

*П. М. ЛУБ, С. А. БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ, Р. І. ПАДЮКА, Р. В. ЧУБИК*

## **ІНФОРМАЦІЙНО-АНАЛІТИЧНИЙ СУПРОВІД ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ПРОЕКТАХ РОЗВИТКУ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ**

Розкрито передумови створення та використання інформаційно-аналітичних систем для підтримки прийняття рішень у проектах збирання врожаю культур. Наведено особливості впливу проектного середовища на виконання проектів збирання озимого ріпаку. Акцентовано на вагомості своєчасного виконання робіт у проектах збирання врожаю культури, а також розв'язку завдань із узгодження змісту (технічного оснащення технологічних процесів обприскування стеблостою склеювачами та комбайнового збирання насіння) та часу робіт у проектах. Означено вагомість впливу біологічних процесів досягання озимого ріпаку та агрометеорологічних умов на часові обмеження функціонування технічного оснащення проектів. Зазначено, що такий вплив зумовлює мінливість термінів початку робіт, а також їх тривалості і позначається на функціональних показниках ефективності проектів збирання врожаю озимого ріпаку. Доведено необхідність врахування цих особливостей у статистичній імітаційній моделі проектів технологічної системи збирання врожаю ріпаку. Наведено розробку і результати використання інформаційно-аналітичної системи для підтримки процесів управління проектами. Показано методику врахування впливу проектного середовища (предметні та агрометеорологічні умови) на терміни та своєчасність робіт у проектах збирання врожаю. Описано доцільність створення імітаційних моделей та методику відображення ймовірнісних умов функціонування технічного оснащення проектів збирання врожаю сільськогосподарських культур. Виконано комп'ютерні експерименти з імітаційною моделлю із заданими початковими даними щодо технічного оснащення (висококліренсний обприскувач Mekosan Tecnomat Laser4240-30 та комбайн CLAAS Mega 360), сорту культури та меж її виробничої площі. Розкрито особливості впливу головних складових проектів збирання врожаю сільськогосподарських культур на показники їх ефективності. Моделювання виконано для заданих меж виробничої площі озимого ріпаку – 10-500 га із покровом імітаційним приростом в 10 га. Встановлено кореляційні залежності функціональних показників ефективності технологічних систем від обсягів робіт у проектах за врахування впливу проектного середовища.

**Ключові слова:** інформаційна система; статистичне імітаційне моделювання; управління проектами; зміст та час у проектах; проектне середовище; технічне оснащення; своєчасність робіт; врожай; втрати; ефективність.

*П. М. ЛУБ, С. А. БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ, Р. І. ПАДЮКА, Р. В. ЧУБИК*

## **ІНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЕ СОПРОВОЖДЕНИЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В ПРОЕКТАХ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ УБОРКИ УРОЖАЯ**

Раскрыты предпосылки создания и использования информационно-аналитических систем для поддержки принятия решений в проектах уборки урожая растений. Приведены особенности воздействия проектной среды на выполнение проектов уборки озимого рапса. Акцентировано внимание на весомости своевременного выполнения работ в проектах уборки урожая, а также на решение задач по согласованию содержания (технического оснащения технологических процессов опрыскивания растений склеивателями и комбайновой уборки семян) и времени работ в проектах. Отмечена значимость влияния биологических процессов созревания озимого рапса и агрометеорологических условий на временные ограничения функционирования технического оснащения проектов. Отмечено, что такое влияние приводит к изменчивости сроков начала работ, а также их продолжительности и сказывается на функциональных показателях эффективности проектов уборки урожая озимого рапса. Доказана необходимость учета этих особенностей в статистической имитационной модели проектов технологической системы уборки урожая рапса. Приведены разработка и результаты использования информационно-аналитической системы для поддержки процессов управления проектами. Показана методика учета влияния проектной среды (предметные и агрометеорологические условия) на сроки и своевременность работ в проектах уборки урожая. Описана целесообразность создания имитационных моделей и методика отражения вероятностных условий функционирования технического оснащения проектов уборки урожая сельскохозяйственных культур. Выполнены компьютерные эксперименты с имитационной моделью с заданными начальными данными по техническому оснащению (высококлиренсный опрыскиватель Mekosan Tecnomat Laser4240-30 и комбайн CLAAS Mega 360), сорта культуры и границ ее производственной площади. Раскрыты особенности влияния основных составляющих проектов уборки урожая сельскохозяйственных культур на показатели их эффективности. Моделирование выполнено для заданных пределов производственной площади озимого рапса – 10-500 га с пошаговым ее увеличением – 10 га. Установлены корреляционные зависимости функциональных характеристик эффективности технологических систем от размеров работ в проектах с учетом действия проектной среды.

