

УДК 631.171:631.56:633.1+004.942

Метод обґрунтування раціональних параметрів технічного оснащення пунктів післязбиральної обробки зерна

Сидорчук О. В., акад. НААН, д.т.н., проф., заст. директора з наук. роботи, ННЦ «ІМЕСГ», e-mail: sydov@ukr.net, тел.: +38 (04571)-32-676

Днесь В. І., к.т.н., в.о. зав. відділу, ННЦ «ІМЕСГ», e-mail: vik31@ua.fm, тел. +380971846320

Скібчик В. І., к.т.н., н.с., ННЦ «ІМЕСГ», e-mail: skibczyk05@gmail.com, тел. +380972413987

Сидорчук Л. Л., к.т.н., в.о. доц. кафедри управління проектами та безпеки виробництва, Львівський національний аграрний університет, e-mail: leonid42@ukr.net, тел.: +380972359530

Сіваковська О. М., к.т.н., асист. кафедри комп'ютерних технологій, Луцький національний технічний університет, e-mail: sivom@ukr.net, тел.: +380961305556

Анотація

Мета. Розкрити метод обґрунтування параметрів технічного оснащення пунктів післязбиральної обробки врожаю ранніх зернових культур на основі спільного статистичного імітаційного моделювання збирання та післязбиральної обробки зерна, який враховує системну залежність їх функціональних показників від характеристик виробничих планів збирання цих культур та параметрів технічного оснащення зазначених процесів за стохастичної дії агрометеорологічних умов.

Методи. У дослідженні було використано методи аналізу та синтезу, індукції та дедукції, системно-чинникового та системно-подієвого підходів до дослідження технологічних систем збирання і післязбиральної обробки зерна.

Результати. Метод обґрунтування раціональних параметрів технічного оснащення пунктів післязбиральної обробки зерна, блок-схема алгоритму методу обґрунтування раціональних параметрів технічного оснащення пунктів післязбиральної обробки зерна.

Висновки

1. Аналіз чинних методів та моделей обґрунтування параметрів пунктів післязбиральної обробки зерна свідчить про те, що відсутній підхід системного обґрунтування цих параметрів, який би враховував сукупний вплив характеристик виробничих планів, параметрів збирально-транспортних комплексів, стохастичних агрометеорологічних умов на формування потоків зерна на пункти, а також вплив технологічних процесів

післязбиральної обробки зерна на роботу збирально-транспортних комплексів.

2. Розроблений метод обґрунтування раціональних параметрів пунктів післязбиральної обробки зерна передбачає виконання 16 етапів. Він базується на статистичному імітаційному моделюванні сукупного виконання технологічних процесів збирання та післязбиральної обробки врожаю ранніх зернових культур і дає змогу врахувати системний вплив характеристик виробничих планів, параметрів збирально-транспортних комплексів і технічного оснащення пунктів на характеристики потоків зерна та інтегральні функціональні показники відповідних технологічних процесів за стохастичних агрометеорологічних умов. Це дає змогу мінімізувати сукупні витрати коштів на виконання технологічних процесів збирання та післязбиральної обробки зерна.

3. Розроблений метод доцільно використовувати для обґрунтування параметрів технічного оснащення пунктів післязбиральної обробки зерна сільськогосподарських виробників із різними виробничими планами. На його основі доцільно розробити автоматизовані системи проектування технологічних процесів збирання й післязбиральної обробки урожаю ранніх зернових культур, що дасть змогу підвищити їх ефективність.

Ключові слова: збирання та післязбиральна обробка зерна, пункт, технологічний процес, параметри, статистичне імітаційне моделювання, технічне оснащення.

Method of the substantiation of rational parameters of technical equipment items of post-harvest grain handling

Sydorchuk O. V., Academician NAAS, Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Deputy Director on scientific work, National Scientific Centre «Institute for Agricultural Engineering and Electrification», e-mail: sydov@ukr.net, tel.: +38 (04571)-32-676

Dnes V. I., Candidate of Technical Sciences, Acting Department Head, National Scientific Centre «Institute for Agricultural Engineering and Electrification», e-mail: vik31@ua.fm; tel. +380971846320

Skibchyk V. I., Candidate of Technical Sciences, Research, National Scientific Centre «Institute for Agricultural Engineering and Electrification», e-mail: skibczyk05@gmail.com; tel. +380972413987

Sydorchuk L. L., Candidate of Technical Sciences, Acting Associate Professor at the Department of Project Management and Production Safety, Lviv National Agrarian University, e-mail: leonid42@ukr.net, tel.: +380972359530

Sivakovs'ka O. M., Candidate of Technical Sciences, Assistant at the Department of Computer Technologies, Lutsk National Technical University, e-mail: sivom@ukr.net, tel.: +380961305556

Annotation

Purpose. To reveal the method of substantiation of parameters of technical equipment items of post-harvest processing of crops of early grain crops on the basis of General statistical simulation modeling of technological processes of harvesting and post-harvesting grain processing, which takes into account the systematic dependence of their functional parameters on the characteristics of the production plans of harvesting these crops and the parameters of the technical equipment of these processes with stochastic actions of agrometeorological conditions.

Methods. The study used methods of analysis and synthesis, induction and deduction, system-factor and the system-event approaches to the study of technological systems of harvesting and post-harvest handling of grain.

Results. Method of the substantiation of rational parameters of technical equipment items of postharvest grain processing, block diagram of the algorithm of the method of substantiation of rational parameters of technical equipment items of post-harvest processing of grain.

Conclusions

1. Analysis of existing methods and models to study parameters of paragraphs postharvest grain processing suggests that there is no systemic approach to the justification of these parameters, taking into account the combined effect of the characteristics of production plans, parameters, harvesting and transport

systems, stochastic agrometeorological conditions on the formation of grain flows to the points and the impact of technological processes of post-harvest grain processing to work harvesting and transport systems.

2. A method for justification of rational parameters of the points of post-harvest grain handling provides for the implementation of 16 stages. It is based on a statistical simulation of the aggregate of technological processes of harvesting and post-harvest processing of crops of early grain crops and provides an opportunity to consider the systemic characteristics of the production plans, parameters, harvesting and transport systems and equipment items on the characteristics of grain flows and integrated functional performance through appropriate technological processes stochastic agro-meteorological conditions. This allows you to minimize the total cost of funds for the implementation of technological processes of harvesting and post-harvest handling of grain.

3. The developed method is useful for substantiation of parameters of technical equipment items of post-harvest grain handling agricultural producers with different production plans. On its basis it is advisable to develop automated design system of technological processes of harvesting and post-harvest processing of crops of early grain crops, which will enhance their effectiveness.

Keywords: harvesting and postharvest processing of grain, point, process, options, statistical simulation, technical equipment.

