

УДК 631.1.004

АНАЛІТИЧНІСТЬ КОМПЛЕКСНИХ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ ВИРОБНИЦТВА ЗЕРНА В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ПІДПРИЄМСТВАХ ІНТЕНСИФІКАЦІЄЮ ІНЖЕНЕРНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ

І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція автора: rogovskii@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – червень 2021, акцептовано – листопад 2021, опубліковано – 17 грудня 2021 року.

Бібл. 27, рис. 7, табл. 0.

Анотація. В статті проведено аналіз аналітичності комплексних критеріїв оцінки виробництва зерна в сільськогосподарських підприємствах інтенсифікацією інженерного менеджменту. Ефективне використання зернозбиральних комбайнів і величина втрат зерна при комбайнуванні у сільськогосподарських виробників залежать від класичного набору організаційних, технічних, технологічних факторів і стану інженерно-технічної служби. З метою підвищення ефективності використання техніки доцільно використовувати операційну технологію збирання зернових колосових культур, яка включає карти і рисунки з таких питань: вибір технологій проведення роботи, агротехнічні вимоги, техніку безпеки, вибір і комплектування агрегатів, підготовку агрегатів до роботи, підготовку полів і загонів, організацію роботи агрегатів у загони, транспортні роботи, норми виробітку і витрату палива, контроль і оцінку якості роботи. Встановлено, що середня денна продуктивність комбайна протягом перших 3 років використання становила 14,6-16,1 га; сезонна – 302-314 га; намотот зерна – 59-161 т за день і 1280-1440 т – за сезон. Для отримання необхідної продуктивності і якості обмолоту необхідно постійно слідкувати за величиною зазору між барабаном і підбарабанням. Для підвищення продуктивності вивантаження зерна доцільно проводити під час руху без зупинки комбайна, оскільки при намототі 60 т за день втрачається приблизно 1,6 год робочого часу. Виявлено, що існуюча система збирання урожаю не враховує динаміки дозрівання зерна і соломи та їх цільового призначення за схемою: вхід у процес (перша фаза), основна частина із вище середнього (друга фаза) і вихід з процесу (третя фаза), неефективна через низьку живучість система збирання в організаціях, регіонах і областях в першій і третій фазах. Аналіз числових показників свідчить, що при збиранні всіх культур темп процесу в першій фазі збільшується повільно, в другій – швидше, а на виході спадає до мінімального. У першій фазі середній темп для жита, ячменю, вівса і пшениці досягає відповідно 0,25; 0,21; 0,30 і 0,26 тривалості циклу. Тривалість збирання кожної культури з темпом вище середнього

становить менше половини тривалості циклу, а з темпом нижче середнього – більше половини. Загальний висновок з наведених даних зводиться до того, що 26-33% врожаю в господарствах можна отримати при застосуванні ресурсозберігаючих технологій. Аналіз і синтез закономірності процесу збирання урожаю свідчить, що протягом одного дня максимальний темп досягав 18,2-34,9% всього обсягу, що перевищувало середній темп до 3,58 раза.

Ключові слова: методологія, коефіцієнт готовності, ефективність, сільськогосподарська машина.

Постановка проблеми

Виробництво зерна в Україні у сучасних умовах знаходиться на етапі зростання та збільшення валового збору [1]. Так, у 2012–2020 рр. він зріс з 40 до 60 млн тон зерна [2]. Поряд з цим необхідно відмітити, що показники успіху супроводжуються таким негативним явищем [3], як втрати вирощених урожаїв [4], які сягають 7–8 млн тонн [5], а це складає 16–18% від валового збору [6]. Домінуючою причиною таких значних втрат урожаю є постійна нестача зернозбиральних комбайнів [7], низька технічна готовність [8] і невідповідність персоналу застосовувати сучасну техніку [9]. Відомо, що в агротерміни збирають лише 30 % посівів зернових культур [10], а тривалість збирального сезону перевищує їх в 3–5 разів [11].

Навантаження на один фізичний зернозбиральний комбайн складає 189 га, на технічно справний – приблизно 218 га або 770 т [12]. Понад 70 % комбайнів мають термін експлуатації до 30 років з ймовірним значенням коефіцієнта готовності 0,4–0,7, які намолочують 200–600 т [13]; втрати від біологічного осипання досягають мінімум 10 % від валового збору [14]. Причинами значних втрат вирощеного урожаю є високе фізичне навантаження на комбайн [15] і низька ефективність використання наявного парку за потужністю двигуна [16] та пропускну здатністю молотарки [17], агробіологічним станом хлібної маси

[18], втратами зерна за молотаркою [19]. В умовах реального виробництва потужність двигунів зернозбиральних комбайнів і пропускна здатність молотарки використовуються максимально до 57–63 % від номінального завантаження [20]. Безумовно, низьке завантаження є основною причиною низької продуктивності, затягування термінів жнив і значних втрат зерна від біологічного осипання та перевитрат палива [21]. Втрати вирощеного урожаю через осипання і низький відсоток збирання продовольчих класів зерна у встановлені агротерміни є причиною значних збитків (≈ 1 млрд \$) вітчизняних аграріїв [22]. Ось чому тема дисертаційної роботи є актуальною, а сама робота має значну практичну цінність як для виробників зернозбиральний комбайн [23], так і для їх користувачів [24], а також у навчальному процесі при підготовці інженерних кадрів сільськогосподарського виробництва [25].

Аналіз останніх досліджень

Оптимізації структури комбайнового парку в залежності від умов прибирання та сукупності різних виробничих факторів присвятили свої роботи багато дослідників [4]. Ними розроблено досить велику кількість різних математичних моделей та комп'ютерних програм для розрахунку загальної кількості комбайнів для конкретних умов збирання (урожайності [11], самоосипаності [7], термінів збирання [26]). У деяких моделях враховувалася навіть загальна динаміка втрат зерна [27].