**Ключевые слова:** информационная система; статистическое имитационное моделирование; управление проектами; содержание и время в проектах; проектная среда; техническая оснастка; своевременность работ; урожай; потери; эффективность.

*P. LUB, S. BEREZOVETSKYI, R. PADYUKA, R. CHUBYK*

## **INFORMATION-ANALYTICAL SUPPORT OF DECISION MAKING IN THE PROJECTS DEVELOPMENT OF HARVESTING TECHNOLOGICAL SYSTEMS**

The prerequisites for the creation and use of information-analytical systems for support decision-making in crop harvesting projects are revealed. The peculiarities of the projects environment impact on the implementation of winter rape harvesting projects are presented. Emphasis is placed on the importance of timely works execution in crop harvesting projects, as well as solving tasks on coordination of content (technical equipment of technological processes of stem spraying and combine seed harvesting) and time of work in projects. The importance of the biological processes impact of winter rapeseed ripening and agrometeorological conditions on the time constraints of the technical equipment operation of projects is indicated. It is noted that this impact determines the variability of the timing of the start of work, as well as their duration and affects the functional performance of winter rapeseed harvesting projects. The necessity of taking into account of these features in the statistical simulation model of the technological system projects of rapeseed harvesting is proved. The development and results of the use of information and analytical system to support project management processes are presented. The method of taking into account the impact of the project environment (subject and agrometeorological conditions) on the timing and timeliness of work in harvesting projects is shown. The expediency of simulation models and methods creating of reflecting the probabilistic conditions of the technical equipment of agricultural crops harvesting projects are described. Computer experiments with a simulation model were performed with the initial data on technical equipment (high-clearance sprayer Mekosan Tecnomat Laser4240-30 and CLAAS

© П. М. Луб, С. А. Березовецький, Р. І. Падюка, Р. В. Чубик, 2022

Mega 360 combine), cultivar and limits of its production area. The peculiarities of the influence of the main components of crop harvesting projects on the indicators of their efficiency are revealed. The simulation was performed for the set limits of the production area of winter rape – 10-500 ha with a stepwise increase of 10 ha. Correlation dependences of functional indicators efficiency of technological systems on volumes of projects works taking into account influence of the project environment are established.

**Keywords:** information system; statistical simulation modeling; project management; content and time in projects; project environment; technical equipment; timeliness of works; harvest; losses; efficiency.

**Вступ.** Проекти розвитку агропромислового комплексу (АПК) України є перспективними з різних причин. Їх реалізація дає змогу гарантувати харчову безпеку держави, наповнення бюджету, задоволення попиту на сільськогосподарську продукцію зовнішніх ринків тощо. Водночас, зазначені проекти характеризуються ризиком через вплив проектного середовища у більшості галузей АПК. Це призводить до невизначеності та формує вимоги до проектних рішень, а відтак вимоги до застосування інформаційних систем із супроводу управлінських рішень.

Характерною особливістю проектів розвитку технологічних систем рільництва є те, що своєчасність робіт у проектах, зокрема із збирання врожаю сільськогосподарських культур, впливає на їх ефективність (позначається на обсягах отриманої продукції). Забезпечення своєчасності цих робіт вимагає дотримуватися різнострокових планів щодо їх виконання, використання різних ресурсів та обробки значних обсягів інформації. Окрім того, через вплив агрометеорологічних умов відповідного календарного періоду роботи можуть відтермінуватися та виконуватися із запізненням. Це призводить до технологічного ризику – вірогідності зниження врожайності культур (технологічних втрат) через несвоєчасність робіт [1].