УДК 631.171:631.56:633.1+004.942

Метод обоснования рациональных параметров технического обеспечения пунктов послеуборочной обработки зерна

Сидорчук А. В., акад. НААН, д.т.н., проф., зам. директора по научн. работе, ННЦ «ИМЭСХ», e-mail: sydov@ukr.net, тел.: +38 (04571)- 32-676

Днесь В. И., к.т.н., и.о. зав. отдела, ННЦ «ИМЭСХ», e-mail: vik31@ua.fm; тел. +380971846320

Скибчик В. И., к.т.н., н.с., ННЦ «ИМЭСХ», e-mail: skibczyk05@gmail.com; тел. +380972413987

Сидорчук Л. Л., к.т.н., и.о. доц. кафедры управления проектами и безопасности производства, Львовский национальный аграрный университет, e-mail: leonid42@ukr.net, тел.: +380972359530

Сиваковская Е. Н., к.т.н., асист. кафедры компьютерных технологий, Луцкий национальный технический университет, e-mail: sivom@ukr.net, тел.: +380961305556

Аннотация

Цель. Раскрыть метод обоснования параметров технического обеспечения пунктов послеуборочной обработки урожая ранних зерновых культур на основе общего статистического имитационного моделирования уборки и послеуборочной обработки зерна, который учитывает системную зависимость их функциональных показателей от характеристик производственных планов уборки этих культур и параметров технического обеспечения указанных процессов с учетом стохастических действий агрометеорологических условий.

Методы. В исследовании были использованы методы анализа и синтеза, индукции и дедукции, системно-факторного и системно-событийного подходов к исследованию технологических систем уборки и послеуборочной обработки зерна.

Результаты. Метод обоснования рациональных параметров технического обеспечения пунктов послеуборочной обработки зерна, блок-схема алгоритма метода обоснования рациональных параметров технического обеспечения пунктов послеуборочной обработки зерна.

Выводы

1. Анализ существующих методов и моделей обоснования параметров пунктов послеуборочной обработки зерна свидетельствует о том, что отсутствует подход системного обоснования этих параметров, учитывающего совокупное влияние характеристик производственных планов, параметров уборочно-транспортных комплексов, стохастических агрометеорологических условий на формирование потоков

зерна на пункты, а также влияние технологических процессов послеуборочной обработки зерна на работу уборочно-транспортных комплексов.

2. Разработан метод обоснования рациональных параметров пунктов послеуборочной обработки зерна предусматривает выполнение 16 этапов. Он базируется на статистическом имитационном моделировании совокупного выполнения технологических процессов уборки и послеуборочной обработки урожая ранних зерновых культур и дает возможность учитывать системное влияние характеристик производственных планов, параметров уборочно-транспортных комплексов и технического оснащения пунктов на характеристики потоков зерна и интегральные функциональные показатели соответствующих технологических процессов за стохастических агрометеорологических условий. Это позволяет минимизировать совокупные затраты средств на выполнение технологических процессов уборки и послеуборочной обработки зерна.

3. Разработанный метод целесообразно использовать для обоснования параметров технического обеспечения пунктов послеуборочной обработки зерна сельскохозяйственных производителей с различными производственными планами. На его основе целесообразно разработать автоматизированные системы проектирования технологических процессов уборки и послеуборочной обработки урожая ранних зерновых культур, что позволит повысить их эффективность.

Ключевые слова: уборка и послеуборочная обработка зерна, пункт, технологический процесс, параметры, статистическое имитационное моделирование, техническое обеспечение.

Проблема. Пріоритетним завданням сільського господарства України є виробництво зерна. Однак технічне оснащення процесу його збирання та післязбиральної обробки зерна є недостатнім. Через це щорічно сільськогосподарські виробники втрачають до 10–15% вирощеного врожаю [11, 13]. А тому нагальною науково-прикладною проблемою, що вимагає вирішення, є науково обґрунтоване оновлення та поповнення парку технічного оснащення технологічних систем збирання (ТС ЗРЗК) і післязбиральної обробки зерна ранніх зернових культур (ТС ПОЗ), зокрема, пунктів післязбиральної обробки зерна (П ПОЗ).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогодні розроблено декілька науково-методичних підходів щодо обґрунтування параметрів технічного

оснащення П ПОЗ [1–3, 6, 7, 9–12, 16–19]. Однак усі вони не враховують того, що на перебіг технологічних процесів збирання ранніх зернових культур (ТП ЗРЗК) суттєво впливають агрометеорологічні умови [5, 8]. Для процесів післязбиральної обробки врожаю даних культур наслідки цих впливів проявляються в кількісних, якісних та часових змінах характеристик потоків надходження зерна на пункти його післязбиральної обробки [5, 15]. Окрім цього, має місце зворотний вплив ТП ПОЗ на роботу збирально-транспортних комплексів (ЗТК) – їх зупинки внаслідок несвоєчасного обслуговування потоків зерна на пунктах. А тому, раціональні параметри технічного оснащення П ПОЗ слід обґрунтовувати на підставі узгодження двох технологічних процесів – ТП ЗРЗК та ТП ПОЗ.

Результати досліджень. Раціональні параметри $Z_{ПОЗ}^p$ технічного оснащення П ПОЗ окремого сільськогосподарського підприємства (СПП) обґрунтовуються на основі функціонала:

$$\Phi \left[Z_{ПОЗ}^p \leftrightarrow (\{P_z\}, \{A\}, Z_{ЗТК}) \right] = B_{н.ПОЗ} + I_{ПОЗ} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де $\{P_z\}$, $\{A\}$ – характеристики виробничих планів збирання ранніх зернових культур та агрометеорологічних умов СПП;

$Z_{ЗТК}$ – параметри збирально-транспортних комплексів СПП;

$B_{н.ПОЗ.i}$ – вартісна оцінка втрат вирощеного врожаю через несвоєчасність збирання внаслідок впливу функціонування пункту із заданими параметрами на роботу ЗТК, грн;

$I_{ПОЗ}$ – експлуатаційні витрати коштів на післязбиральну обробку зерна на пункті із заданими параметрами, грн.

Параметри технічного оснащення П ПОЗ ($Z_{П ПОЗ}$) відображаються наступними складовими: 1) числом машин попереднього очищення зерна $n_{ОПЗ}$; 2) їх продуктивністю $W_{ОПЗ}$; 3) потужністю $N_{ОПЗ}$; 4) резервною місткістю $V_{рОПЗ}$ (РО) П ОПЗ пункту; 5) споживаною потужністю $N_{рОПЗ}$ РО П ОПЗ пункту; 6) числом зернових сушарок $n_{СЗ}$; 7) їх продуктивністю $W_{СЗ}$; 8) питомою витратою пального $Q_{СЗ}$; 9) споживаною потужністю $N_{СЗ}$; 10) резервною місткістю $V_{рСЗ}$ (РО) П СЗ пункту; 11) споживаною потужністю $N_{рСЗ}$ РО П СЗ пункту; 12) кількістю робітників П ПОЗ $n_{ПОЗ}$:

$$Z_{П ПОЗ} = \left\{ \begin{array}{l} n_{ОПЗ}; W_{ОПЗ}; N_{ОПЗ}; V_{рОПЗ}; N_{рОПЗ}; \\ n_{СЗ}; W_{СЗ}; Q_{СЗ}; N_{СЗ}; V_{рСЗ}; N_{рСЗ}; n_p \end{array} \right\}. \quad (2)$$

Для визначення кожної із складових параметрів пунктів (2) розроблено відповідний метод. Він базується на ітераційному підборі за вартісним критерієм на основі сукупного статистичного імітаційного моделювання ТП ЗРЗК і ТП ПОЗ за заданих параметрів ЗТК і характеристик виробничих планів СПП та змінних параметрів П ПОЗ, з урахуванням стохастичної дії агрометеорологічних умов. Розроблений метод передбачає 16 етапів, необхідних для обґрунтування раціональних параметрів П ПОЗ (рис.).

