

ІНЖЕНЕРІЯ МАШИННИХ СИСТЕМ ТА УПРАВЛІННЯ ПРОЕКТАМИ

УДК 658.631

МЕТОД ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНИХ КОМПЛЕКСІВ

О.В. СИДОРЧУК, чл.-кор. НААН, д.т.н., проф., e-mail: sydov@ukr.net, тел.: +38 (04571)- 32-676;

В.І. ДНЕСЬ, зав. сектора,

В.І. СКІБЧИК, наук. співр. – Національний науковий центр «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»;

О.М. СІВАКОВСЬКА, аспірант – Луцький національний технічний університет;

О.В. ШЕЛЕГА, аспірант – Подільський державний агротехнічний університет

РЕЗЮМЕ

Методи дослідження. Для розроблення методу обґрунтування параметрів зернозбирально-транспортних комплексів, який би враховував календарну нерівномірність досягання ранніх зернових культур та стохастичний вплив агрометеорологічних умов на перебіг зернозбиральних проектів використано методи системного підходу, аналізу та синтезу, статистичного імітаційного моделювання, дедукції та індукції, ітерацій.

Результати дослідження. Раціональні параметри технічного оснащення технологічної системи збирання ранніх зернових культур відображаються такими складовими: числом комбайнів; їх потужністю; числом автомобілів; їх вантажністю; кількістю комбайнерів та шоферів. Метод обґрунтування цих параметрів передбачає сім основних етапів дослідження: визначення напруженого періоду у технологічному процесі збирання ранніх зернових культур; означення варіантів комбайнового забезпечення збирально-транспортних комплексів; визначення для кожного варіанту комбайнового забезпечення числа комбайнів для напруженого періоду даного технологічного процесу; визначення числа автомобілів для напруженого періоду технологічного процесу стосовно кожного варіанту комбайнового забезпечення; визначення функціональних показників технологічного процесу збирання і транспортування ранніх зернових культур стосовно кожного варіанту комбайнового забезпечення; визначення раціональних параметрів зернозбирально-транспортних комплексів для кожного варіанту комбайнового забезпечення;

обґрунтування раціональних параметрів зернозбирально-транспортного комплексу. Метод обґрунтування параметрів зернозбирально-транспортних комплексів має враховувати календарну нестабільність досягання ранніх зернових культур, а також стохастичний вплив агрометеорологічних умов на перебіг відповідних проектів. Дотримання означеної вимоги досягається використанням ітераційного методу дослідження на основі статистичного імітаційного моделювання технологічного процесу збирання.

Висновки. Метод обґрунтування параметрів зернозбирально-транспортних комплексів має враховувати календарну нестабільність досягання ранніх зернових культур, а також стохастичний вплив агрометеорологічних умов на перебіг відповідних проектів. Дотримання означеної вимоги досягається використанням ітераційного методу дослідження на основі статистичного імітаційного моделювання технологічного процесу збирання.

Мінімізувати число ітерацій можна на основі планування комп'ютерних експериментів з моделями технологічних систем «поля-комбайни-транспортні засоби». Встановлені етапи обґрунтування раціональних параметрів зернозбирально-транспортних комплексів передбачають дослідження відповідних систем на різних ієрархічних рівнях за певної ідеалізації уможливають планування комп'ютерних експериментів у даному дослідженні.

Ключові слова: параметри, технологічна система, зернозбирально-транспортний процес, статистичне імітаційне моделювання, агрометеорологічні умови.

UDK 658.631

RATIONALE FOR HARVESTING METHOD PARAMETERS TRANSPORT SECTOR

O.V. SYDORCHUK, Corresponding Member of NAAS, PhD, prof., e-mail: sydov@ukr.net, tel.: +38 (04571) – 32-676,

V.I. DNES, Head of dep.,

V.I. SKIBCHYK, Scien. empl. – National scientific center «Institute for Agricultural Engineering and Electrification»;

O.M. SIVAKOVSKA, agrgraduate student – Lutsk National Technical University;

O.V. SHELEHA, agrgraduate student – Podolsk State Agrotechnical University

SUMMARY

The purpose of the research. For the development of justification the method of parameters harvesting transport complexes which would took into account calendar unevenness of ripening of early crops and stochastic the impact of agrometeorological conditions on the course of harvesters projects used methods of system approach, analysis and synthesis, statistical imitating modeling, deduction and induction. iterations.

The results of the research. The rational parameters of technical equipment technological system of harvesting of early grain crops following elements are displayed: the number of harvesters; their power; the number of cars; their carrying capacity; quantity of combine operators and drivers. Method substantiation of these parameters includes seven basic stages of the research: definition of a hard period in the technological process of harvesting of early grain crops; definition of variants combine ensuring harvesting and transport systems; determining for each variant of combine harvesting equipment to provide the number of busy period of the process; determine the number of vehicles for a hard period of the process for each option combine security; determining the functional parameters of technological process of collection and transportation of early grain crops concerning each option combine security; definition of rational parameters harvesting transport systems for each variant combine security; substantiation of of rational

parameters harvesting and transport sector. Method justification parameters of harvesting transport systems should take into account calendar instability of ripening early crops, and conventional the impact of agrometeorological stochastic the course of relevant projects. Compliance with the of that requirements is achieved by using iterative method of based on a statistical research of simulation modeling technological process of collection.