Врахування цих особливостей проектів розвитку технологічних систем АПК потребує розробки й застосування інформаційно-аналітичних систем для оцінення ризику, а відтак підвищення ефективності управління проектами [2, 3].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** переконує в тому, що для управління проектами сільськогосподарського виробництва застосовують методи статистичного імітаційного моделювання [4], зокрема для обґрунтування параметрів їх технічного оснащення (комплексів сільськогосподарських машин) [5,6,7,8,9]. Слід зазначити, що чинні методи не дають змоги врахувати мінливість проектного середовища, зокрема, предметної та агрометеорологічної складових [10,11]. Оскільки їх вплив є стохастичним то своєчасність робіт у проектах характеризуватиметься ризиком [8]. Врахування цієї особливості проектів збирання врожаю культур [12,13], потребує розроблення та застосування інформаційно-аналітичних систем для врахувати ймовірнісного впливу зовнішнього середовища. Це дасть змогу оцінити технологічний ризик та забезпечити коректність процесів управління проектами.

**Постановка завдання.** Метою статті є розкрити особливості проектів збирання врожаю культур завдяки інформаційно-аналітичному супроводу

процесів управління проектами із врахуванням ймовірнісного впливу проектного середовища.

**Виклад основного матеріалу.** Застосування інформаційно-аналітичних систем для супроводу рішень із управління проектами збирання врожаю культур необхідно здійснювати в контексті відображення та прогнозування часових обмежень на виконання робіт у цих проектах [2,3]. Зокрема, для проектів збирання озимого ріпаку цього можна досягнути завдяки розробці статистичних імітаційних моделей [4,14-16,17], які скеровані на відтворення предметно-біологічних явищ та процесів (рис. 1) [11]: 1) накопичення рослиною ефективних температур повітря; 2) темпів підсихання стручків та досягання насіння рослини; 3) впливу агрометеорологічних умов на фізичний стан агрофону полів (предмета праці) та можливості роботи технічного оснащення тощо [18].

Визначальною особливістю проектів збирання врожаю озимого ріпаку, котрі яка формує терміни та темпи виконання робіт у проектах є те, що процеси досягання стручків і насіння рослини є нерівномірними і довготривалими у часі. Нерівномірність їх досягання призводить до розтріскування стручків та самоосипання насіння, що може сягнути 90-100% втрат [11]. Для "вирівнювання" стиглості насіння, отримання більшої їх олійності, зниження обсягів технологічних втрат, а також збільшення обсягів зібраного врожаю використовують технологію прямого комбайнування із передзбиральним обприскуванням стеблостою склеювачами стручків [19].

Згідно із рекомендаціями практиків, збирати врожай озимого ріпаку можна з моменту появи 70% сухих ( $\varepsilon_{0,7}$ ) стручків на полі. Однак за таких умов втрачається певний обсяг урожаю культури, що може бути отриманий за рахунок приросту  $m$  маси насіння між початком та завершенням робіт у проектах [10]. Доцільність використання показника частки сухих стручків  $\varepsilon$  для прийняття рішення щодо початку робіт ( $\tau_{пр}^{\varepsilon}$ ) полягає в тому, що на практиці в польових умовах простіше і швидше оцінювати стиглість урожаю озимого ріпаку за якісним станом стручків. Це не потребує додаткових витрат часу та обладнання для встановлення середньої вологості й маси насіння.

Відповідно до цього нами створено статистичну імітаційну модель робіт у проектах, що врахує описаний вплив проектного середовища. Її застосування дає змогу реалізувати інформаційно-аналітичний супровід прийняття рішень у проектах завдяки виконанню комп'ютерних експериментів. Опрацювання результатів цих експериментів дає змогу оцінити своєчасність робіт у проектах за різних термінів їх виконання [20].

Використання методів математичної статистики для опрацювання результатів моделювання дало змогу встановити оцінки математичного сподівання

наступних показників: 1) валового обсягу зібраного врожаю; 2) валового обсягу втраченого врожаю; 3) питомі обсяги зібраного врожаю.