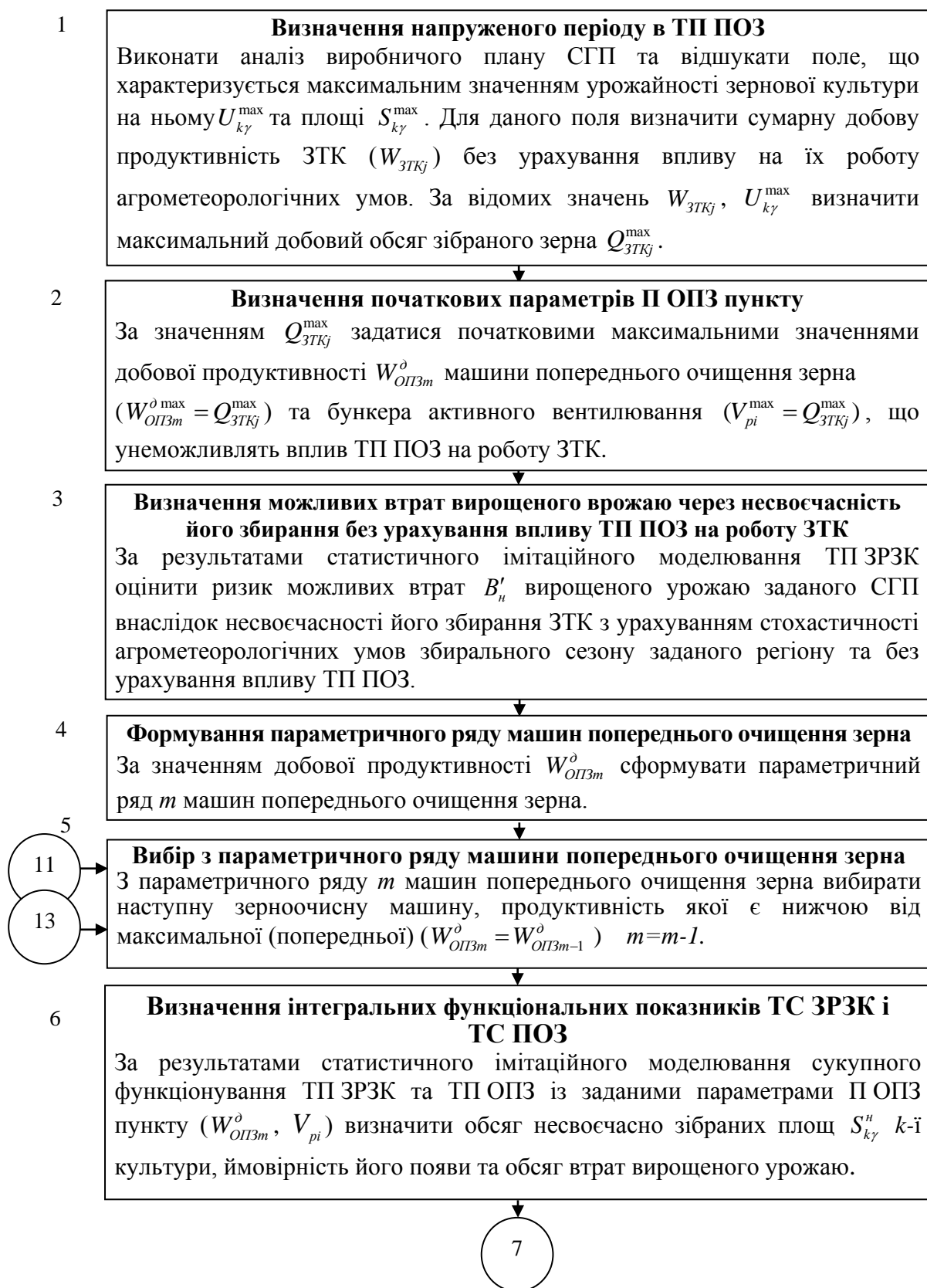


Рис., арк. 1. Блок-схема алгоритму методу обґрунтування раціональних параметрів пунктів післязбиральної обробки зерна

Fig., sh. 1. Block diagram of the algorithm of the method of substantiation of rational parameters of the points of post-harvest grain handling

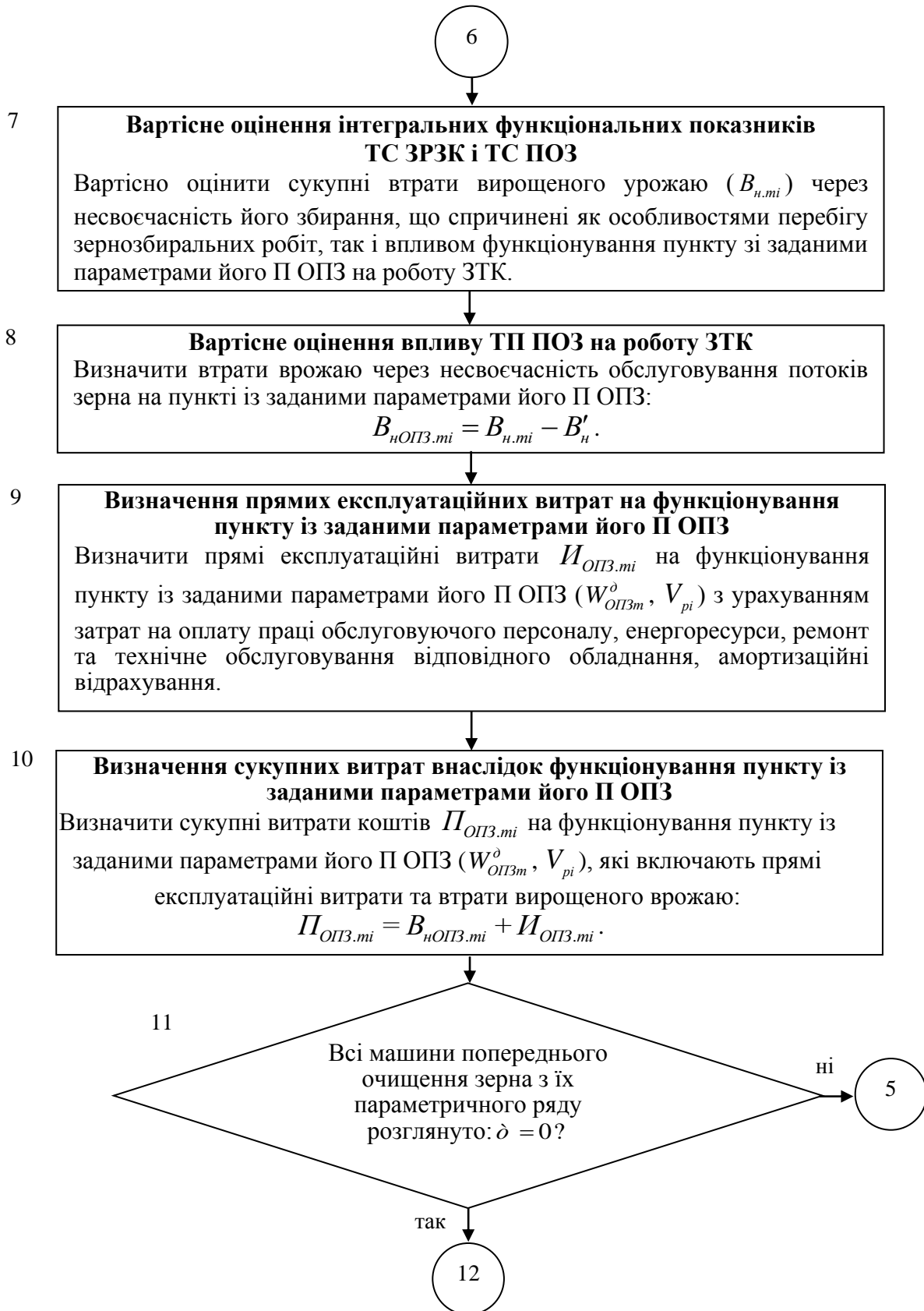


Рис., арк. 2. Блок-схема алгоритму методу обґрунтування раціональних параметрів пунктів післязбиральної обробки зерна