Conclusions. Method substantiation of parameters of harvesting transport systems should take into account calendar the instability of ripening early crops, and stochastic the impact of agro meteorological conditions on the course of the project concerned. Compliance with specified requirements is achieved by using iterative method of research, based on a statistical of simulation modeling technological process of collection. To minimize number of iterations can be based on planning computer experiments with models of technological systems «field-combine-transport vehicles.» Established stages of substantiation rational parameters harvesting transport complexes of providing appropriate research systems at different hierarchical levels by some idealization make possible planning of computer experiments are in this research.

Keywords: parameters, technology system, grain harvesting and transportation process, statistical imitation simulation, agro meteorological conditions.

УДК 658.631

МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ЗЕРНОУБОРОЧНО- ТРАНСПОРТНЫХ КОМПЛЕКСОВ

А.В. СИДОРЧУК, чл.-кор. НААН, д.т.н., проф., e-mail: sydov@ukr.net, тел.: +38 (04571)- 32-676,

В.И. ДНЕСЬ, зав. сектора,

В.И. СКИБЧИК, научн. сотр. – Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»;

А.Н. СИВАКОВСЬКА, аспирант – Луцкий национальный технический университет;

А.В. ШЕЛЕГА, аспирант – Подольский государственный агротехнический университет

РЕЗЮМЕ

Цель исследования. Для разработки метода обоснования параметров зерноуборочно-транспортных комплексов, который учитывал бы календарную неравномерность созревания ранних зерновых культур и стохастическое влияние агрометеорологических условий на ход зерноуборочных проектов использованы методы системного подхода, анализа и синтеза, статистического имитационного моделирования, дедукции и индукции, итераций.

Результаты исследования. Рациональные параметры технического оснащения технологической системы уборки ранних зерновых культур отражаются следующими составляющими: числом комбайнов; их мощностью; числом автомобилей; их грузоподъемностью; количеством комбайнеров и водителей. Метод обоснования этих параметров предусматривает семь основных этапов исследования: определение напряженного периода в технологическом процессе уборки ранних зерновых культур; определение вариантов комбайнового обеспечения уборочно-транспортных комплексов; определение для каждого варианта комбайнового обеспечения числа комбайнов в напряженный период данного технологического процесса; определение числа автомобилей для напряженного периода технологического процесса по каждому варианту комбайнового обеспечения; определение функциональных показателей технологического процесса уборки и транспортировки ранних зерновых культур по каждому варианту комбайнового обеспечения; определение рациональных параметров зерноуборочно-транспортных комплексов для каждого варианта комбайнового обеспечения; обоснование рациональных параметров зерноубо-

рочно-транспортного комплекса. Метод обоснования параметров зерноуборочно-транспортных комплексов должен учитывать календарную нестабильность созревания ранних зерновых культур, а также стохастическое влияние агрометеорологических условий в течении соответствующих проектов. Соблюдение указанного требования достигается использованием итерационного метода исследования на основе статистического имитационного моделирования технологического процесса уборки.

Выводы. Метод обоснования параметров зерноуборочно-транспортных комплексов должен учитывать календарную нестабильность созревания ранних зерновых культур, а также стохастическое влияние агрометеорологических условий на ход соответствующих проектов. Соблюдение указанной требования достигается использованием итерационного метода исследования на основе статистического имитационного моделирования технологического процесса уборки. Минимизировать число итераций можно на основе планирования компьютерных экспериментов с моделями технологических систем «поля-комбайны – транспортные средства». Установлены этапы обоснования рациональных параметров зерноуборочно-транспортных комплексов предусматривают исследования соответствующих систем на различных иерархических уровнях при определенной идеализации позволяют планирование компьютерных экспериментов в данном исследовании.

Ключевые слова: параметры, технологическая система, зерноуборочно-транспортный процесс, статистическое имитационное моделирование, агрометеорологические условия.

ВСТУП

Обсяги врожаю ранніх зернових культур, які щорічно збираються сільськогосподарськими товаровиробниками, значною мірою залежать від їх технічного оснащення, зокрема зернозбиральними комбайнами та транспортними засобами. Сьогодні у більшості сільгосптоваровиробників України цієї техніки є недостатньо для здійснення безвтратного (своєчасного) збирання ранніх зернових культур. За експертними оцінками такі сільгосптоваровиробники щорічно втрачають до 15% вирощеного врожаю [7]. Щоб мінімізувати ці втрати, слід вирішити проблему поповнення парку зернозбиральних комбайнів та транспортних засобів відповідних підприємств.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ.

У розвитку науково-методичних основ обґрунтування технічного забезпечення збирання ранніх зернових можна виділити два підходи: на основі детермінованих моделей [5- 7, 10, 12, 19] та ймовірнісних моделей [2, 4, 8, 11, 13-16 20].

Детерміновані моделі зернозбирального процесу базуються на визначенні оптимальної сезонної площі для одиничного комбайна та оптимальної тривалості збирання. Основним недоліком детермінованих моделей є неврахування стохастичної дії агрометеорологічних умов, а тому отримані на їх основі результати є наближеними.

У роботах [2, 11, 21], висвітлено методи обґрунтування параметрів парку зернозбиральних комбайнів, на основі імітаційних моделей, які дають можливість врахувати дію ймовірних чинників. Проте, вони не враховують часову нерівномірність досягання різних зернових культур на різних полях, а також нестабільність добової продуктивності комбайнів через наявність роси.