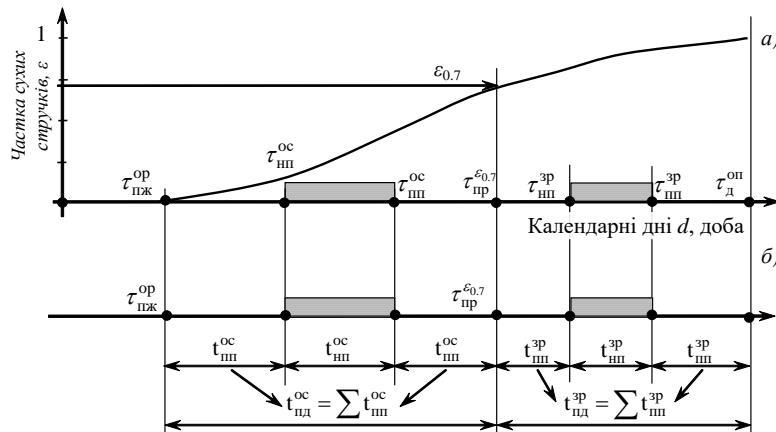


Рис. 1. Відображення впливу природної складової проектного середовища на фонд часу для робіт у проектах збирання врожаю озимого ріпаку: а) календарна зміна стану врожаю; б) природно дозволений фонд часу на виконання робіт;  $t_{ш}^{oc}$ ,  $t_{п}^{oc}$ ,  $t_{ш}^{зр}$ ,  $t_{п}^{зр}$  – відповідно, тривалість погожих та непогожих проміжків;  $t_{пд}^{oc}$ ,  $t_{пд}^{зр}$  – відповідно, тривалість природно дозведеного фонду часу на виконання робіт

Імітаційне моделювання робіт у проектах виконували для заданого варіанту технічного оснащення – Мекосан Теснома Laser 4240-30 та CLAAS Мега 360, яке функціонує в агрометеорологічних умовах Яворівського району Львівської області під час збирання озимого ріпаку сорту Антарія. Статистичне імітаційне моделювання виконували для заданих меж виробничої площі ( $S_r$ ) культури – 10-600 га із покрововим її приростом у 10

га. Це дало змогу встановити закономірності зміни основних функціональних показників ефективності робіт у проектах [20].

Отримані результати (рис. 2) переконують у тому, що початок робіт у проектах збирання врожаю озимого ріпаку з моменту появи 70% сухих стручків ( $\varepsilon_{0,7}$ ) на полі підвищує вірогідність більших обсягів зібраного врожаю та менших його втрат [1].

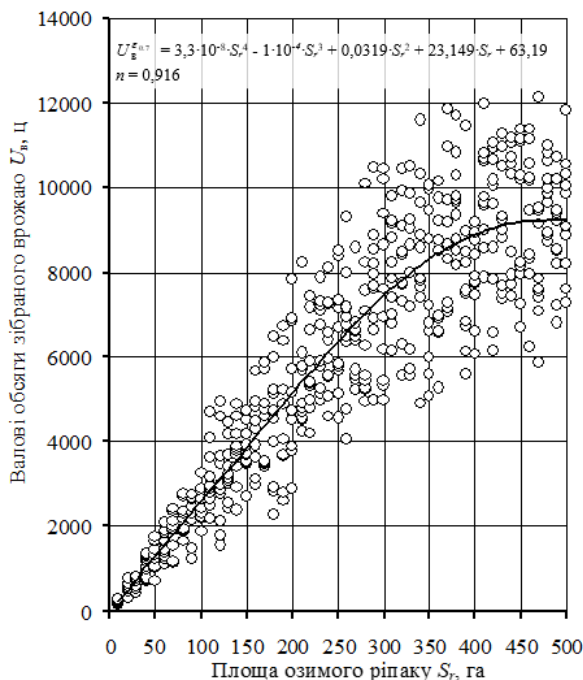


Рис. 2. Залежність валових обсягів зібраного врожаю від площі озимого ріпаку (за умови  $\tau_{пр}^{\varepsilon_{0,7}}$ )

