

## ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ АЛГОРИТМІЧНОСТІ ФОРМУВАННЯ КОМБАЙНОВОГО ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВОГО ЗБІЖЖЯ

**Шатров Руслан Русланович**

аспірант

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0001-7469-8657

10bshatrovruslam@gmail.com

**Роговський Іван Леонідович**

доктор технічних наук, професор

Національний університет біоресурсів і природокористування України, м. Київ, Україна

ORCID: 0000-0002-6957-1616

rogovskii@nubip.edu.ua

*В статті сформульовані методичні підходи інженерного менеджменту щодо алгоритмічності формування комбайнового збирання зернового збіжжя. 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. 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; 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; 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; введено нове поняття – коефіцієнт корисної дії комбайнового парку, причому двох типів.*

*Авторами розроблена модель 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; 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).*

*Отримані результати, як перспектива подальших досліджень, можуть бути використані аграрними господарствами при комплектуванні комбайнового машинного парку як вітчизняними так і імпортованими моделями зернозбиральних комбайнів.*

**Ключові слова:** алгоритмічність, урожайність, комбайн, втрати урожаю, критерії.

DOI <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.2.13>

**Постановка проблеми.** Сучасне забезпечення господарств України зернозбиральною технікою характеризується використанням багатомарочного типорозмірного ряду зернозбиральних комбайнів вітчизняного та зарубіжного виробництва (Pisarenko et al., 2019). Причому темп закупівлі зарубіжних зернозбиральних комбайнів щорічно зростає та сягає вже 1201 одиницю (Rogovskii et al., 2019). На Україну надходять зернозбиральні комбайни різними каналами з багатьох західних фірм: «Claas» і «Fendt» (Німеччина), «John Deere» та «Massey Ferguson» (США), «Laverda» (Італія), «Sampo-Rozenlev» (Фінляндія), «Vestern» (Канада), найбільші з яких це «John Deere» і «Claas». З вітчизняних підприємств комбайни серійно випускають ТОВ «Херсонські комбайни» (Nazarenko et al., 2021).

При сучасному річному виробництві вітчизняних зернозбиральних комбайнів загальний парк України поповнюється щорічно на 80 одиниць (тобто оновлюється на 3%) (Kuzmich et al., 2021). Але навіть за такого невеликого оновлення парку зернозбиральних комбайнів через їхню розумофікацію (Wang et al., 2018), несумірність за продуктивністю та загальним технічним рівнем виникають великі труднощі з технічним обслуговуванням (Najafi et al., 2015), ремонтом, статистичною звітністю, плануванням розвитку парку зернозбиральних комбайнів за окремими моделями (Lopes et al., 2002). Важко дати об'єктивну оцінку достатності реального забезпечення господарств зернозбиральними комбайнами на одиницю площі збирання, а також прогнозувати розвиток парку

та вибрати найкращі з альтернативних (Fu et al., 2020). Це можна зробити, якщо вдається уніфікувати критерій оцінки зернозбиральних комбайнів, наприклад, ввівши поняття нормативний зернозбиральний комбайн (Voinalovych et al., 2019).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Оптимізації структури комбайнового парку в залежності від умов прибирання та сукупності різних виробничих факторів присвятили свої роботи багато дослідників (Nadtochiy & Titova, 2018). Ними розроблено досить велику кількість різних математичних моделей та комп'ютерних програм для розрахунку загальної кількості комбайнів для конкретних умов збирання (урожайності, самоосипаності, термінів збирання тощо) (Charlyugin & Zhalnin, 2020). У деяких моделях враховувалася навіть загальна динаміка втрат зерна (Rogovskii, 2020).

Однак стосовно великотоварного виробництва зерна вони вимагають коригування, що спричинено особливостями інтенсивної роботи комбайнового парку в таких господарствах (Yezequan et al., 2020). 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. 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 (Nazarenko et al., 2020);

– 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 (Rogovskii et al., 2021b);

– 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 (Dong et al., 2017);

– введено нове поняття – коефіцієнт корисної дії комбайнового парку, причому двох типів (Rogovskii et al., 2021a).

Натуральний коефіцієнт корисної дії – виражається ставленням фактичного валового збору зерна  $W_{\phi}$ , зібраного парком за весь період збирання, до потенційного –  $W_o$ , розрахованого перед початком збирання у господарстві.

$$\eta_1 = \frac{W_{\phi}}{W_o} = \frac{\sum_I^{T_{зб}} S_i \cdot f \cdot y_0 \cdot T_{зб}}{S_0 \cdot y_0}, \quad (1)$$

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;

$f(y_0; T_{зб})$  – 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 (Zubko et al., 2020).

З формули (1) випливає: чим більший середньодобовий темп збирання (га/добу); (т/добу), тим менший період збирання, тим вище намолот зерна та вищий ККД комбайнового парку (Hrynkiv et al., 2020).

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

Альтернативні варіанти комбайнового парку з приблизно рівним коефіцієнт корисної дії –  $\eta_1$  запропоновано оцінити додатково техніко-економічними показниками (Ding et al., 2020).