Найбільш повно розкривається зернозбиральний процес у роботі [20]. Однак, розроблений метод обґрунтування сезонного навантаження на комбайн не враховує ймовірного впливу роси на відповідний процес, а також забезпеченість його транспортними засобами (автомобілями). На жаль, у цій роботі не розкрито складових добової продуктивності комбайнів, яка значною мірою визначає їхню потребу для того чи іншого сільськогосподарського товаровиробника (СГТ).

Зазначені недоречності частково усунуті у роботах [1, 8, 16]. Зокрема, авторами розглядається процес функціонування комбайна на окремих полях. Однак, у даних роботах розглядалося функціонування лише одного комбайна, що не дає можливості розкрити системну роботу декількох комбайнів. Окрім того, не досліджувалася одночасно робота комбайнів та автомобілів.

Питання узгодження роботи комбайнів і автомобілів під час збирання ранніх зернових культур розглядалося у роботах [8, 15]. Зокрема, авторами розроблений метод обґрунтування кількості комбайнів і автомобілів, які забезпечують своєчасне збирання ранньої зернової культури на заданому полі. Зазначений метод можна використовувати у процесі оперативного планування зернозбиральних робіт за відсутності непогожих інтервалів часу. Якщо ж виникають ці інтервали, а також коли потрібно визначити стратегічну (перспективну) потребу в комбайнах і автомобілях для СГТ із заданими характеристиками виробничих планів, то скористатися цим методом не можливо, оскільки за таких умов збирання ранніх зернових культур буде супроводжуватися втратами. А тому для заданої множини полів із ранніми зерновими культурами виникає задача визначення таких параметрів збирально-транспортного комплексу (ЗТК), які б забезпечили компромісний розв'язок – втрати врожаю та число комбайнів і автомобілів були не надто великими.

Мета дослідження. Розробити метод обґрунтування параметрів зернозбирально-транспортних комплексів, який би враховував календарну нерівномірність досягання ранніх зернових культур та стохастичний вплив агрометеорологічних умов на перебіг зернозбиральних проектів.

Результати дослідження. Раціональні параметри (Z_{TC}^P) технічного оснащення технологічної системи збирання ранніх зернових культур (ТС ЗРЗК) відображаються такими складовими: 1) числом комбайнів N_k ; 2) їх потужністю P_k ; 3) числом N_a автомобілів; 4) їх вантажністю q_a ; 5) кількістю комбайнерів (n_k) та шоферів ($n_{ш}$):

$$Z_{TC}^P = (N_k, P_k, N_a, q_a, n_k, n_{ш}). \quad (1)$$

Для визначення кожної із цих складових розроблено метод, який базується на результатах поетапного розв'язання даної задачі. Обґрунтуємо кожен з цих етапів (рис. 1.). У першу чергу зазначимо, що розроблений метод передбачає вибір кожної із складових на основі порівняння вартісного показника (критерію) технологічного процесу збирання ранніх зернових культур (ТП ЗРЗК). Числове значення вартісного показника визначається за відомих характеристик виробничого плану та заданих складових параметрів технічного оснащення Z_{TC} ТС ЗРЗК. З огляду на те, що складові відповідних параметрів можуть мати різні значення, основною вимогою до методу обґрунтування їх раціональних значень є забезпечення мінімального обсягу необхідних досліджень, що гарантують отримання достовірних результатів. З огляду на це, першим етапом таких досліджень є визначення напруженого періоду у ТП ЗРЗК (рис. 1). У цей період, щоб мінімізувати (усунути) ризик можливих втрат врожаю через несвоєчасність його збирання, параметри Z_{TC}^P мають бути максимальними. Якщо сформулювати ЗТК з максимальними параметрами, що забезпечують своєчасність збирання ранніх зернових культур у напружений період, то він гарантуватиме безвтратне (своєчасне) збирання врожаю і в інші (ненапружені) періоди. Таким чином, напружені періоди ТП ЗРЗК визначаються з метою встановлення початкових параметрів ЗТК, що уможливило мінімізацію числа можливих варіантів досліджень.



Рис. 1. Послідовність етапів обґрунтування раціональних параметрів зернозбирально-транспортного комплексу:

НП – визначення напруженого періоду ТП ЗРЗК;
 ВКЗ – означення варіантів комбайнового забезпечення ЗТК;
 ЧКН – визначення для кожного варіанту комбайнового забезпечення числа комбайнів для напруженого періоду ТП ЗРЗК;
 ЧАН – визначення числа автомобілів для напруженого періоду ТП ЗРЗК стосовно кожного варіанту комбайнового забезпечення;
 ФЗТК – визначення функціональних показників ТП ЗРЗК стосовно кожного варіанту комбайнового забезпечення;
 РПВ ЗТК – визначення раціональних параметрів ЗТК для кожного означеного варіанту комбайнового забезпечення;
 РП ЗТК – обґрунтування раціональних параметрів зернозбирально-транспортного комплексу.