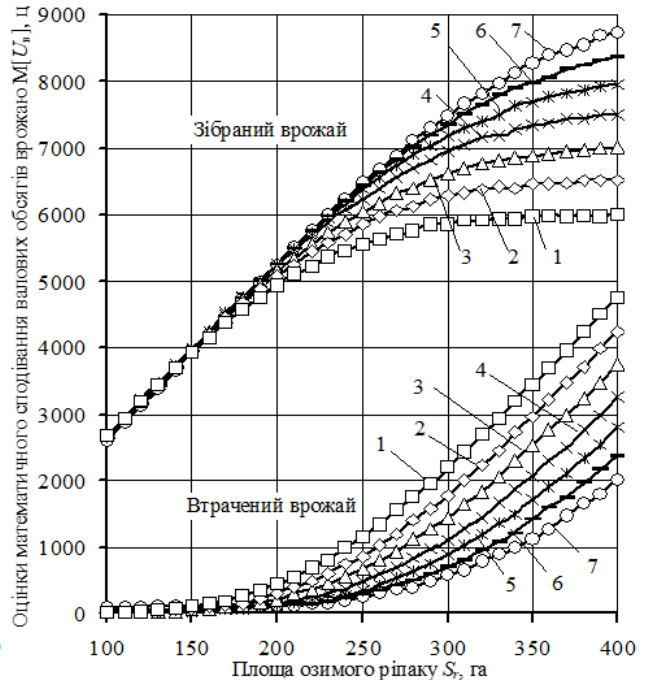


Рис. 3. Залежність оцінок математичного сподівання обсягів зібраного та втраченого врожаю від площі озимого ріпаку за різних планових термінів початку робіт у проектах: 1 –  $\tau_{пр}^{\varepsilon_{1,0}}$ ; 2 –  $\tau_{пр}^{\varepsilon_{0,95}}$ ; 3 –  $\tau_{пр}^{\varepsilon_{0,9}}$ ; 4 –  $\tau_{пр}^{\varepsilon_{0,85}}$ ; 5 –  $\tau_{пр}^{\varepsilon_{0,8}}$ ; 6 –  $\tau_{пр}^{\varepsilon_{0,75}}$ ; 7 –  $\tau_{пр}^{\varepsilon_{0,7}}$

Таблиця 1 – Рівняння та кореляційні залежності оцінок математичного сподівання обсягів технологічних втрат від площі озимого ріпаку за різних планових термінів початку робіт у проєктах

Час початку збиральних робіт $\tau_{\text{пр}}^{\epsilon}$	Рівняння залежності	Кореляційне відношення
$\tau_{\text{пр}}^{\epsilon_{0.7}}$ (70% сухих стручків)	$\overline{M}[U_{\epsilon}^{\epsilon_{0.7}}] = 1 \cdot 10^{-4} \cdot S_r^3 - 0.0388 \cdot S_r^2 + 4.9723 \cdot S_r - 109.08$	0,992
$\tau_{\text{пр}}^{\epsilon_{0.75}}$ (75% сухих стручків)	$\overline{M}[U_{\epsilon}^{\epsilon_{0.75}}] = 9.2 \cdot 10^{-5} \cdot S_r^3 - 0.0269 \cdot S_r^2 + 2.0491 \cdot S_r + 47.814$	0,991
$\tau_{\text{пр}}^{\epsilon_{0.8}}$ (80% сухих стручків)	$\overline{M}[U_{\epsilon}^{\epsilon_{0.8}}] = 7.8 \cdot 10^{-5} \cdot S_r^3 - 0.0099 \cdot S_r^2 - 1.9389 \cdot S_r + 284.55$	0,992
$\tau_{\text{пр}}^{\epsilon_{0.85}}$ (85% сухих стручків)	$\overline{M}[U_{\epsilon}^{\epsilon_{0.85}}] = 5 \cdot 10^{-4} \cdot S_r^3 + 0.0138 \cdot S_r^2 - 6.8683 \cdot S_r + 560.48$	0,992
$\tau_{\text{пр}}^{\epsilon_{0.9}}$ (90% сухих стручків)	$\overline{M}[U_{\epsilon}^{\epsilon_{0.9}}] = 7 \cdot 10^{-6} \cdot S_r^3 + 0.0497 \cdot S_r^2 - 13.828 \cdot S_r + 952.49$	0,993
$\tau_{\text{пр}}^{\epsilon_{0.95}}$ (95% сухих стручків)	$\overline{M}[U_{\epsilon}^{\epsilon_{0.95}}] = 3.9 \cdot 10^{-5} \cdot S_r^3 + 0.0856 \cdot S_r^2 - 20.787 \cdot S_r + 1344.5$	0,992
$\tau_{\text{пр}}^{\epsilon_{1.0}}$ (100% сухих стручків)	$\overline{M}[U_{\epsilon}^{\epsilon_{1.0}}] = -8.2 \cdot 10^{-5} \cdot S_r^3 + 0.118 \cdot S_r^2 - 25.781 \cdot S_r + 1558.4$	0,991