Однак стосовно великотоварного виробництва зерна вони вимагають коригування, що спричинено особливостями інтенсивної роботи комбайнового парку в таких господарствах [17]. Тому для розрахунку структури парку комбайнів конкретних господарств, а не всього регіону нами було запропоновано такі методичні положення:

- оцінювалася загальна ефективність комбайнового парку загалом за збиральний сезон, а чи не оскільки раніше було прийнято оцінювати роботу одного комбайна, та був узагальнювали його оцінку весь парк комбайнів [21]. Для великотоварного виробництва зерна з високим темпом збиральних робіт це неприйнятно, оскільки у збиранні можуть брати участь комбайни різного класу, з різним річним завантаженням та узагальнення роботи одного комбайна на весь парк дає помилковий результат [3];

- враховували не загальну динаміку втрат зерна від самоосипання, а конкретно щодо кожного сорту зернових з урахуванням динаміки врожайності зерна на залишковій площі після кожного дня збирання [19];

- валовий збір зерна в господарстві оцінювали не за середньою врожайністю наприкінці збирання, а як сукупність приватних валових зборів зерна за кожний календарний день збирання протягом усього збирального періоду, який залежить від темпів збирання та щодобових втрат зерна [8];

- введено нове поняття – коефіцієнт корисної дії комбайнового парку, причому двох типів [15].

Натуральний ККД – виражається ставленням фактичного валового збору зерна W_ϕ , зібраного

парком за весь період збирання, до потенційного – W_o , розрахованого перед початком збирання у господарстві.

$$\eta_l = \frac{W_\phi}{W_o} = \frac{\sum_{i=1}^{T_{36}} S_i \cdot f \cdot y_{0i} \cdot T_{36}}{S_0 \cdot y_0} \quad (1)$$

де S_0 – площа всього збирального масиву господарства під конкретною культурою та сортом;

y_0 – початкова врожайність зернових окремого виду та сорту (перед збиранням), т/га;

$f(y_0; T_{36})$ – функція, що виражає динаміку втрат зерна від тривалості збирання на залишковій площі після кожного дня збирання S_i .

Формула (1) відображає реальну ситуацію в господарстві, коли в міру збирання зменшується збиральна площа, а врожайність визначається не на всій площі, а на залишковій після кожного дня збирання [10].

З формули (1) випливає: чим більший середньодобовий темп збирання (га/добу); (Т/добу), тим менший період збирання, тим вище намот зерно та вищий ККД комбайнового парку [24].

Якщо комбайн працює на збиранні різних культур (кукурудзи, соняшника, трав на насіння), то відповідно $W_\phi = \sum W_i$ а коефіцієнт ККД розраховується як середньозважене з урахуванням частки W_i в W_ϕ .

Альтернативні варіанти комбайнового парку з приблизно рівним ККД – η_1 запропоновано оцінити додатково техніко-економічними показниками [1].

Тому введено поняття – економічний ККД, який залежить від співвідношення собівартості зерна $\Pi_{\text{соб}}$ (грн/т) та ринкової вартості зерна – Π_z (грн/т), та визначається з виразу:

$$\eta_2 = 1 - \frac{\Pi_{\text{соб}}}{\Pi_z} \quad (2)$$

Звідси виникають завдання щодо визначення функціонального зв'язку між головними факторами формування валового збору зерна та продуктивності комбайнів, їх кількості у парку, динаміки втрат, виявлення кількох альтернативних комбайнових парків та дати їм техніко-економічну оцінку, розрахувавши ККД другого роду [16]. Це дає можливість при будь-яких заданих значеннях S_0 і y_0 визначити оптимальну структуру комбайнового парку за кількістю комбайнів та їхньої продуктивності [7].

Мета досліджень

Мета досліджень – описати особливості аналітичних підходів до комплексних критеріїв оцінки виробництва зерна в сільськогосподарських підприємствах інтенсифікацією інженерного менеджменту.

Результати досліджень

Насправді загальний валовий збір зерна у господарстві за весь збиральний період зазвичай визначається сумарною кількістю зерна, привезеного з поля на зерноочисний струм. Можуть розрізняти збирання зерна до обробки або після обробки (комори збирання зерна). Середня врожайність зерна за сезон

визначається простим розподілом загальної кількості зібраного зерна на загальну збиральну площу.

Однак це досить примітивний і до того ж пасивний спосіб, який лише констатує кінцевий результат збирання врожаю та не розкриває потенційно можливий валовий збір, величину втрат урожаю та їхню причину. Без цього неможливо цілеспрямовано керувати збиральним процесом і через короткочасність прибирання своєчасно скоригувати технологічне та технічне забезпечення збиральних робіт.

У зв'язку з цим запропоновано більш оперативний метод прогнозування, розрахунку та управління валовим збором зерна за сезон на основі визначення добових темпів збирання, біологічних та механічних втрат зерна. Цей метод дозволяє виявити внутрішній механізм формування загального валового збору зерна як суму середньодобових зборів, які протягом періоду збору можуть бути різними залежно від темпів дозрівання культури, метеоумов, наявності та стану техніки, використання організаційно-технічних ресурсів тощо.

В реальних умовах роботи комбайнового парку господарства за будь-якого заданого об'єму роботи S_0 (за винятком посівів на 30...40 га) збирання триває кілька днів із поступовим зменшенням збирального масиву. В перший день збирання можна вважати, що врожайність зерна - y_0 і загальний намот - W_0 є максимальними. Якби вся площа була зібрана за один день (зміню), то максимальна врожайність буде у перший день жнив. Наступного дня, внаслідок самоосипання стиглого зерна, врожайність зерна на площі, що залишилася, буде вже меншою і т.д.