Fig., sh. 2. Block diagram of the algorithm of the method of substantiation of rational parameters of the points of post-harvest grain handling



Рис., арк. 3. Блок-схема алгоритму методу обґрунтування раціональних параметрів пунктів післязбиральної обробки зерна

Fig., sh. 3. Block diagram of the algorithm of the method of substantiation of rational parameters of the points of post-harvest grain handling

Розглянемо більш детально зміст кожного етапу методу обґрунтування раціональних параметрів П ПОЗ (рис.).

Першим етапом обґрунтування раціональних параметрів П ПОЗ для умов СГП є визначення раціональних параметрів його найбільш завантаженої складової - підсистеми попереднього очищення зерна (П ОПЗ). Вона безпосередньо взаємодіє із ЗТК і має забезпечувати своєчасність вивантаження ТЗ із зерном та попереднє очищення нестационарних потоків зерна на П ПОЗ.

Оскільки складові параметрів $Z_{ОПЗ}$ можуть мати різні значення, необхідно означити межі найбільш вірогідних значень цих параметрів серед множини усіх можливих. Це дасть змогу скоротити обсяг необхідних досліджень. Тому, першим етапом визначення раціональних параметрів $Z_{ОПЗ}^p$ є визначення напруженого періоду (добу) у ТП ПОЗ, що дасть змогу означити верхні межі параметрів $Z_{ОПЗ}$. Напружений період характеризується максимально можливим значенням обсягу зібраного зерна $Q_{ЗТКj}^{\max}$ в окрему j -у добу упродовж зернозбирального сезону. За значенням $Q_{ЗТКj}^{\max}$ з параметричного ряду БАВів, вибираємо значення місткості резервних об'ємів (РО) V_{pi} для розміщення та тимчасового зберігання зерна ($V_p^{\max} = Q_{ЗТКj}^{\max}$). Така місткість V_p^{\max} РО є максимально допустимою для заданих природно-виробничих і технічних умов дослідного СГП і може вмістити обсяг зібраного зерна як у напружений період (добу) $Q_{ЗТКj}^{\max}$, так і в інші доби зернозбирального сезону.

Для своєчасного обслуговування добового потоку зерна з максимальним обсягом $Q_{ЗТКj}^{\max}$ за добовою продуктивністю $W_{ОПЗm}^{\delta}$ слід підібрати М ОПЗ ($W_{ОПЗm}^{\delta} = Q_{ЗТКj}^{\max}$). Значення її параметрів мають бути такими, що забезпечать своєчасне обслуговування впродовж сезону добового надходження зерна без використання РО.

Відповідно, вплив функціонування П ПОЗ за таких параметрів його П ОПЗ ($W_{ОПЗm}^{\delta}$ та V_p^{\max}) на роботу ЗТК буде мінімальним (відсутнім) як у напружений, так і в ненапружений періоди.

Визначення напруженого періоду в ТП ПОЗ полягає у наступному. Максимальний обсяг $Q_{ЗТКj}^{\max}$ потоку зерна на П ПОЗ буде характерний для збирання k -ї зернової культури з найвищою урожайністю U_{ky}^{\max} на γ -у полі найбільшої площі S_{ky}^{\max} з-поміж множини усіх полів виробничого плану господарства за відсутності впливу на роботу ЗТК агрометеорологічних умов. Виконавши аналіз заданого виробничого плану СГП (характеристик полів із зерновими культурами) знаходимо таке поле, що характеризується максимальними значеннями цих показників.

Для характеристик даного поля за методами [4] визначаємо сумарну добову продуктивність $W_{ЗТКj}^{\Sigma}$ (га/добу) ЗТК СГП, за якою орієнтовно визначаємо максимальний добовий обсяг зерна $Q_{ЗТКj}^{\max}$, зібраний з цього поля за добу:

$$Q_{ЗТКj}^{\max} = W_{ЗТКj}^{\Sigma} \cdot U_{ky}^{\max}. \quad (3)$$

Наступним етапом обґрунтування параметрів $Z_{ОПЗ}^p$ є оцінення (за результатами статистичного імітаційного моделювання відповідних технологічних процесів [4]) ризику можливих втрат B'_n вирощеного врожаю СГП внаслідок несвоечасності його збирання ЗТК із заданими параметрами за стохастичних агрометеорологічних умов і без урахування впливу на їх роботу ТП ПОЗ.

У такому випадку втрати B'_n характеризують ефективність функціонування ЗТК за відсутності впливу на них ТП ПОЗ, а можливі втрати B'_n зумовлюються впливом агрометеорологічних чинників на виконання ТП ЗРЗК.

Моделювання ТП ЗРЗК відбувається на основі дискретно-подієвого підходу [4, 13, 14].

Відповідно до цього, формується множина варіантів досягання ранніх зернових культур, а також для кожної культури визначається час настання втрат.

На основі розподілів часу початку та завершення непогожих проміжків формується множина варіантів чергування цих проміжків. Для кожної погожої модельної доби з кожного варіанту погожих проміжків часу визначається фактичний фонд робочого часу, а також характер зміни дефіциту вологості повітря впродовж даної доби [14].

У процесі імітаційного моделювання роботи ЗТК в окремі доби зменшується незібрана площа поля під зерновою культурою та формуються добові потоки зерна на П ПОЗ. Стохастичний вплив агрометеорологічних умов на роботу ЗТК в окремі доби, а також на зміну характеристик зерностеблостою спричиняє ймовірнісну зміну характеристик добових потоків зерна [8, 15]. А тому обсяги та тривалості їх надходження у кожну добу є різними.

Моделюючи роботу ЗТК для кожної доби збирання множини полів виробничого плану, отримуємо варіаційний ряд значень обсягів несвоєчасно зібраних площ S_H кожної культури та кількості реалізацій, у яких ці обсяги виникали. Отриманий варіаційний ряд використовується для побудови емпіричної функції розподілу обсягу несвоєчасно зібраних площ S_H у відповідних реалізаціях [4].

Кількісне оцінення ймовірності виникнення несвоєчасно зібраних площ ($P[S_H > 0]$) під час збирання ранніх зернових культур визначається як частка кількості реалізацій (сезонів) моделі, коли виникали запізнення зі збиранням ($n[S_H > 0]$) до загальної кількості реалізацій статистичної імітаційної моделі (n_p) $-P[S_H > 0] = n[S_H > 0]/n_p$ [4].