Це говорить про те, що роботи у проєктах виконуватимуться узгоджено із досяганням врожаю. Тоді простій достиглого врожаю на полі буде мінімальним (рис. 3, табл.).

Отже, інформаційно-аналітичний супровід процесів управління проєктами, а також узгодження робіт (часу та змісту проєктів), ресурсів та управлінських рішень із закономірностями впливу проєктного середовища дає змогу знаходити таке їх "співвідношення", за яких прояв технологічного ризику буде незначним та досягатиметься максимум ефективності проєктів.

**Висновки.** Управління проєктами збирання врожаю сільськогосподарських культур передбачає вирішення завдання щодо підвищення їх цінності завдяки врахуванню стохастичного впливу проєктного середовища (зокрема, предметної та агрометеорологічної складових). Розроблення методів і моделей, що враховують ці особливості дасть змогу створити інформаційно-аналітичну систему для підтримки прийняття рішень під час реалізації цих проєктів. Виконання комп'ютерних експериментів із цими моделями дає змогу кількісно оцінити показники ефективності робіт у проєктах, а тоді обґрунтувати управлінські рішення щодо реалізації відповідних процесів на практиці. Отримані результати моделювання переконують у тому, що початок збиральних робіт ( $\tau_{\text{пр}}^{\epsilon}$ ) у проєктах з моменту появи 70% сухих стручків ( $\epsilon_{0.7}$ ) озимого ріпаку дає змогу забезпечити порівняно більші обсяги зібраного врожаю та менші обсяги технологічних втрат (рис. 2 та рис. 3). У такому разі забезпечуватиметься раціональне використання одиниці площі підприємства, порівняно більше завантаження технічного забезпечення проєктів, менші обсяги незібраних площ озимого ріпаку та більший валовий обсяг зібраного врожаю. Встановлені залежності обсягів технологічних втрат від площі озимого ріпаку описуються поліномом третього ступеня (табл.) їх використання дає змогу здійснити вартісне оцінення ефективності інформаційно-аналітичного супроводу проєктів збирання врожаю.