Таким чином, денний (добовий) темп збирання, тобто кількість убраних гектарів за цей час, визначає тривалість всього збирального періоду, а інтенсивність самоосипання зерна – біологічні втрати та загальний валовий збір зерна.

На рис. 1 представлений алгоритм формування валового збору зерна певної культури та сорту. Головна закономірність – у міру збирання прибрана площа збільшується, а залишкова врожайність та валовий збір зерна зменшуються.

Звідси загальний валовий збір зерна становить суму валових зборів зерна за кожен день збирання з урахуванням біологічних та механічних втрат.

$$W_{\phi} = W_1 + W_2 + W_3 + \dots + W_n \quad (3)$$

Зіставляючи W_{ϕ} і W_0 можна розрахувати ККД комбайнового парку $\eta_{к.п.}$ (формула 1)

При розробці моделі формування загального валового збору зерна в аналітичному вигляді прийнято такі припущення та обмеження:

- продуктивність комбайна визначалася з урахуванням коефіцієнта використання експлуатаційного часу роботи комбайна протягом доби, тобто з урахуванням простоїв з технологічних, організаційних та технічних причин, що відповідає реальній ситуації (рис. 2);

- динаміка зниження врожайності зерна від самоосипання прийнята для кожної культури та сорту індивідуально за даними експериментальних досліджень;

- залишкова врожайність визначається після кожної доби роботи комбайнів на залишковій збиральній площі;

- темп самоосипання зерна у перший та останній день збирання (температура втрат) приймається виходячи із співвідношення часу роботи комбайнів у цей день та тривалості роботи протягом доби;

- механічні втрати зерна комбайнами приймаються нормативними, тобто не більше ніж 2% від обмолоченого зерна або за контрольними обмолотами;

- час роботи комбайнів протягом доби протягом усього терміну збирання прийнято однаковим (можливий виняток для останнього дня збирання).

Прийняті припущення та обмеження не порушують реальний процес роботи комбайнів, а деякі навіть підвищують точність оцінки результатів їх роботи, а загалом спрощують математичні викладки.

Потенційний валовий збір зерна перед початком збирання W_0 визначали із рівняння:

$$W_0 = S_0 \cdot y_0 \quad (4)$$

де S_0 – початкова площа збирального масиву, га;

y_0 – початкова врожайність зерна перед початком збирання, т/га.

Денне збирання визначали так:

$$t_y = N \cdot W_{е.к.} \cdot T_c \quad (5)$$

де N – кількість працюючих комбайнів, шт.;

$W_{е.к.}$ – експлуатаційна продуктивність комбайна, га/год;

T_c – години роботи протягом доби, год/добу.

Таким чином, у перший день збирання буде прибрано врожай з площі

$$S_1 = N_k \cdot W_{е.к.} \cdot T_1 \quad (6)$$

Валовий збір зерна з цієї площі

$$W_1 = S_1 \cdot y_1 = S_1 \cdot \frac{T_1}{24} f_1 \cdot y_0; T_{36} \cdot y_0 \quad (7)$$

Врожайність зерна y_1 , наведена на рис. 1, з урахуванням втрат від самоосипання в день збирання визначається за такою формулою:

$$y_1 = S_1 \cdot \frac{T_1}{24} f_1 \cdot y_0; T_{36} \cdot y_0$$

Залишкова збиральна площа після першого дня збирання:

$$S_{\Delta 1} = S_0 - S_1 \quad (8)$$

Залишкова врожайність на цій площі

$$y_{\Delta 1} = y_1 - y_0 f_2 \quad y_0; T_{36} \quad (9)$$

Після другого дня прибирання відповідно:

$$S_2 = N \cdot W_{е.к.} \cdot T_2 \quad (10)$$

$$S_{\Delta 2} = S_0 - S_1 - S_2 \quad (11)$$

$$W_2 = S_2 \cdot y_2 = S_2 \cdot y_1 - y_0 f_2 \quad y_0; T_{36} \quad (12)$$

Після третього дня збирання:

$$S_3 = N \cdot W_{е.к.} \cdot T_3 \quad (13)$$

$$S_{\Delta 3} = S_0 - S_1 - S_2 - S_3 \quad (14)$$

$$W_3 = S_3 \cdot y_3 = S_3 \cdot y_2 - y_0 f_3 \quad y_0; T_{36} \quad (15)$$

Відповідно в останній день збирання

$$S_n = N_k \cdot W_{е.к.} \cdot T_n \quad (16)$$

$$W_n = S_n \cdot y_n = S_n \cdot \frac{T_n}{24} \cdot y_{n-1} - y_0 f_n \quad y_0; T_{36} \quad (17)$$

Фактичний сумарний валовий збір зерна із загальної площі S_0 буде:

$$W_{cp} = S_1 \cdot y_1 + S_2 \cdot y_2 + S_3 \cdot y_3 + \dots + S_{n-1} \cdot y_{n-1} + S_n \cdot y_n = \sum_{i=1}^n (S_i \cdot y_i) \quad (18)$$