Для оцінки ефективності (своєчасності) виконання зернозбиральних робіт без врахування впливу на їх перебіг ТП ПОЗ, необхідно визначити узагальнений обсяг несвоєчасно зібраних площ (його математичне сподівання), який характеризує середній обсяг несвоєчасно зібраних площ в усіх реалізаціях ТП ЗРЗК:

$$Z_H = M[S_H] \cdot P[S_H > 0]. \quad (4)$$

У процесі функціонування ТС ЗРЗК та ТС ПОЗ має місце зворотний вплив ТП ПОЗ

на роботу ЗТК [5, 7]. Він зумовлюється параметрами П ОПЗ П ПОЗ – продуктивністю $W_{ОПЗm}$ m -ї М ОПЗ і місткістю V_{pi} i -о РО. Продуктивність машини $W_{ОПЗm}$ визначає інтенсивність обслуговування вхідних потоків зерна $Q'_{ЗТКj}$ в окремі доби та можливі добові обсяги очищеного зерна $Q_{ОПЗj}$. Місткість РО V_{pi} повинна бути такою, щоб забезпечити повне використання добового фонду робочого часу М ОПЗ. Тобто, в окрему добу вона повинна забезпечити технологічний резерв неочищеного зерна на час відсутності надходження потоків зерна на П ПОЗ у результаті неможливості виконання ТП ЗРЗК через появу непогожих проміжків часу (випадання роси).

Для визначення раціональних параметрів П ОПЗ П ПОЗ ітераційним підбором, формують параметричний ряд наявних на ринку М ОПЗ за значенням їх добової продуктивності $W_{ОПЗm}^{\delta}$. Для цього визначають продуктивність $W_{ОПЗm}^{\delta}$ для кожної m -ї М ОПЗ, що вибираються із множини відповідних машин і характеризуються різною годинною продуктивністю $W_{ОПЗm}^{\varepsilon}$. Під час визначення продуктивності $W_{ОПЗm}^{\delta}$ m -ї машини враховують її організаційний режим роботи. На відміну від режиму роботи ЗТК, допустимий фонд часу роботи яких корегується агрометеорологічними умовами, режим функціонування П ПОЗ є незалежним від природних умов. Під час їх проектування задаємося цілодобовим (2 зміни по 12 год) режимом їх роботи. Це дає змогу підібрати машину з меншою добовою продуктивністю і зменшити питомі витрати на виконання ТП ПОЗ за рахунок зменшення затрат уречевлених коштів.

Добову продуктивність m -ї М ОПЗ визначаємо за виразом:

$$W_{ОПЗm}^{\delta} = W_{ОПЗm}^{\varepsilon} \cdot t_{zm} \cdot n_{zm}, \quad (5)$$

де t_{zm} – тривалість зміни, год;

n_{zm} – кількість робочих змін у добу.

Зерночисна машина, добова продуктивність якої буде рівною максимальному добовому обсягу зібраного

зерна ($W_{ОПЗm}^{\delta} = Q_{ЗТКj}^{\max}$), матиме шукане (максимально допустиме) початкове значення параметра $W_{ОПЗm}^{\delta \max}$.

Вибір М ОПЗ із продуктивністю $W_{ОПЗm}^{\delta \max}$ дає змогу не розглядати у подальших дослідженнях зерночисні машини, добова продуктивність яких є більшою.

Наступним етапом обґрунтування раціональних параметрів П ПОЗ є оцінення впливу ТП ПОЗ, за використання різних варіантів технічного оснащення П ОПЗ пункту, на роботу ЗТК. Для цього використовуються статистичні імітаційні моделі відповідних технологічних процесів. У результаті імітаційного моделювання роботи ЗТК впродовж доби, визначається добовий обсяг зерна на пункт $Q'_{ЗТКj}$.

Водночас здійснюється моделювання ТП ПОЗ, а саме: накопичення зерна в РО та попереднє його очищення. За заданої продуктивності М ОПЗ $W_{ОПЗm}$, залежно від якісних характеристик зерна, що надходить, генеруються тривалості обслуговування зернового потоку. З урахуванням інтенсивності надходження зерна від ЗТК та обслуговування потоку на пункті, визначаються коливання обсягу неочищеного зерна Q_{Pi} у РО впродовж окремих діб.

У процесі моделювання ТП ЗРЗК і ТП ПОЗ із заданими параметрами їх технічного оснащення впродовж зернозбирального сезону, перед кожним надходженням ТЗ із зерном на пункт, здійснюється перевірка наявності вільної місткості у РО. У випадку, коли величина вільної місткості дає змогу вивантажити обсяг зерна зі ТЗ, здійснюється перерахунок фактичного обсягу необробленого зерна у РО, вплив ТП ПОЗ на роботу ЗТК відсутній. Якщо ж РО заповнений – визначається тривалість простою ТЗ на вивантаження, а відтак й тривалість простою зернозбирального комбайна, що обслуговується даним ТЗ.

Слід відзначити, що на тривалості простою зернозбиральних комбайнів впливають: 1) інтенсивність обслуговування потоків зерна М ОПЗ заданої продуктивності з урахуванням її зміни від якісних характеристик зерна у РО, що визначає

тривалість перебування ТЗ у черзі на вивантаження; 2) тривалість заповнення бункерів зернозбиральних комбайнів з урахуванням виробничих характеристик полів, на яких моделюється їх робота; 3) тривалість переїзду ТЗ від пункту до комбайнів, яка залежить від відстані цих переїздів.

Унаслідок виникнення простоїв ЗТК, спричинених несвоєчасністю обслуговування потоків зерна на пункті, буде зростати тривалість збирання зерна на γ -у полі та, як наслідок, обсяг несвоєчасно зібраних площ. Слід відзначити, що отримані значення несвоєчасно зібраних площ сукупно характеризують ефективність виконання ТП ЗРЗК на окремих полях та ТП ПОЗ із заданими параметрами їх технічного оснащення.

У розрізі одного сезону (однієї ітерації імітаційних моделей ТП ЗРЗК та ТП ПОЗ), за представленою методикою, визначаються обсяги несвоєчасно зібраних площ, що зумовлені впливом ТП ПОЗ на роботу ЗТК, стосовно кожного γ -о поля виробничого плану збирання ранніх зернових культур СГП.

Щоб встановити статистичні закономірності впливу ТП ПОЗ на роботу ЗТК, визначають ймовірність появи та статистичні оцінки зміни обсягу несвоєчасно зібраних площ, а також зростання тривалостей збирання врожаю на окремих полях, що зумовлені цим впливом, впродовж множини сезонів (ітерацій імітаційної моделі). Це дає змогу визначити статистичні оцінки узагальненого обсягу несвоєчасно зібраних площ. Перерахунок цих площ з урахуванням тривалості зростання терміну виконання зернозбиральних робіт уможливує оцінення втрат вирощеного врожаю $B_{нОПЗ.mi}$ через вплив функціонування П ПОЗ із заданими параметрами його П ОПЗ (продуктивності m -ї М ОПЗ та місткості i -о РО) на роботу ЗТК.