#### Список літератури

- Акимов О. Е. *Дискретная математика. Логика, группы, графы, фракталы*. Москва, 2005. 656 с.
- Про затвердження Методики обчислення вартості машинодня та збитків від простою машин: Постанова Кабінету Міністрів України від 12 липня 2004 р. № 885. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/885-2004-%D0%BF#Text> (дата звернення: 13.12.2021).
- Бушуев С.Д., Бушуев Д.А., Ярошенко Р.Ф. Управління проєктами в умовах «поведінкової економіки». *Управління розвитком складних систем*. 2018, Вип. 33, С. 22-30.
- The Standard for portfolio management. 3-d ed.*, Project management institute, 2013. 189 p.
- Rubinstein R. Y., Kroese D. P. *Simulation and the Monte Carlo method*, 3-rd ed., Wiley, 2016. 432 p.
- Польовий А.М., Божко Л.Ю., Вольвач О.В. *Основи агрометеорології*. Підручник. Одеса: ТЕС, 2012. 250 с.
- Tryhuba R. Ratushny I. Horodetskyu, Y. Molchak and V. Grabovets. The configurations coordination of the projects products of development of the community fire extinguishing systems with the project environment. *CEUR Workshop Proceedingsthis (CEUR-WS.org)*, 2021, 2851, pp. 238-248.
- Tryhuba, V. Boyarchuk, I. Tryhuba, O. Boiarchuk, N. Pavliukha and N. Kovalchuk. Study of the impact of the volume of investments in agrarian projects on the risk of their value. *CEUR Workshop Proceedingsthis (CEUR-WS.org)*, 2021, 2851, pp. 303-313.
- Lub P., Berezovetsky S., Chubyk R. Ptashnyk V. The research of technological risk of the harvesting projects on the basis of simulation modelling. *CEUR Workshop Proceedingsthis (CEUR-WS.org)*, 2568, 2021, pp. 244-249.
- Lub P., Pukas V., Sharybura A., Chubyk R. The information technology use for studying the impact of the project environment on the timelines of the crops harvesting projects. *CEUR Workshop Proceedingsthis (CEUR-WS.org)*, 2851, 2021, pp. 324-333.
- Березовецький С. А. *Обґрунтування параметрів технічного оснащення технологічних систем збирання озимого ріпаку: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня к-та техн. наук: спец. 05.05.11. «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва»*. Львів, 2017. 21 с.
- Лихочвор В.В., Петриченко В. Ф., Іващук П. В., Корнійчук О. В. *Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур*, Львів: НВФ "Українські технології", 2010. 1088 с.
- Bertalanffy L., Hofkirchner W., Rousseau D. *General system theory. Foundations, development, applications*. 1st. ed., George Braziller Inc, New York, NY, 2015. 296 p.
- Koval N., Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Boiarchuk O., Rudynets M., Grabovets V., Onyshchuk V. Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies. *CEUR Workshop Proceedingsthis (CEUR-WS.org)*, 2021, 2917, pp. 196-206.
- Schildt H. C#: *The Complete Reference (Osborne Complete Reference Series)*: The McGraw-Hill/Osborne Media, 2002. 933 p.