Fig. 1. The sequence of rational parameters substantiation of grain harvesting and transport complex:

CS – definition of hard period TP ZRZK;
 SCC – definition variants combine providing ZTK;
 CHKN – determination for every providing version numbers combine harvesters for busy period TP ZRZK;
 CHAN – determining the number of cars for the busy period TP ZRZK for each variant combine security;
 FZTK – determination of functional parameters TP ZRZK for each variant combine security;
 RPV ZTK – definition of rational parameters ZTK appointed for every variant combine security;
 RP ZTK – substantiation of rational parameters harvesting and transport sector.
 TP ZRZK- technical process of Harvesting early industrial crops
 ZTK- storage of transport complexes

Методика визначення напруженого (напружених) періоду у ТП ЗРЗК полягає у тому, що для різних зернових культур (окремих полів), що входять до виробничого плану збирання, визначається оцінка математичного сподівання $\bar{M}[\tau_{k\gamma}^{\partial}]$ часу досягання кожної k -ї культури на γ -у полі. Це здійснюється за допомогою статистичного імітаційного моделювання відповідного процесу, методика якого розроблена нами [21]. Маючи $\bar{M}[\tau_{k\gamma}^{\partial}]$, а також обсяг площі $S_{k\gamma}$ k -ї культури, яку слід зібрати на γ -у полі, визначається для кожної культури плановий добовий темп ($\bar{W}_{k\gamma}^n$) збирання:

$$\bar{W}_{k\gamma}^n = \frac{S_{k\gamma}}{5}. \quad (2)$$

Число п'ять у цьому виразі означає середній агротехнічно-допустимий термін збирання ранніх зернових культур на тому чи іншому полі, за якого відсутні втрати вирощеного врожаю через його осипання та «стікання» [5, 19].

Відобразивши на календарній вісі часу t графіки $\bar{W}_{k\gamma}^n$ у вигляді прямокутників, можемо спостерігати два характерні випадки їх розміщення – з накладанням та без накладання (рис. 2.). Порівнюючи між собою усі значення $\bar{W}_{k\gamma}^n$, отримані для кожної (j -ї) доби збирального сезону, знаходимо максимальне значення планового середнього добового темпу безвтратного збирання – $\bar{W}_{k\gamma}^n \rightarrow \max$. Це значення позначимо $W_{k\gamma}^n$. Воно орієнтовно характеризує напружений період у ТП ЗРЗК.

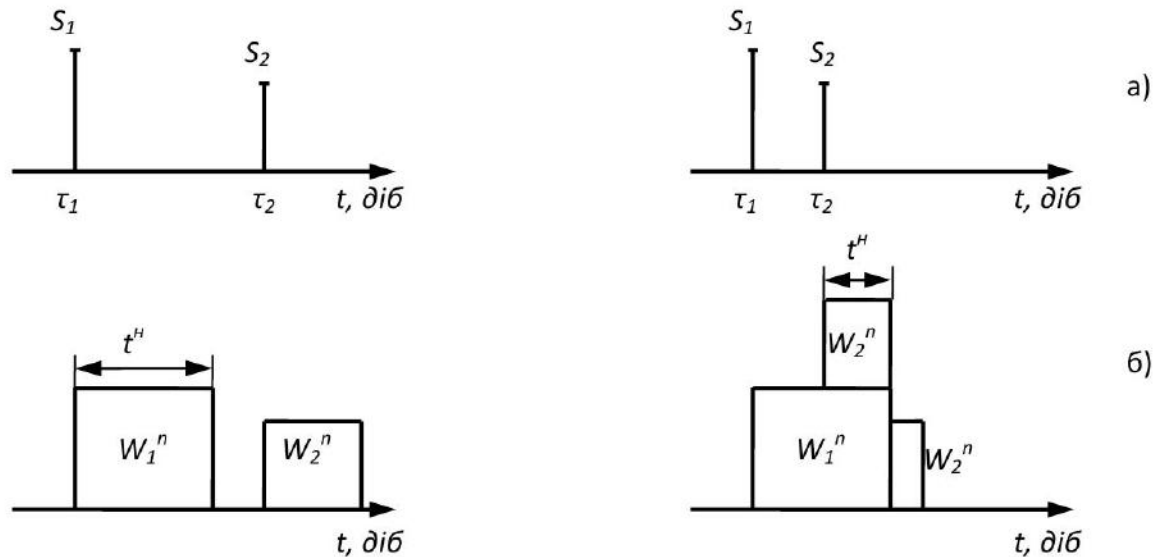


Рис. 2. Графіки можливого дозрівання двох зернових культур на календарній осі часу (а) та планового середнього добового темпу їх збирання (б):

t^H – напружений період у технологічному процесі збирання.

Fig. 2. The graphics of possible ripening of two grain crops in calendar the axis of time (a) and the planned average daily rate of their collection (b):

t – tense period in the technological process of collection.

Наступний етап визначення раціональних параметрів ЗТК закритих ТС ЗРЗК, полягає в орієнтовному визначенні для напруженого періоду їх параметрів Z_{TC}^H . З цією метою, у першу чергу, розглядають множину комбайнів різного типу (марки), які відрізняються між собою потужністю двигуна (P_r^0) та відповідно пропускною здатністю молотарки (q_r) – $\{P_r^0, q_r\}$.