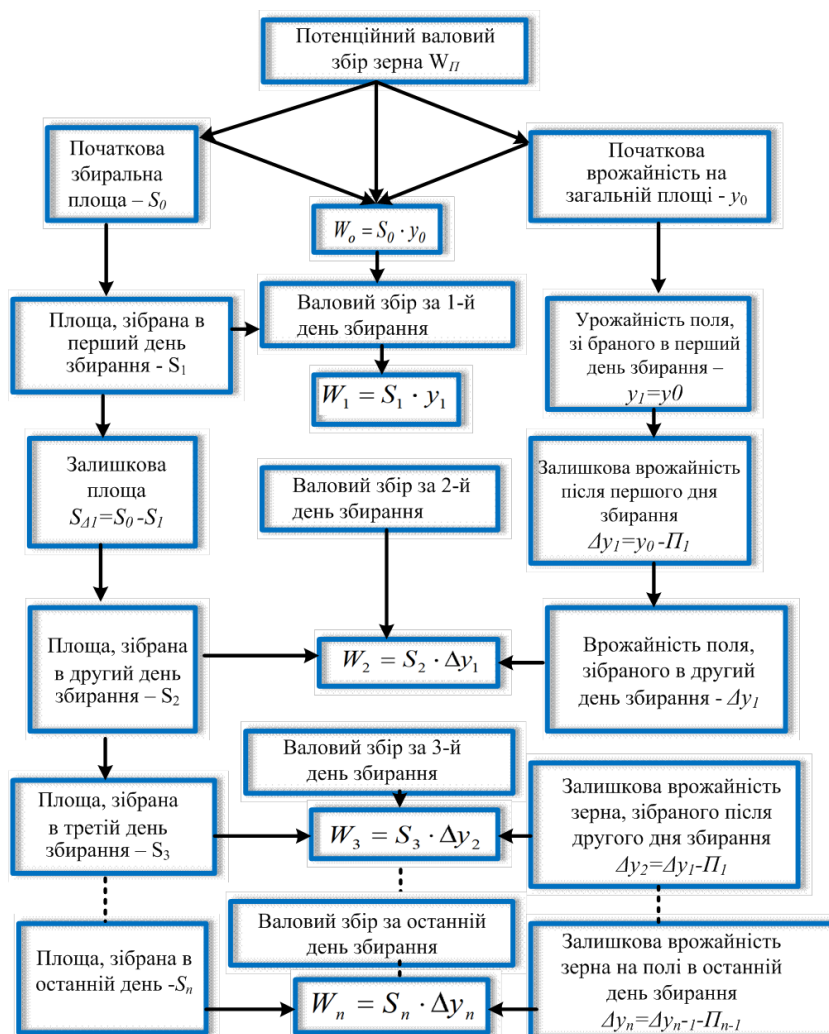


Рис. 1. Алгоритм формування валового збору зерна певної культури та сорту від першого до останнього дня збирання (Π_i – втрати зерна від самоосипання після кожного дня збирання т/га).

Fig. 1. Algorithm for the formation of gross grain harvest of a certain crop and variety from the first to the last day of harvest (Π_i – grain loss from self-shedding after each day of harvest t/ha).

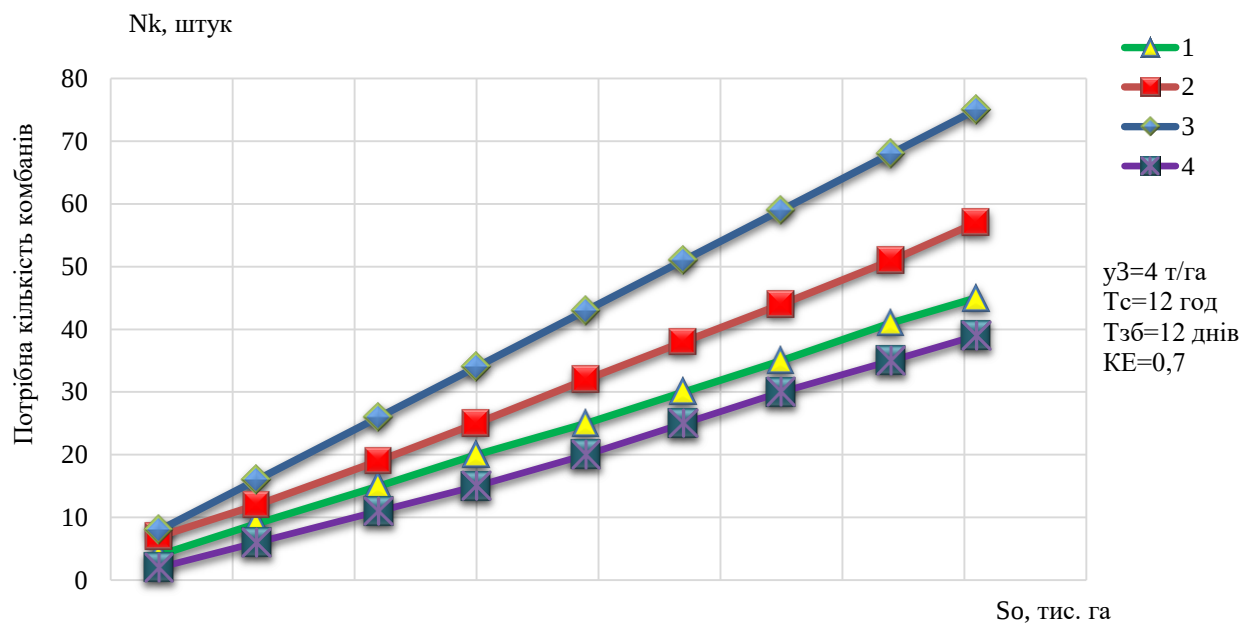


Рис. 2. Зміна необхідної кількості комбайнів різних класів за більшої варіації врожайності зерна.

Fig. 2. Change in the required number of combines of different classes with a greater variation in grain yield.