Наступним етапом обґрунтування раціональних параметрів технічного оснащення П ПОЗ є визначення прямих експлуатаційних витрат $I_{ОПЗ.mi}$ на його функціонування із заданими параметрами П ОПЗ ($W_{ОПЗm}$, V_{pi}). Для цього, за відомими методиками, визначаються затрати на оплату

праці обслуговуючого персоналу, енерго-ресурси, ремонт та технічне обслуговування відповідного обладнання, амортизаційні відрахування.

Знаючи сукупні втрати врожаю у грошовому еквіваленті $B_{нОПЗ.mi}$ та прямі експлуатаційні витрати $I_{ОПЗ.mi}$, визначаються сукупні витрати коштів $П_{ОПЗ.mi}$ за функціонування П ПОЗ із заданими параметрами П ОПЗ.

Сукупні витрати $П_{ОПЗ.mi}$ внаслідок використання заданої m -ї М ОПЗ та i -о РО становитимуть:

$$П_{ОПЗ.mi} = B_{нОПЗ.mi} + I_{ОПЗ.mi}. \quad (6)$$

За результатами статистичного імітаційного моделювання ТП ЗРЗК і ТП ПОЗ за заданих характеристик виробничого плану збирання ранніх зернових культур та параметрів ЗТК СГП, для кожного з множини варіантів технічного оснащення П ОПЗ пункту визначаються сукупні витрати $П_{ОПЗ.mi}$.

Аналіз отриманих залежностей зміни сукупних витрат $П_{ОПЗ.mi}$ за функціонування П ПОЗ із різними параметрами його П ОПЗ, дає змогу обґрунтувати оптимальну місткість РО для кожної М ОПЗ та визначити раціональні параметри П ОПЗ пункту, за яких значення цих витрат буде мінімальним:

$$Z_{ОПЗ} \rightarrow Z_{ОПЗ}^p, \text{ якщо } П_{ОПЗ.mi} \rightarrow \min. \quad (7)$$

Наступним етапом обґрунтування раціональних параметрів технічного оснащення пункту є обґрунтування параметрів його підсистеми сушіння зерна (П СЗ) (продуктивності зернової сушарки $W_{ЗСт}$ та необхідної місткості РО для її функціонування $V_p^{су}$). За результатами статистичного імітаційного моделювання ТП ЗРЗК та ТП ПОЗ, для заданих характеристик домінуючого виробничого плану збирання ранніх зернових культур, характеристик ЗТК та обґрунтованих раціональних параметрів П ОПЗ пункту СГП з урахуванням стохастичних агрометеорологічних умов, слід встановити закономірність зміни середнього узагальненого

годинного обсягу $\bar{Q}_{ЗТКz}^{су}$ надходження на пункт зерна, яке потребує сушіння та погодинної зміни його вологості \bar{W}_a .

Визначення частки від ділення суми значень $\bar{Q}_{ЗТКz}^{су}$ та регламентованої тривалості роботи зернової сушарки впродовж доби дає змогу обґрунтувати необхідну її продуктивність, а коливання вологості зерна у потоках – кількість циклів його сушіння.

Для забезпечення накопичення вологого зерна на пункті впродовж доби та подальшого його сушіння, необхідно мати РО. Його місткість розраховується як сума середніх узагальнених годинних обсягів $\bar{Q}_{ЗТКz}^{су}$ за добу ($V_p^{су} = \sum \bar{Q}_{ЗТКz}^{су}$).

За визначеними параметрами П СЗ пункту формується множина варіантів технічного оснащення з наявних на ринку техніки зерносушарок та РО (БАВів). Визначення питомих сукупних витрат коштів на тимчасове зберігання та сушіння вологого зерна за використання кожного з означених варіантів, дасть змогу обґрунтувати раціональний, за якого ці витрати сягатимуть мінімуму.

Висновки

1. Аналіз чинних методів та моделей обґрунтування параметрів пунктів післязбиральної обробки зерна свідчить про те, що відсутній підхід системного обґрунтування цих параметрів, який би враховував сукупний вплив характеристик виробничих планів, параметрів збирально-транспортних комплексів, стохастичних агрометеорологічних умов на формування потоків зерна на пункти, а також вплив технологічних процесів післязбиральної обробки зерна на роботу збирально-транспортних комплексів.

2. Розроблений метод обґрунтування раціональних параметрів пунктів післязбиральної обробки зерна передбачає виконання 16 етапів. Він базується на статистичному імітаційному моделюванні сукупного виконання технологічних процесів збирання та післязбиральної обробки врожаю ранніх зернових культур і дає змогу враховувати системний вплив характеристик виробничих

планів, параметрів збирально-транспортних комплексів і технічного оснащення пунктів на характеристики потоків зерна та інтегральні функціональні показники відповідних технологічних процесів за стохастичних агрометеорологічних умов. Це дає змогу мінімізувати сукупні витрати коштів на виконання технологічних процесів збирання та післязбиральної обробки зерна.

3. Розроблений метод доцільно використовувати для обґрунтування параметрів технічного оснащення пунктів післязбиральної обробки зерна сільськогосподарських виробників із різними виробничими планами. На його основі доцільно розробити автоматизовані системи проектування технологічних процесів збирання й післязбиральної обробки урожаю ранніх зернових культур, що дасть змогу підвищити їх ефективність.

Бібліографія

1. Елизаров В. П. Предприятия послеуборочной обработки и хранения зерна (расчет на ЦВМ). М.: Колос, 1977. 209 с.
2. Елизаров В. П., Окунь Г. С. Методика расчета потребности сельского хозяйства в агрегатах и комплексах для послеуборочной обработки зерна. *Научн. тр. ВИМ*. Т. 86. 1980. С. 124–135.
3. Котов Б. І., Степаненко С. П., Швидя В. О. Комп'ютерне моделювання параметрів технологічного обладнання для виробництва зерна в системі току. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка: Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробки харчових виробництв.* / ХНТУСГ ім. П. Василенка. Харків, 2012. Вип. 131. С. 83-93.
4. Метод обґрунтування параметрів збирально-транспортних комплексів / Сидорчук О. В., Днесь В. І., Скібчик В. І. [та ін.]. *Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. наук. зб.* / ННЦ «ІМЕСГ». Глеваха, 2015. Вип. №1 (100). С. 224–234.
5. Метод обоснования рациональных параметров систем предварительной очистки зерна / А. В. Сидорчук, В. И. Скибчик, В. И. Днесь, Л. Л. Сидорчук. *MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin - Rzeszow, 2015. Vol. 17. № 7. С. 135–142.
6. Методические рекомендации по технологии и механизации послеуборочной обработки семян зерновых культур / Ф. Н. Эрк, А. Е. Иванов, В. М. Могилыпщкий [и др.]; Л.: НИПТИМЭСХ НЗ, 1987. 36 с.
7. Михайлов Є. В. Методологія обґрунтування складу і функціональних параметрів технічних засобів післязбиральної обробки зерна (на прикладі півдня України): автореф. дис. ... докт. техн. наук: 05.05.11 / Таврійський державний агротехнологічний університет. Мелітополь, 2014. 36 с.
8. Моделювання роботи пунктів післязбиральної обробки зерна / О. В. Сидорчук, В. І. Скібчик, Л. Л. Сидорчук [та ін.]. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб.* Глеваха, 2013. Вип. 98. Т 2. С. 491-500.
9. Новиков А. В., Непарко Т. А., Чеботарев В. П. Выбор технологических параметров машин зерноочистительно-сушильного комплекса. *Современные проблемы освоения новой техники, технологий, организации технического сервиса в АПК: материалы Междунар. научно-практ. конф.* / Минск: БГАТУ, 2014. Ч. 2. С. 41–46.
10. Павловский Г. Т. Технологические основы проектирования поточного процесса уборки, послеуборочной обработки и хранения зерновых культур. *Научн. тр. ВИМа.* / М: ВИМ, 1970. Т. 46. С. 195–212.
11. Пьянов С. В. Совершенствование механизации уборки и послеуборочной обработки зерна в условиях крупнотоварного зернопроизводства (на примере хозяйств Северо-Кавказского региона, вошедших в клуб «Агро-300»): автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Ставропольский государственный аграрный университет. Ставрополь, 2004. 21 с.
12. Розробити ресурсощадні зонально адаптовані технології та технічні засоби післязбиральної обробки та зберігання зерна: звіт про наук.-дослідну роботу за 2006–2010 рр. (заключний), № держ. реєстрації 0106U011245 / НААН України, ННЦ «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства»; керівник НДР С. Степаненко. Глеваха, 2010. 110+60 с.