Для кожної марки комбайна із цієї множини визначають добову продуктивність $\omega_{k\gamma}$ під час збирання зернових культур на полях, що належать до напруженого періоду ТП ЗРЗК. Для цього виконується статистичне імітаційне моделювання роботи комбайна r -ї марки на збиранні k -ї культури на γ -у полі. Не вдаючись до аналізу методики даного моделювання, зауважимо, що у цьому разі враховуються прогнозні характеристики зерностеблостою (урожайність та солемистість) ранніх зернових культур та поверхні полів (довжину гону та його ухил), на яких вони достигли. Окрім того, враховується нестабільність безросянистих проміжків часу та

зміна вологості зерностеблостою упродовж доби, а також організаційний режим використання комбайна – в одну, дві або три зміни [15].

З огляду на те, що напружений період ТП ЗРЗК може складатися з однієї або декількох культур, середня добова продуктивність визначається із співвідношення:

$$\bar{\omega}_r^H = \sum_{k\gamma} \omega_{k\gamma r} \cdot P_{k\gamma}, \quad (3)$$

де $P_{k\gamma}$ – ймовірність обсягу k -ї культури на γ -у полі, що планується до збирання у напруженому періоді.

Число комбайнів (N_{rk}^H) r -ї марки, що потрібні для збирання ранніх зернових культур у напружений період визначається із співвідношення:

$$N_{rk}^H = \frac{W_{k\gamma}^H}{\bar{\omega}_r^H}, \quad (4)$$

де $W_{k\gamma}^H$ – плановий добовий темп збирання ранніх зернових культур у напруженому періоді.

Добова продуктивність $\omega_{k\gamma r}$ збирання k -ї культури на γ -у полі комбайном r -ї марки визначається на основі статистичного імітаційного моделювання технологічної системи «поле-комбайн». У цьому разі вважається, що комбайн працює за ідеального транспортного обслуговування – простої комбайна через несвоєчасне транспортне обслуговування відсутні. Окрім того, як уже згадувалося, вважається, що ТП ЗРЗК не переривається непогожими інтервалами часу (збирання відбувається лише за погожих інтервалів). До уваги береться лише вплив на роботу комбайна випадання роси та зміна дефіциту вологості повітря упродовж природнодозволеного добового фонду часу. Під час моделювання технологічної системи «поле-комбайн» враховуються також виробничі характеристики полів – довжина гону та ухил, а також характеристики полів – урожайність, соломистість та вологість. Урожайність та соломистість вважаються характеристиками постійними, а вологість – змінною упродовж доби (визначається зміною дефіциту вологості повітря). З огляду на ймовірнісний характер часу початку та тривалості випадання роси, а також зміни дефіциту вологості повітря упродовж доби, значення добової продуктивності $\omega_{k\gamma r}$ отримують в окремих реалізаціях ТП ЗРЗК різними (неоднаковими). Для розрахунку $\bar{\omega}_r^H$, а також N_{rk}^H використовується середнє значення добової продуктивності $\bar{\omega}_{k\gamma r}$.

Зауважимо, що число N_r^H комбайнів за різних організаційних режимів виконання ТП ЗРЗК буде різним – найбільшим за однозмінного та найменший – за тризмінного організаційного режиму виконання ТП ЗРЗК.

Водночас, потрібна кількість виконавців (комбайнерів, шоферів) за різних організаційних режимів буде також різною. Зокрема, за однозмінного режиму вико-

ристання комбайнів на один комбайн потрібно планувати одного комбайнера. За двохзмінного режиму роботи комбайна потрібно мати двох, а для трьохзмінної – трьох комбайнерів.

З огляду на ймовірний характер часу початку випадання роси та тривалості росянистих проміжків, для різних організаційних режимів ТП ЗРЗК маємо різне значення коефіцієнта використання добового природнодозволеного фонду часу та коефіцієнтів завантаження техніки (комбайнів і транспортних засобів) та виконавців. За трьохзмінного режиму виконання ТП ЗРЗК коефіцієнт використання добового природнодозволеного фонду часу буде максимальним, а коефіцієнт завантаження техніки та виконавців – мінімальним. За однозмінного режиму виконання ТП ЗРЗК (роботи ЗТК) навпаки – коефіцієнт використання добового природнодозволеного фонду часу буде мінімальним, а коефіцієнт завантаження техніки та виконавців – максимальним.

Зауважимо, що збільшення коефіцієнта використання добового природнодозволеного фонду часу супроводжується зростанням добового темпу виконання збирально-транспортних робіт. Водночас, у цьому разі знижується ефективність використання капіталовкладень. А тому компромісним варіантом є організаційний режим з двозмінною роботою ЗТК.

Після обґрунтування варіантів розгляду комбайнового забезпечення ТП ЗРЗК визначають для кожного з них потребу N_{rk}^H у комбайнах для напруженого періоду у відповідному процесі. У цьому разі досліджується система «поля-комбайни» за ідеалізованого впливу агрометеорологічних умов на даний процес. Тобто число комбайнів для напруженого періоду ТП ЗРЗК визначають за відсутності впливу непогоди на їх потребу.