Встановлено, що середня денна продуктивність комбайна протягом перших 3 років використання становила 14,6-16,1 га; сезонна – 302-314 га; намот зерна – 59-161 т за день і 1280-1440 т – за сезон (рис. 2). Для отримання необхідної продуктивності і якості обмолоту необхідно постійно слідкувати за величиною зазору між барабаном і підбарабанням. Для підвищення продуктивності вивантаження зерна доцільно проводити під час руху без зупинки комбайна, оскільки при намоті 60 т за день втрачається приблизно 1,6 год робочого часу. Виявлено, що існуюча система збирання урожаю не враховує динаміки дозрівання зерна і соломи та їх цільового призначення за схемою: вхід у процес (перша фаза), основна частина із вище середнього (друга фаза) і вихід з процесу (третя фаза), неефективна через низьку живучість система збирання в організаціях, регіонах і областях в першій і третій фазах. Аналіз числових показників свідчить, що при збиранні всіх культур темп процесу в першій фазі збільшується повільно, в другій – швидше, а на виході спадає до мінімального. У першій фазі середній темп для жита, ячменю, вівса і пшениці досягає відповідно 0,25; 0,21; 0,30 і 0,26 тривалості циклу. Тривалість збирання кожної культури з темпом вище середнього становить менше половини тривалості циклу, а з темпом нижче середнього – більше половини. Загальний висновок з наведених даних зводиться до того, що 26-33% врожаю в господарствах можна отримати при застосуванні ресурсозберігаючих технологій. Аналіз і синтез закономірності процесу збирання урожаю свідчить, що протягом одного дня максимальний темп досягав 18,2-34,9% всього обсягу, що перевищувало середній темп до 3,58 раза.

Таким чином, у міру збирання внесок щоденного валового збору в загальний намот зерна за сезон дедалі менший і менший через зниження врожайності зерна від самоосипання за однакових добових темпів збирання.

При нормативних механічних втратах зерна за комбайнами (2%) [14, 52] фактичний намот зерна буде ще меншим і складе:

$$W_{\Phi}^H = 0,98 \sum_{i=1}^n (S_i \cdot y_i) \quad (19)$$

де n – загальна кількість днів збирання $n = T_{36}$.

Денний темп збирання S і можна виразити через параметри комбайна:

$$S_i = N_k \cdot 0,1 \cdot B_{\text{ж}} \cdot V_k \cdot T_c \quad (19)$$

де $B_{\text{ж}}$ – ширина захвату жниварки комбайна, м;

V_k – швидкість руху комбайна, км/год.

$$S_i = N_k \cdot \frac{3,6 \cdot q_k \cdot K_{\text{екс}}}{1 + \alpha_{\Phi} \cdot y_i} \cdot T_c \quad (20)$$

q_k – пропускна спроможність комбайна, кг/с;

α_{Φ} – відношення маси соломи до маси зерна в хлібостой;

y_i – поточна врожайність зерна на полі, що забирається, т/га.

Звідси загальна математична модель розрахунку валового збору зерна на площі S_0 з урахуванням динаміки втрат зерна від самоосипання і механічних його втрат комбайнами при ширині захвату $B_{\text{ж}}$ та швидкості комбайна V_k мають вигляд:

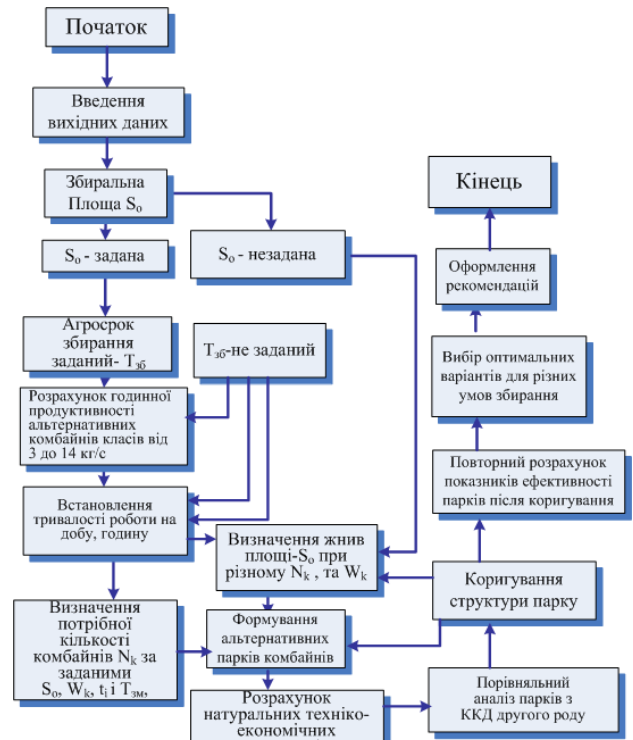


Рис. 3. Алгоритм ітераційної оптимізації структури комбайнового парку за техніко-економічними показниками їх роботи.

Fig. 3. Algorithm for iterative optimization of the structure of the combine fleet according to the technical and economic indicators of their work.

У розробленому алгоритмі (рис. 3) є два принципові варіанти: збиральна площа може бути задана або не задана (третій перехід в алгоритмі). У першому випадку парк розраховується під задану площу з різною тривалістю прибирання, у тому числі й за агротехнічний термін.

У другому випадку формується парк комбайнів і визначається, яку площу він може прибрати за різної тривалості збиральних робіт. Цей варіант уражає господарств з обмеженими фінансовими ресурсами.

Оскільки загальний валовий збір зерна залежить від денних (добових) темпів збирання, то виникають альтернативні комбайнові парки за структурою та продуктивністю. Наприклад, малий парк щодо початкового обсягу робіт (вихідної площі) вимагає менше фінансових, матеріальних та кадрових ресурсів, але зможе прибрати задану площу протягом тривалого часу і відповідно з більшими біологічними втратами. Великий парк за кількістю та продуктивністю може швидко закінчити прибирання з мінімальними біологічними втратами, але вимагатиме великих витрат на свою роботу. Звідси виникають численні альтернативні варіанти.

Така ж тенденція зберігається і за інших урожайностей зернових культур, що вказує на збільшення ефективності зернозбиральних комбайнів високих класів зі збільшенням збиральної площі. Тобто для господарств з великотоварним виробництвом зерна доцільнішими є комбайни класу 10 кг/с і вище.

