NTU "KhPI". Series "Strategic Management, Portfolio, Program and Project Management"]. 2022, no. 2 (6), pp. 53–57. doi: 10.20998/2413-3000.2022.6.10
 8. Pol'ovyuy A. M., Bozhko L. Yu., Vol'vach O. V. *Osnovy ahrometeorolohiyi: pidruchnyk* [Fundamentals of agrometeorology: textbook]. Odesa, Vydavnytstvo TES Publ., 2012. 250 p.
 9. Bertalanffy L., Hofkirchner W., Rousseau D. *General system theory. Foundations, development, applications*. 1st ed. New York, NY, George Braziller Inc., 2015.
 10. Lub P., Berezovetsky S., Chubyk R., Ptashnyk V. The research of technological risk of the harvesting projects on the basis of simulation modelling. *Proceedings of 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies, CSIT2021*. Lviv, IEEE, 2021, pp. 359–363. doi: 10.1109/CSIT52700.2021.9648701
 11. Jiang W., Shi A., Liu H. Enterprise risk management model based on artificial intelligence algorithms and digital transformation. *Second International Conference on Data Science and Information System (ICDSIS)*. 2024, pp. 1–5. doi: 10.1109/ICDSIS61070.2024.10594050
 12. Rubinstein R. Y., Kroese D. P. *Simulation and the Monte Carlo method*. 3rd ed. New Jersey, Wiley, 2016. doi: 10.1002/9781118631980
 13. Schildt H. C#. *The Complete Reference*. Osborne, The McGraw-Hill Companies, 2003.
 14. Dooley K. Simulation research methods. *Companion to Organizations*. Joel Baum, ed. London, Blackwell, 2002, pp. 829–848.
 15. Krzywanski J., Sosnowski M., Grabowska K., Zylka A., Lasek L., Kijo-Kleczkowska A. Advanced Computational Methods for Modeling, Prediction and Optimization – A Review. *Materials*. 2024, vol. 17, no. 14, article 3521. doi: 10.3390/ma17143521
 16. Minyan S. Research on the application mode of financial engineering from the perspective of exchange rate risk management. *International Conference on Robots & Intelligent System (ICRIS)*. 2020, pp. 467–470. doi: 10.1109/ICRIS52159.2020.00120
 17. Stoyanova V., Danov P. Comparative analysis of specialized standards and methods on increasing the effectiveness and role of PDCA for risk control in management systems. *10th International Scientific Conference on Computer Science (COMSCI)*. 2022, pp. 1–4. doi: 10.1109/COMSCI55378.2022.9912583

Надійшло (received) 24.01.26

Відомості про авторів / About the Authors

Луб Павло Миронович (Lub Pavlo Mironovych) – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, м. Дубляни, Львівська обл., Україна; e-mail: pollylub@urk.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9600-0969>.

Падюка Роман Іванович (Padyuka Roman Ivanovych) – кандидат технічних наук, доцент кафедри інформаційних технологій Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, м. Дубляни, Львівська обл., Україна; e-mail: padyukaroman@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1542-2559>.

Татомир Андрій Володимирович (Tatomyr Andriy Volodymyrovych) – кандидат технічних наук, в.о. доцента кафедри інформаційних технологій Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, м. Дубляни, Львівська обл., Україна; e-mail: andrew.tatomyr@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2858-3597>.

Заплатинський Назар Богданович (Zaplatynskyi Nazar Bogdanovych) – старший викладач кафедри інформаційних технологій Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, м. Дубляни, Львівська обл., Україна; e-mail: hayk.ukr@gmail.com; ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-7767-8795>.