Таблиця 1. Етапи обґрунтування параметрів зернозбирально – транспортного комплексу

Table 1. Stages justification parameters of the grain harvesting – Transport komplex

№	Основні етапи методу обґрунтування раціональних параметрів ЗТК	Підстава означеного стану
1	Визначення напруженого періоду ТП ЗРЗК за відомих характеристик виробничого плану	Часова нерівномірність досягання ранніх зернових культур зумовлює напружені періоди ТП ЗРЗК, які визначають максимальні параметри ЗТК
2	Означення варіантів комбайнового забезпечення ЗТК	Наявність на ринку зернозбиральних комбайнів різної потужності унеможливорює однозначне визначення раціональних параметрів ЗТК
3	Визначення для кожного варіанта комбайнового забезпечення числа комбайнів для напруженого періоду ТП ЗРЗК	Параметри комбайнового забезпечення ЗТК визначаються потужністю комбайнів.
4	Обґрунтування числа автомобілів для кожного варіанту комбайнового забезпечення ЗТК для напруженого періоду ТП ЗРЗК	Потреба в автомобілях залежить від параметрів комбайнового забезпечення ЗТК
5	Визначення функціональних показників ТП ЗРЗК упродовж збирального сезону для кожного варіанту комбайнового забезпечення ЗТК	Функціональні показники ТП ЗРЗК залежать від характеристик виробничих планів збирання ранніх зернових культур та параметрів ЗТК, зокрема параметрів комбайнового забезпечення.
6	Визначення раціональних параметрів ЗТК для кожного варіанту комбайнового забезпечення	Для заданих характеристик виробничого плану існують раціональні параметри ЗТК
7	Обґрунтування раціонального варіанту та параметрів комбайнового та транспортного забезпечення ЗТК	Для заданих характеристик полів виробничого плану з-поміж множини варіантів комбайнового забезпечення існує раціональний

Визначена потреба N_{rk}^H у комбайнах для усіх варіантів комбайнового забезпечення (різних їх марок) є, як уже згадувалось, підставою (відправною точкою) для наступних етапів визначення раціональних параметрів ЗТК, зокрема, для обґрунтування числа N_{ra}^H автомобілів. Опісля здійснюється статистичне імітаційне моделювання ТП ЗРЗК стосовно кожного варіанту комбайнового забезпечення. Це моделювання починається з наявного числа N_{rk}^H комбайнів для кожного варіанту комбайнового забезпечення. Зазначимо, що статистичне імітаційне моделювання ТП ЗРЗК враховує сукупний вплив нестабільності погожих і непогожих інтервалів часу та тривалості випадання роси на перебіг ТП ЗРЗК. Робота (продуктивність) комбайнів розглядається у цьому разі за ідеального функціонування транспорту – вважається, що число транспортних засобів (автомобілів) є достатнім, щоб забезпечити роботу комбайнів без простоїв через відсутність транспорту.

На основі статистичного імітаційного моделювання ТП ЗРЗК для кожного варіанту комбайнового забезпечення визначають раціональні параметри Z_{TCr}^P ЗТК. У цьому разі розв'язується відповідна задача на основі функціонала:

$$\Phi \left[Z_{TCr}^P \leftrightarrow X_n \right] = B_y + Z_{TP} \rightarrow \min$$

де X_n – характеристики виробничого плану;

B_y – питома вартісна оцінка втрат вирошеного врожаю через несвоєчасність збирання грн./га;

Z_{TP} – зведені питомі витрати коштів у технологічному процесі збирання та транспортування зерна ранніх зернових культур, грн./га.

На основі отриманих раціональних параметрів Z_{TCr}^P ЗТК для кожного варіанту комбайнового забезпечення ТП ЗРЗК визначають варіант, за якого збирання виконується з мінімальними сумарними питомими витра-

тами коштів на виконання ТП ЗРЗК та вартісною оцінкою втрат урожаю від несвочасного його збирання. Цей варіант дає змогу визначити раціональні параметри ЗТК як за маркою комбайнів, так і їх числом та числом транспортних засобів (автомобілів).

Результати застосування даного методу перевірені в умовах ДП Реком-С ПП Реком. Вони свідчать про його адекватність.

ВИСНОВКИ

1. Метод обґрунтування параметрів зернозбирально-транспортних комплексів має враховувати календарну нестабільність досягання ранніх зернових культур, а також стохастичний вплив агрометеорологічних умов на перебіг відповідних проектів.

2. Дотримання означеної вимоги досягається використанням ітераційного методу дослідження на основі статистичного імітаційного моделювання технологічного процесу збирання.

3. Мінімізувати число ітерацій можна на основі планування комп'ютерних експериментів з моделями технологічних систем «поля-комбайни-транспортні засоби».

4. Встановлені етапи обґрунтування раціональних параметрів зернозбирально-транспортних комплексів передбачають дослідження відповідних систем на різних ієрархічних рівнях, а також певних ідеалізацій. Вони лежать в основі планування комп'ютерних експериментів у даному дослідженні.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Головні моделі обґрунтування змісту проекту поповнення та використання парку зернозбиральних комбайнів в Україні / О.В.Сидорчук, С.Р.Сенчук, В.М.Боярчук, Л.Л.Сидорчук // *Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвід. темат. наук. зб., – Глеваха, 2006, Вип. 90. – С.243-252.*

2. Грибинюк А.Н. Обоснование парка зерноуборочных комбайнов хозяйства / Грибинюк А.Н. // *Механизация и электрификация сел. хозяйства. – 1991. – №4. – С.15-16.*

3. Державне сприяння розвитку централізованого збирання зернових культур / О.В.Сидорчук, М.К.Лінник, С.Р.Сенчук, П.В.Гринько // *Науковий вісник. НАУ. – Вип.73. ч.2. – Київ, 2004. – С.27-31.*