Бережне прибирання з рівномірним розподілом поживних залишків дуже важливе за будь-якої технології. А якщо уникнути проходів техніки, яка ущільнює ґрунт, можна зберегти структуру та зменшити витрати при наступних операціях.

Для господарств, які мають великі поля, доцільно звернути увагу до бункери-перевантажувачи (рис. 4), які дозволяють зменшити логістичні витрати, уникнути в'їзду на поля автомобілів, останні залишають ущільнену колію. Також, бункери-перевантажувачі можна оснастити системою вагового обліку та контролю. Надійними причеп-перевантажувачами є ті, що у своєму асортименті мають, як зернові бункери з продуктивними шнеками з ємністю бункера від 20 до 45 м³, так і універсальні причепи з можливістю оснащення шнеком, ємністю бункера від 20 до 50 м³.

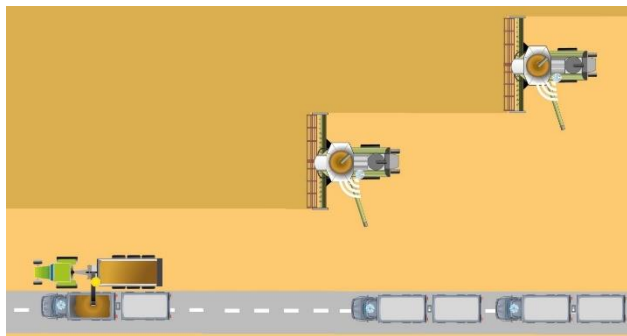


Рис. 4. Удосконалені схеми під No-till.
Fig. 4. Improved schemes at No-till.

Переваги використання бункерів-перевантажувачів:

- по полю переміщуються тільки комбайни та трактори з перевантажувачами. За рахунок зниження навантаження на ґрунт зберігається структура ґрунту;
- немає колії від автомобіля, на руйнування якої потрібні додаткові витрати солярки під час основної обробки;
- за технології поверхневої обробки або No-till, комбайну не потрібно їхати до межі поля.

Бункери-перевантажувачі обладнані ваговою системою контролю FWS (рис. 5), а також на комбайнах та вантажному транспорті встановлено обладнання електронного розпізнавання та контролю.

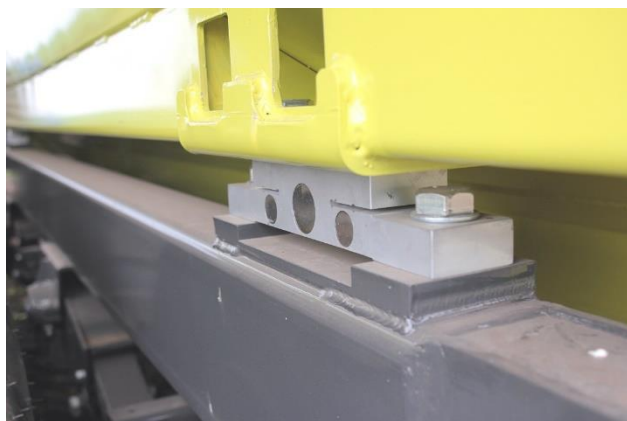


Рис. 5. Система контролю FWS.
Fig. 5. FWS control system.

Контроль завантажень на автотранспорт (рис. 6):

- збір відомостей із кожного комбайна індивідуально.

- складання карт врожайності.

При накладенні трекера роботи комбайна (GPS) можна виділити ділянки поля з різною врожайністю та якістю.

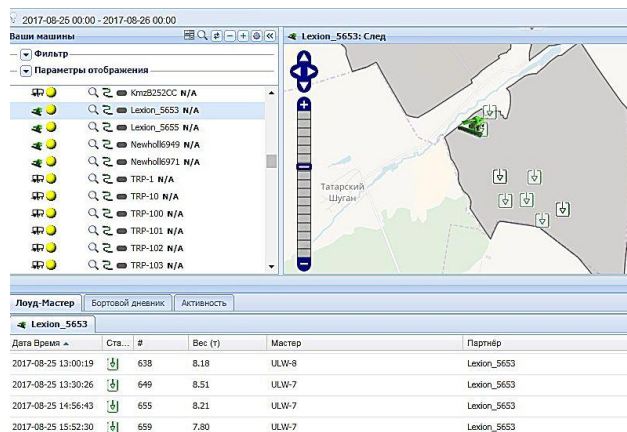


Рис. 6. Трекер роботи комбайна.
Fig. 6. Combine operation tracker.

Аналітичні відомості та онлайн контроль (рис. 7):

- автоматичне завантаження відомостей на сервер, у т.ч. телеметрія трактора;

- повна документація збирання врожаю без втрат;
- оперативний контроль ходу збиральних робіт.

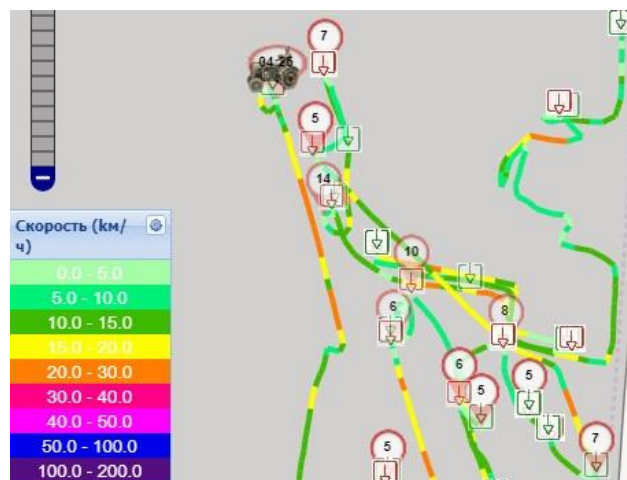


Рис. 7. Телеметрія комбайна.
Fig. 7. Combine telemetry.