16. Davies J. P., Eisenhardt K. M., Bingham C. B. Developing theory through simulation methods. *The Academy of Management Review*. 32(2), 2007, pp. 480-499.
17. Dooley K. *Simulation research methods. Companion to Organizations*, Joel Baum (ed.), London: Blackwell, 2002, pp. 829-848.
18. Bratley P., Fox B., Linus S. *A Guide to Simulation*. Springer, Softcover reprint of the original 2nd ed., 2012. 418 p.
19. Prochnow A., Risius H., Hoffmann T., Chmielewski F.-M. Does climate change affect period, available field time and required capacities for grain harvesting in Brandenburg, Germany? *Agricultural and Forest Meteorology*. Elsevier, 2015. № 203 (2015). pp. 43-53.
20. Пилуок Я.Э. Пиктор – проверенный помощник озимого рапса. *Белорусская нива*. 2010. № 86. С. 3.
21. Вуколов Э.А. *Основы статистического анализа. Практикум по статистическим методам и исследованию операций с использованием пакетов Statistica и Excel: учебное пособие*. 2-е изд., испр. и доп. М.: ФОРУМ, 2012. 464 с.
9. Lub P., Berezovetsky S., Chubyk R. Ptashnyk V. The research of technological risk of the harvesting projects on the basis of simulation modelling. *CEUR Workshop Proceedings* (CEUR-WS.org), 2568, 2021, pp. 244-249.
10. Lub P., Pukas V., Sharybura A., Chubyk R. The information technology use for studying the impact of the project environment on the timelines of the crops harvesting projects. *CEUR Workshop Proceedings* (CEUR-WS.org), 2851, 2021, pp. 324-333.
11. Berezovec'kyj S. A. *Obg'runtovannya parametriv tehnichnoho osnashchennya tehnologichny'h sy'stem zby'rannya ozymogo ripaku: avtoref. dy's. na zdobutyta nauk. stupenya k-ta techn. nauk: specz. 05.05.11 "Mashyny i zasoby mehanizaciyi sil'skogospodars'kogo vy'robny'ctva"* [Grounding of the hardware parameters of the winter oilseed rape harvesting technological systems. Abstract of a thesis candidate eng. sci. diss. (Ph. D.)]. Lviv, 2017. p. 21.
12. Ly'hochvor V.V., Petry'chenko V. F., Ivashchuk P. V., Kornijchuk O. V. *Rosly'mny'ctvo. Tehnologiyi vy'roshchuvannya sil'skogospodars'ky'h kul'tur* [Plant growing. Technology of growing crops], Lviv : NFV "Ukrainian technologies", 2010. 1088 p.
13. Bertalanffy L., Hofkirchner W., Rousseau D. *General system theory. Foundations, development, applications*. 1st. ed., George Braziller Inc, New York, NY, 2015. 296 p.
14. Koval N., Tryhuba A., Kondysiuk I., Tryhuba I., Boiarchuk O., Rudynets M., Grabovets V., Onyshchuk V. Forecasting the fund of time for performance of works in hybrid projects using machine training technologies. *CEUR Workshop Proceedings* (CEUR-WS.org), 2021, 2917, pp. 196-206.
15. Schildt H, C#: *The Complete Reference (Osborne Complete Reference Series)*: The McGraw-Hill/Osborne Media, 2002. 933 p.
16. Davies J. P., Eisenhardt K. M., Bingham C. B. Developing theory through simulation methods. *The Academy of Management Review*. 32(2), 2007, pp. 480-499.
17. Dooley K. *Simulation research methods. Companion to Organizations*, Joel Baum (ed.), London: Blackwell, 2002, pp. 829-848.
18. Bratley P., Fox B., Linus S. *A Guide to Simulation*. Springer, Softcover reprint of the original 2nd ed., 2012. 418 p.
19. Prochnow A., Risius H., Hoffmann T., Chmielewski F.-M. Does climate change affect period, available field time and required capacities for grain harvesting in Brandenburg, Germany? *Agricultural and Forest Meteorology*. Elsevier, 2015. No. 203 (2015). pp. 43-53.
20. Pilyuk YA.E. *Piktor – proverennyi pomoshchnik ozimogo rapsa*. [Pictor – a proven helper of winter oilseed rape], Belorusskaya Niva, Vol. 86, 2010. p. 33.
21. Vukolov E.A. *Osnovy statisticheskogo analiza. Praktikum po statisticheskim metodam i issledovaniyu operatsiy s ispol'zovaniem paketov Statistica i Excel* [Fundamentals of statistical analysis. Workshop on Statistical Methods and Operations Research using packages STATISTICA and EXCEL]: a study guide. 2nd ed., rev. and add. M.: FORUM, 2012. 464 p.

*Надійшло (received) 20.01.2022*

#### *Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors*

**Луб Павло Миронович (Луб Павел Миронович, Lub Pavlo Mironovych)** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інформаційних технологій Львівського національного аграрного університету, м. Дубляни, Україна; e-mail: pollylub@ukr.net; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9600-0969>

**Березовецький Сергій Андрійович (Березовецький Сергей Андреевич, Berezovetskyi Sergiy Andriyovych)** – кандидат технічних наук, в.о. доцента кафедри машинобудування Львівського національного аграрного університету, м. Дубляни, Україна; e-mail: siko@email.ua; ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6011-3726>

**Падюка Роман Іванович (Падюка Роман Иванович, Padyuka Roman Ivanovych)** – кандидат технічних наук, в.о. доцента кафедри інформаційних технологій Львівського національного аграрного університету, м. Дубляни, Україна; e-mail: padyukaroman@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1542-2559>

**Чубик Роман Васильович (Чубык Роман Васильевич, Chubyk Roman Vasylyovych)** – кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри опору матеріалів та будівельної механіки Національного університету Львівська Політехніка, м. Львів, Україна; e-mail: r.chubyk@gmail.com; ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1974-2736>