4. Днесь В.І. Прогнозування дат досягання ранніх зернових культур на основі моделювання / Днесь В.І., В.І. Скібчик, С.Г.Жуль // *Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвід. темат. наук. зб., Глеваха, 2014, Вип.99. –Т2. –С.384- 755.*

5. Жалнин Э.В. Техническое обеспечение уборки зерновых: проблемы, пути решения / Жалнин Э.В.// *Земледелие, 1989. –№8. – С.10-13.*

6. Завалишин Ф.С. Основы расчета механизированных процессов в растениеводстве / Завалишин Ф.С.// *М.: Колос, 1973. – 319 с.*

7. Киртбая Ю.К. Резервы в использовании машинотракторного парка / Киртбая Ю.К. // *М.: Колос. – 1982 – 320 с.*

8. Множина основних подій та особливості їх планування у проектах збирання ранніх зернових культур/ Сидорчук О.В., Днесь В.І., Скібчик В.І. [та ін.] // *Міжвід. темат. наук. зб. Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвід. темат. наук. зб., Глеваха, 2011. Вип. 95. – С. 375 – 384.*

9. Оптимізація тривалості життєвого циклу інтегрованих програм збирання зернових культур / [Сидорчук О., Тригуба А., Макачук О. та ін.] // *MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin, Vol.14, №4. – 2012. – С. 131-140.*

10. Погорілий Л. Концепція прискореного розв'язання проблеми забезпечення сільськогосподарського виробництва України зернозбиральною технікою / Л. Погорілий, С. Коваль // *Техніка АПК. 2002. №7 9. С. 6 15*

11. Ризик добового робочого фонду часу зернозбирального комбайна / [Панюра Я., Сидорчук О., Тригуба А., Боярчук В., та ін.] // *Техніка АПК. – 2006. – № 4.– С. 12-14.*

12. Рунчев М.С. Организация уборочных работ специализированными комплексами / Рунчев М.С., Липкович Э.И., Жуков В.Я.// *М.: Колос, 1980.- 223 с.*

13. Сезонна програма та ризик у процесі централізованого збирання зернових / О.В.Сидорчук, В.О.Тимочко, С.Р.Сенчук, Є.М. Ціп // *Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвід. темат. наук. зб., Глеваха, 2002. Вип.86 – С.143-149.*

14. Сидорчук О.В. Методика узгодження обслуговуючих і сервісних програм збирання ранніх зернових культур / О.В. Сидорчук// *Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвід. темат. наук. зб., Глеваха, 2014. Вип. 99. Т.1.– С 354-364.*

15. Сидорчук О.В. Множина задач узгодження робіт у проектах збирання ранніх зернових культур / Сидорчук О.В., Днесь В.І., Комарницький С.П // *Східно-європейський журнал*

передових технологій – Харків: Технологический центр, 2011. – №1/5(49). – С22-25.

16. Сидорчук О.В. Обґрунтування алгоритму моделювання та оптимізації сезонної програми зернозбирального комбайна / Сидорчук О.В., Боярчук В.М., Сидорчук Л.Л. // Техніка АПК. – 2007. – № 4-5. – С.8-11.

17. Сидорчук О.В. Планування механізованих зернозбиральних робіт і проектів: [монографія] / Сидорчук О.В.; За редакцією В.В. Адамчука. – Ніжин: Видавець П.П. Лисенко., 2013. – 157 с.

18. Синтез чинників продуктивності комбайна / Боярчук В.М., Тимочко В.О., Сидорчук Л.Л., Комарніцький С.П. // Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження – 2006. – № 10. – С. 18-24.

19. Табашников А.Т. Оптимизация уборки зерновых и кормовых культур / А.Т. Табашников // М.: Агропромиздат, 1985. – 159 с.

20. Ціп Є.І. Технологічні підстави визначення сезонного навантаження на зернозбиральний комбайн машинотехнологічної станції / Є.І. Ціп // Механізація та електрифікація сільського господарства: Міжвід. темат. наук. зб., Глеваха, 2000. Вип.83. – С. 105-109.

BIBLIOGRAFIYA

1. Holovni modeli obgruntuvannya zmistu proektu popovnennya ta vykorystannya parku zernozbyral'nykh kombayniv v Ukraini / O.V.Sydorchuk, S.R.Senchuk, V.M.Boyarchuk, L.L.Sydorchuk // Mekhanizatsiya ta elektrifikatsiya sil's'koho hospodarstva: Mizhvid. temat. nauk. zb., – Hlevakha, 2006, Vyp. 90. – S.243-252.

2. Hrybnyuk A.N. Obosnovanye parka zernoborochnykh kombaynov khozyaystva / Hrybnyuk A.N. // Mekhanyzatsiya y elektrifykatsiya sel. khozyaystva. – 1991. – №4. – S.15-16.

3. Derzhavne spryannya rozvytku tsentralizovanoho zbyrannya zernovykh kul'tur / O.V.Sydorchuk, M.K.Linnyk, S.R.Senchuk, P.V.Hryn'ko // Naukovyy visnyk. NAU. – Vyp.73. ch.2. – Kyiv, 2004. – S.27-31.