Які зміни спостерігаються:

- висока продуктивність комбайнів. При затримці автотранспорту один бункер-накопичувач може продовжити роботу 3-4 комбайнів.

- опорний пункт приймає врожай з різних господарств, за високої вологості зерна є черга на розвантаження. При затримці одного автотранспорту: 25 хв * 4 комбайни = додатково + 100 хвилин продуктивної роботи комбайнів.

Дані телеметрії оптимізують роботу агрономів, логістів, бухгалтерів та економістів.

Оперативність ухвалення рішень. Можна розрахувати по кожній агрофірмі оптимальну кількість комбайнів та автотранспорту, внести корективи.

Висновки

1. Встановлено, що середня денна продуктивність комбайна протягом перших 3 років використання становила 14,6-16,1 га; сезонна – 302-314 га; намот зерно – 59-161 т за день і 1280-1440 т – за сезон. Аналіз і синтез закономірності процесу збирання урожаю свідчить, що протягом одного дня максимальний темп досягав 18,2-34,9% всього обсягу, що перевищувало середній темп до 3,58 раза.

2. У розробленому алгоритмі (рис. 3) є два принципові варіанти: збиральна площа може бути задана або не задана (третій перехід в алгоритмі). У першому випадку парк розраховується під задану площу з різною тривалістю прибирання, у тому числі й за агротехнічний термін.

Список літератури

1. *Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B.* Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17. P. 1166-1172.
2. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal. 2017. Vol. 19. P. 158-163.
3. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters. 2018. Vol. 16. P. 79-84.
4. *Masek J., Novak P., Jasinskas A.* Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16. P. 1180-1185.
5. *Rogovskii I., Grubrin O.* Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. 2018. Vol. 298. P. 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.
6. *Viba J., Lavendelis E.* Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia. P. 95-98.
7. *Luo A.C.J., Guo Y.* Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag, 2013. 213 p.
8. *Astashev V., Krupenin V.* Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16. P. 108-113.
9. *Zagurskiy O., Ohiienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I.* Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 2018. P. 64-74.
10. *Drga R., Janacova D., Charvatova H.* Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, Vol. 76. UNSP 04036.
11. *Novotny J.* Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2016, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 15. P. 16-20.
12. *Pinzi S., Cubero-Atienza A. J., Dorado M. P.* Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration. 2016. Vol. 266. Issue 3. P. 407-441.
13. *Rogovskii I. L.* Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 181-187.
14. *Rogovskii I. L.* Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 4. P. 145-150.
15. *Роговський І. Л.* Алгоритмічність визначення періодичності відновлення працездатності сільськогосподарських машин за ступенем витрат їх ресурсу. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 1. P. 155-162.
16. *Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V.* Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for Rural Development. 2019. Vol. 18. P. 291-298.
17. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. An International Quarterly Journal on Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin. 2017. Vol. 19. No 3. P. 179-184.
18. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2017. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. P. 93-102.
19. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* Method for determining time of next maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2018. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. P. 105-115.
20. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Аналіз систем і стратегій технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів та їх складових частин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 380–390.
21. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Штучні когнітивні системи в процесах технічного

обслуговування зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 353–361.

22. Rogovskii I. L. Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 399–407.

23. Роговський І. Л. Методологічність виконання технологічних операцій відновлення працездатності сільськогосподарських машин при обмежених ресурсах. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 212. Ч. 1. С. 314–322.

24. Rogovskii Ivan. Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. MOTROL. Lublin. 2016. Vol. 18. No 3. P. 155–164.

25. Роговський І. Л. Модель стохастичного процесу відновлення працездатності сільськогосподарської машини в безінерційних системах із запізненням. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 3. P. 143–150.

26. Роговський І. Л. Моделі формування альтернатив інженерного менеджменту в методах підвищення виробництва зерна в сільськогосподарських підприємствах. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137–146.

27. Rogovskii I. L. (2021). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 12. No 2. P. 123–131. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.

References

1. Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B. (2018). Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23–25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 17. 1166–1172.
2. Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F. (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal. 19. 158–163.
3. Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I. (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters. 16. 79–84.
4. Masek J., Novak P., Jasinskas A. (2017). Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24–26, Latvia

University of Agriculture. Faculty of Engineering. 16. 1180–1185.

5. Rogovskii I., Grubrin O. (2018). Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. 298. 149–156. doi: 10.31548/me.2018.04.149–156.

6. Viba J., Lavendelis E. (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia. 95–98.

7. Luo A.C.J., Guo Y. (2013). Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag. 213.

8. Astatheev V., Krupenin V. (2017). Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24–26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 16. 108–113.

9. Zagurskiy O., Ohienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I. (2018). Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 64–74.

10. Drga R., Janacova D., Charvatova H. (2016). Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14–17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, 76, UNSP 04036.

11. Novotny J. (2016). Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23–25, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 15. 16–20.

12. Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P. (2016). Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, 266 (3). 407–441.

13. Rogovskii I. L. (2019). Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 10(3). 181–187.

14. Rogovskii I. L. (2019). Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 10(4). 145–150.

15. Rogovskii I. L. (2020). Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 11(1). 155–162.

16. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. (2019). Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for Rural Development. 18. 291–298.

17. Kalinichenko D., Rogovskii I. (2014). Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of

RCM. MOTROL. An International Quarterly Journal on Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin. 19(3). 179-184.

18. Kalinichenko D., Rogovskii I. (2017). Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin–Rzeszów. 17(3). 93-102.

19. Kalinichenko D., Rogovskii I. (2018). Method for determining time of next maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 18(1). 105-115.

20. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Systems analysis and strategies for technical maintenance of combine harvesters and their parts. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 258. 380-390.

21. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Artificial cognitive systems in the processes of technical maintenance of combine harvesters. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 262. 353-361.