13. Сидорчук О. В. Інженерія машинних систем: монографія. Глевах: ННЦ «ІМЕСГ», 2007. 263 с.

14. Сидорчук О. В. Планування механізованих зернозбиральних робіт і проектів: монографія; за редакцією В. В. Адамчука. Ніжин: Видавець П. П. Лисенко, 2013. 157 с.

15. Характеристики потоку зерна, що надходить на тік / О. В. Сидорчук, В. І. Скібчик, В. І. Днесь [та ін.]. *Техніка і технології АПК*. Дослідницьке, 2012. № 3 (30). С. 31–32; № 4 (31). С. 29–30.

16. Шепелев В. Д. Обоснование технико-технологической согласованности процессов уборки и послеуборочной обработки зерна: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Челябинский государственный агроинженерный университет. Челябинск, 2007. 21 с.

17. Шмидт А. В. Обоснование состава и структуры универсальной поточной линии послеуборочной обработки зерна: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Воронежский ГАУ им. К. Д. Глинки. Воронеж, 1998. 20 с.

18. Шоренко И. Н. Обоснование рациональной структуры технических средств уборки и послеуборочной обработки семенного зерна с учетом фенологии и топологии полей: автореф. дисс. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Санкт-Петербургский государственный аграрный университет. Санкт-Петербург – Пушкин, 2004. 19 с.

19. Янко В. М. О статистическом моделировании предприятий послеуборочной обработки зерна. *Труды Всесоюзного научно-исследовательского института механизации сельского хозяйства*. М.: ВИМ, 1966. Т. 40. С. 251–258.

Bibliografia

1. Elyzarov V. P. Predpriyatiya posleuborochnoi obrabotky y khraneniya zerna (raschet na TsVM). М.: Kolos, 1977. 209 s.

2. Elyzarov V. P., Okun H. S. Metodyka rascheta potrebnosti selskoho khoziaistva v ahrehatakh y kompleksakh dlia posleuborochnoi obrabotky zerna. *Nauchn. tr. VYM*. 1980. Т. 86. S. 124–135.

3. Kotov B. I., Stepanenko S. P., Shvydia V. O. Kompiuterne modeliuвання parametriv

tehnolohichnoho obladnannia dlia vyrobnytstva zerna v systemi toku. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva imeni Petra Vasylenka: Suchasni napriamky tekhnolohii ta mekhanizatsii protsesiv pererobnykh i kharchovykh vyrobnytstv*. Kharkiv: KhNTUSH im. P. Vasylenka, 2012. Vyp. 131. S. 83–93.

4. Metod obgruntuvannia parametriv zbyralno-transportnykh kompleksiv / Sydor-chuk O. V., Dnes V. I., Skibchik V. I. [ta in.]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva: zahalnodерж. nauk. zb.* / NNTs «IMESH». Hlevakha, 2015. Vyp. № 1 (100). S. 224–234.

5. Metod obosnovaniya ratsyonalnikh parametrov system predvartelnoi ochystky zerna / A. V. Sydor-chuk, V. Y. Skybchik, V. Y. Dnes, L. L. Sydor-chuk. *MOTROL Commission of motorization and energetics in agriculture*. Lublin – Rzeszow, 2015. Vol. 17. № 7. S. 135–142.

6. Metodicheskye rekomendatsyy po tekhnolohyy y mekhanizatsyy posleuborochnoi obrabotky semian zernovykh kultur / F. N. Erk, A. E. Yvanov, V. M. Mohylipshchkyi [y dr.]; L.: NYPTYMƏSKh NZ, 1987. 36 s.

7. Mykhailov Ye. V. Metodolohiia obgruntuvannia skladu i funktsionalnykh parametriv tekhnichnykh zasobiv pisliazbyralnoi obrobky zerna (na prykladi pivdnia Ukrainy): avtoref. dys. ... dokt. tekhn. nauk: 05.05.11 / Tavriiskyi derzhavnyi ahrotekhnolohichniy universytet. Melitopol, 2014. 36 s.

8. Modeliuвання roboty punktiv pisliazbyralnoi obrobky zerna / O. V. Sydor-chuk, V. I. Skibchik, L. L. Sydor-chuk [ta in.]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva: mizhvid. temat. nauk. zb.* Hlevakha, 2013. Vyp. 98. Т 2. S. 491–500.

9. Novykov A. V., Neparko T. A., Chebotarev V. P. Vibor tekhnolohicheskyykh parametrov mashyn zernoochystytelno-sushylnoho kompleksa. *Sovremennye problemy osvoeniya novoi tekhniki, tekhnolohiy, orhanyzatsyy tekhnicheskoho servysa v APK: materyali Mezhdunar. nauchno-prakt. konf.* / Mynsk: BHATU, 2014. Ch. 2. S. 41–46.

10. Pavlovskiy H. T. Tekhnolohicheskyye osnovi proektyrovaniya potochnoho protsessa uborky, posleuborochnoi obrabotky y khraneniya zernovykh kultur. *Nauchn. tr. VYMa.* / М: VYM, 1970. Т. 46. S. 195–212.

11. Pianov S. V. Sovershenstvovanye mekhanyzatsyy uborky y posleuborochnoi obrabotky zerna v usloviakh krupno tovarnoho zernoproyzvodstva (na prymere khaziaistv Severo-Kavkazskoho rehyona, voshedshykh v klub «Aho-300»); avtoref. dyss. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Stavropolskyi hosudarstvennii ahrarnii unyversytet. Stavropol, 2004. 21 s.

12. Rozrobyty resursooshchadni zonalno adaptovani tekhnolohii ta tekhnichni zasoby pisliazybalnoi obrobky ta zberihannia zerna: zvit pro nauk.- doslid, robotu za 2006–2010 pp. (zakliuchnyi), № derzh. reiestratsii 0106U011245 / NAAN Ukrainy, NNTs «Instytut mekhanizatsii ta elektryfikatsii silskoho hospodarstva»; ker. NDR S. Stepanenko. Hlevakha, 2010. 110+60 s.