4. Dnes' V.I. Prohnozuvannya dat dostyhannya rannikh zernovykh kul'tur na osnovi modelyuvannya / Dnes' V.I., V.I. Skibchik, S.H.Zhul' // Mekhanizatsiya ta elektrifikatsiya sil's'koho hospodarstva: Mizhvid. temat. nauk. zb., Hlevakha, 2014, Vyp.99. –T2. –S.384- 755.

5. Zhalnyn E.V. Tekhnicheskoe obespechenie uborky zernovykh: problemy, puty resheniya / Zhalnyn E.V. // Zemledelenye, 1989. -№8. – S.10-13.

6. Zavalyshyn F.S. Osnovy rascheta mekhanizirovannykh protsessov v rastenyevodstve / Zavalyshyn F.S. // M.: Kolos, 1973. – 319 s.

7. Kyrtbaya Yu.K. Rezervy v yspol'zovanny mashynotraktornoho parka / Kyrtbaya Yu.K. // M.: Kolos. – 1982 – 320 s.

8. Mnozhyna osnovnykh podiy ta osoblyvosti yikh planuvannya u proektakh zbyrannya rannikh zernovykh kul'tur/ Sydorchuk O.V., Dnes' V.I., Skibchik V.I. [ta in.] // Mizhvid. temat. nauk. zb. Mekhanizatsiya ta elektrifikatsiya sil's'koho hospodarstva: Mizhvid. temat. nauk. zb., Hlevakha, 2011. Vyp. 95. – S. 375 – 384.

9. Optymizatsiya tryvalosti zhyttyevoho tsykladu intehrovanykh prohram zbyrannya zernovykh kul'tur / [Sydorchuk O., Tryhuba A., Makarchuk O. ta in.] // MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture. – Lublin, Vol.14, №4. – 2012. – S. 131-140.

10. Pohorilyy L. Kontseptsiya pryskorenoho rozv'yazannya problemy zabezpechennya sil's'kohospodars'koho vyrobnytstva Ukrainy zernozbyral'noyu tekhnikoyu / L. Pohorilyy, S. Koval' // Tekhnika APK. 2002. №7 9. S. 6 15

11. Ryzyk dobovoho robochoho fondu chasu zernozbyral'noho kombayna / [Panyura Ya., Sydorchuk O., Tryhuba A., Boyarchuk V., ta in.] // Tekhnika APK. – 2006. – № 4. – S. 12-14.

12. Runchev M.S. Orhanyzatsiya uborochnykh rabot spetsyalizirovannymy kompleksamy / Runchev M.S., Lypkovych E.Y., Zhukov V.Ya. // M.: Kolos, 1980. – 223 s.

13. Sezonna prohrama ta ryzyk u protsesi tsentralizovanoho zbyrannya zernovykh / O.V.Sydorchuk, V.O.Tymochko, S.R.Senchuk, Ye.M. Tsip // Mekhanizatsiya ta elektrifikatsiya sil's'koho hospodarstva: Mizhvid. temat. nauk. zb., Hlevakha, 2002. Vyp.86 – S.143-149.

14. Sydorchuk O.V. Metodyka uzgodzhennya obsluhovuyuchykh i servisnykh prohram zbyrannya rannikh zernovykh kul'tur / O.V. Sydorchuk// Mekhanizatsiya ta elektrifikatsiya sil's'koho hospodarstva: Mizhvid. temat. nauk. zb., Hlevakha, 2014. Vyp. 99. T.1. – S 354-364.

15. Sydorchuk O.V. Mnozhyna zadach uzgodzhennya robit u proektakh zbyrannya rannikh zernovykh kul'tur / Sydorchuk O.V., Dnes' V.I., Komarnits'kyy S.P // Skhidno-yevropeys'kyy zhurnal peredovykh tekhnolohiy – Kharkiv: Tekhnolohicheskyy tsentr, 2011. – №1/5(49). –S22-25.

16. Sydorchuk O.V. Obgruntuvannya alhorytmu modelyuvannya ta optymizatsiyi sezonnoyi prohramy zernozbyral'noho kombayna / Sydorchuk O.V., Boyarchuk V.M., Sydorchuk L.L. // Tekhnika APK. – 2007. – № 4-5. – S.8-11.

17. Sydorchuk O.V. Planuvannya mekhanizovanykh zernozbyral'nykh robit i proektiv:

[monohrafiya] / Sydorchuk O.V.; Za redaktsiyeyu V.V. Adamchuka. – Nizhyn: Vydavets' P.P. Lysenko., 2013. – 157 s.

18. Syntez chynnykiv produktyvnosti kombayna / Boyarchuk V.M., Tymochko V.O., Sydorchuk L.L., Komarnitsky S.P. // Visnyk L'vivs'koho derzhavnoho ahrarnoho universytetu: Ahroinzhenerni doslidzhennya – 2006. – № 10. – S. 18-24.

19. Tabashnykov A.T. Optymyzatsyya uborky zernovykh y kormovykh kul'tur / A.T. Tabashnykov // M.: Ahropromyzdat, 1985. – 159 s.

20. Tsip Ye.I. Tekhnolohichni pidstavy vyznachennya sezonnoho navantazhennya na zernozbyral'nyy kombayn mashynotekhnolohichnoyi stantsiyi / Ye.I. Tsip // Mekhanizatsiya ta elektryfikatsiya sil's'koho hospodarstva: Mizhvid. temat. nauk. zb., Hlevakha, 2000. Vyp.83.– S. 105-109.