22. Rogovskii I. L. (2017). Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 258. 399-407.

23. Rogovskii I. L. (2015). Metodological performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural mashines at limited resources. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK. Kyiv. 212(1). 314-322.

24. Rogovskii Ivan. (2016). Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. MOTROL. Lublin. 18(3). 155-164.

25. Rogovskii I. L. (2020). Model of stochastic process of restoration of working capacity of agricultural machine in inertial systems with delay. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 11(3). 143-150.

26. Rogovskii I. L. (2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 12(1). 137-146.

27. Rogovskii I. L. (2021). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 12(2). 123-131. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.

АНАЛИТИЧНОСТЬ КОМПЛЕКСНЫХ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВА ЗЕРНА В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ ИНТЕНСИФИКАЦИЕЙ ИНЖЕНЕРНОГО МЕНЕДЖМЕНТА

И. Л. Rogovskii

Аннотация. В статье проведён анализ аналитичности комплексных критериев оценки производства зерна в сельскохозяйственных предприятиях интенсификацией инженерного менеджмента. Эффективное использование зерноуборочных комбайнов и величина потерь зерна при комбайновке у сельскохозяйственных производителей зависят от классического набора организационных, технических, технологических факторов и состояния инженерно-технической службы. С целью повышения эффективности использования техники целесообразно использовать операционную технологию сбора зерновых колосовых культур, которая включает карты и рисунки по следующим вопросам: выбор технологий проведения работы, агротехнические требования, технику безопасности, выбор и комплектование агрегатов, подготовку агрегатов к работе, подготовку полей и отрядов, организацию работы агрегатов в отряды, транспортные работы, нормы выработки и расхода топлива, контроль и оценку качества работы. Установлено, что средняя дневная производительность комбайна в течение первых 3 лет использования составила 14,6-16,1 га; сезонно – 302-314 га; намолот зерна – 59-161 т в день и 1280-1440 т – в сезон. Для получения требуемой производительности и качества обмолота необходимо постоянно следить за величиной зазора между барабаном и подбарабаньем. Для повышения производительности выгрузку зерна целесообразно проводить при движении без остановки комбайна, поскольку при намолоте 60 т в день теряется примерно 1,6 часа рабочего времени. Обнаружено, что существующая система уборки урожая не учитывает динамику созревания зерна и соломы и их целевого назначения по схеме: вход в процесс (первая фаза), основная часть из выше среднего (вторая фаза) и выход из процесса (третья фаза), неэффективная из-за низкой живучести система уборки в организациях, регионах и областях в первой и третьей фазах. Анализ числовых показателей свидетельствует, что при уборке всех культур темп процесса в первой фазе увеличивается медленно, во второй – быстрее, а на выходе снижается до минимального. В первой фазе средний темп для ржи, ячменя, овса и пшеницы достигает соответственно 0,25; 0,21; 0,30 и 0,26 продолжительности цикла. Продолжительность сбора каждой культуры с темпом выше среднего составляет менее половины продолжительности цикла, а с темпом ниже среднего – более половины. Общий вывод из данных сводится к тому, что 26-33% урожая в хозяйствах можно получить при применении ресурсосберегающих технологий. Анализ и синтез закономерности процесса уборки урожая свидетельствует, что в течение одного дня максимальный темп достигал 18,2-34,9% от всего объема, что превышало средний темп до 3,58 раза.

Ключевые слова: методология, коэффициент готовности, эффективность, сельскохозяйственная машина.

ANALYTICITY OF COMPLEX CRITERIA
FOR EVALUATION OF GRAIN PRODUCTION IN
AGRICULTURAL ENTERPRISES INTENSIFICATION
OF ENGINEERING MANAGEMENT

I. L. Rogovskii

Abstract. The article analyzes the analytical nature of complex criteria for assessing grain production in agricultural enterprises by intensifying engineering management. Effective use of combine harvesters and the amount of grain losses during combining in agricultural producers depend on the classic set of organizational, technical, technological factors and the state of engineering and technical service. In order to increase the efficiency of machinery, it is advisable to use operational technology for harvesting cereals, which includes maps and drawings on the following issues: choice of technologies, agronomic requirements, safety, selection and assembly of units, preparation of units, field and detachment preparation, organization of work of units in detachments, transport works, norms of production and fuel consumption, control and estimation of quality of work. It was established that the average daily productivity of the combine during the first 3 years of use was 14.6-16.1 ha; seasonal - 302-314 hectares; grain threshing - 59-161 tons per day and 1280-1440 tons - per season. To obtain the required productivity and quality of threshing, it is necessary to constantly monitor the size of the gap between the drum and the drum. To increase the productivity of grain unloading, it is advisable to carry out while moving without stopping the combine, because when threshing 60 tons per day, approximately 1.6 hours of working time are lost. It was found that the existing harvesting system does not take into account the dynamics of grain and straw ripening and their purpose according to the scheme: entry into the process (first phase), the main part of the above average (second phase) and exit from the process (third phase), inefficient due to low survivability of the collection system in organizations, regions and oblasts in the first and third phases. Analysis of numerical indicators shows that when all crops are harvested, the pace of the process in the first phase increases slowly, in the second - faster, and at the output decreases to a minimum. In the first phase, the average rate for rye, barley, oats and wheat reaches 0.25, respectively; 0.21; 0.30 and 0.26 cycle times. The duration of harvesting each crop with a rate above average is less than half the duration of the cycle, and with a rate below average - more than half. The general conclusion from the given data comes down to the fact that 26-33% of the harvest in farms can be obtained by using resource-saving technologies. Analysis and synthesis of the regularity of the harvesting process shows that during one day the maximum rate reached 18.2-34.9% of the total, which exceeded the average rate by 3.58 times.

Key words: methodology, availability, efficiency, agricultural machine.