13. Sydoruk O. V. Inzheneriia mashynnykh system : monografiia. Hlevakha: NNTs «IMESH», 2007. 263 s.

14. Sydoruk O. V. Planuvannia mekhanizovanykh zernozbyralnykh robot i proektiv: monografiia; za redaktsiieiu V. V. Adamchuka. Nizhyn: Vydavets P. P. Lysenko, 2013. 157 s.

15. Kharakterystyky potoku zerna, shcho nadkhodyt na tik / O. V. Sydoruk, V. I. Skibchik, V. I. Dnes [ta in.]. *Tekhnika i tekhnolohii APK*. Doslidnytske, 2012. № 3 (30). S. 31–32; № 4 (31). S. 29–30.

16. Shepelev V. D. Obosnovanye tekhniko-tekhnolohycheskoi sohlasovanosti protsessov uborky y posleuborochnoi obrabotky zerna: avtoref. dyss. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Cheliabynskyi hosudarstvennii ahroynzhenernii unyversytet. Cheliabynsk, 2007. 21 s.

17. Shmydt A. V. Obosnovanye sostava y strukturi unyversalnoi potochnoi lynny posleuborochnoi obrabotky zerna: avtoref. dyss. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Voronezhskiy HAU ym. K. D. Hlynky. Voronezh, 1998, 20 s.

18. Shorenko Y. N. Obosnovanye ratsyonalnoi strukturi tekhnicheskyykh sredstv uborky y posleuborochnoi obrabotky semennoho zerna s uchetom fenolohyy y topolohyy polei: avtoref. dyss. ... kand. tekhn. nauk: 05.20.01 / Sankt-Peterburhskiy hosudarstvennii ahrarnii unyversytet. Sankt-Peterburh – Pushkyn, 2004. 19 s.

19. Yanko V. M. O statystycheskom modelyrovany predpriyati posleuborochnoi obrabotky zerna. *Trudi Vsesoiuznoho nauchno-ysledovatel'skoho ynstytuta mekhanyzatsyy*

selskoho khoziaistva. M.: VYM, 1966. T. 40. S. 251–258.

Bibliography

1. Elizarov V. P. Enterprises of post-harvest processing and storage of grain (calculation on the central computer). M.: Kolos, 1977. 209 p.

2. Elizarov V. P., Okun G. S. Method of calculation of the needs of agriculture in aggregates and complexes for post harvesting grain processing. *Sci. tr WIM*. 1980. T. 86. P. 124–135.

3. Kotov B. I., Stepanenko S. P., Shvyda V. O. Computer modeling of the parameters of technological equipment for grain production in the current system. *Bulletin of the Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko: Modern areas of technology and mechanization of processes of processing and food industries*. Kharkiv: KhNTUSG them. P. Vasilenko, 2012. Part. 131. P. 83–93.

4. Method of the substantiation of parameters of harvesting and transport systems / A. V. Sidoruk, V. I. Dnes, V. I. Skybchik [and others]. *Mechanization and electrification of agriculture*. / NSC "IMESH". Hlevakha, 2015. Vol. No. 1 (100). P. 224–234.

5. Method of substantiation of rational parameters of grain pretreatment systems / A. V. Sidoruk, V. I. Skibchik, V. I. Dnes, L. L. Sidoruk. *MOTROL Commission of motorization and energy in agriculture*. Lublin Rzeszow, 2015. Vol. 17. No. 7. P. 135–142.

6. Methodical recommendations on the technology and mechanization of post-harvest processing of seeds of cereals / F. N. Erk, A. E. Ivanov, V. M. Mogylipschik [and others]; L.: NIPTIMESK NZ, 1987. 36 p.

7. Mikhailov Ye. V. Methodology of the substantiation of the composition and functional parameters of technical means of post-harvesting of grain (for example, the south of Ukraine): author's abstract. dis ... doc. tech Sciences: 05.05.11 / Tavria State Agrotechnological University. Melitopol, 2014. 36 p.

8. Modeling of post-harvest grain processing points / O. V. Sidoruk, V. I. Skibchik L. L. Sidoruk [and others.]. *Mechanization and electrification of agriculture*.

Intersection thematic sciences save. Glevaha, 2013. Part. 98. T 2. P. 491–500.

9. Novikov A. V., Neparko T. A., Chebotarev V. P. Selection of technological parameters of machines of grain cleaning and drying complex. Modern problems of mastering of new equipment, technologies, organization of technical service in the agroindustrial complex: materials International. scientific-practice conf. / Minsk: BGATU, 2014. Part 2. P. 41–46.

10. Pavlovsky G. T. Technological bases of designing the current process of harvesting, post-harvest processing and storage of grain crops. *Sci. tr VIM / M: VIM*, 1970. T. 46. P. 195–212.

11. Pyanov S. V. Improvement of mechanization of harvesting and post-harvest processing of grain in the conditions of large-scale commodity grain production (for example, the owners of the North Caucasus region, who entered the club "Agro-300"): author's abstract. diss ... Candidate tech Sciences: 05.20.01 / Stavropol State Agrarian University. Stavropol, 2004. 21 p.

12. To develop resource-saving zonally-adapted technologies and technical means of post-harvest processing and storage of grain: a report on sciences-research, work for 2006-2010 pp. (concluding), state no. registration 0106U011245 / Nats. acad. agrar Sciences of Ukraine, National Academy of Sciences of Ukraine, Sciences Center "Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture"; manager Democratic Party of the Soviet Union S. Stepanenko. Glevaha, 2010. 110 + 60 p.

13. Sidorchuk O. V. Engineering of machine systems: monograph. Glevakha: NSC "IMESG", 2007. 263 p.

14. Sidorchuk O. V. Planning of mechanized harvesting works and projects: monograph; edited by V. Adamchuk. Nizhyn: Publisher P. P. Lysenko, 2013. 157 p.

15. Characteristics of the flow of grain entering the current / O. V. Sidorchuk, V. I. Skybchyk, V. I. Dnes [and others.]. Engineering and technology of agroindustrial complex. *Doslidnytske*, 2012. № 3 (30). P. 31–32; № 4 (31). P. 29–30.

16. Shepelev V. D. Substantiation of technical and technological coherence of the processes of harvesting and post-harvest processing of grain: abstract of thesis diss. ... Candidate tech Sciences: 05.20.01 / Chelyabinsk State Agroengineering University. Chelyabinsk, 2007. 21 p.

17. Shmidt A. V. Rationale for the composition and structure of the universal flow line of post-harvest grain processing: abstract of thesis diss. ... Candidate tech Sciences: 05.20.01 / Voronezh GAU them. KD Glinka Voronezh, 1998. 20 p.

18. Shorenko I. N. Justification of the rational structure of technical means of harvesting and post-harvest processing of seed grain in view of phenology and topology of fields: abstract of thesis diss. ... Candidate tech Sciences: 05.20.01 / Saint-Petersburg State Agrarian University. St. Petersburg – Pushkin, 2004. 19 p.

19. Yanko V. M. About statistical modeling of enterprises after grain harvesting. *Proceedings of the All-Union Research Institute of Mechanization of Agriculture*. M.: VIM, 1966. T. 40. P. 251–258.