Тому введено поняття – ефективний коефіцієнт корисної дії, який залежить від співвідношення собівартості зерна  $\Pi_{\text{соц}}$  (грн/т) та ринкової вартості зерна –  $\Pi_3$  (грн/т), та визначається з виразу:

$$\eta_2 = 1 - \frac{\Pi_{\text{соб}}}{\Pi_3}. \quad (2)$$

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, розраховавши коефіцієнт корисної дії другого роду. Це дає можливість при будь-яких заданих значеннях  $S_0$  і  $y_0$  визначити оптимальну структуру комбайнового парку за кількістю комбайнів та їхньої продуктивності.

**Метою досліджень** є розробка методологічних положень інженерного менеджменту алгоритмічності формування комбайнового збирання зернового збіжжя при комплектуванні парку господарства різними вітчизняними і зарубіжними комбайнами.

**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 (зміну), то максимальна врожайність буде у перший день жнив. Наступного дня, внаслідок самоосипання стиглого зерна, врожайність зерна на площі, що залишилася, буде вже меншою.

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

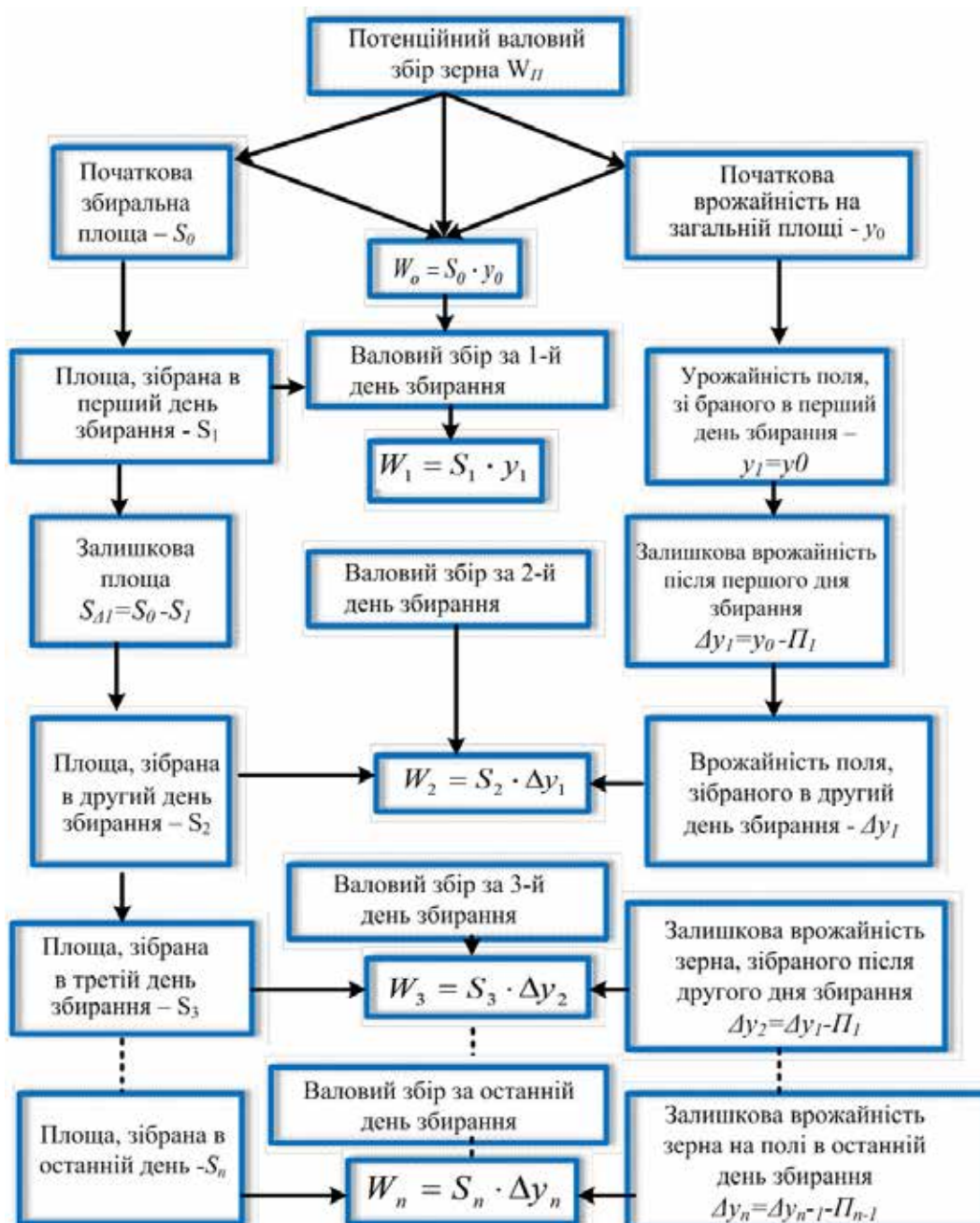


Рис. 1. Алгоритм формування валового збору зерна певної культури та сорту від першого до останнього дня збирання

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  $W_{\phi}$  і  $W_0$  можна розрахувати коефіцієнт корисної дії комбайнового парку  $\eta_{к.п.}$ .

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;

- 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:

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

де  $N$  – кількість працюючих комбайнів, шт.;

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

$T_c$  – години роботи протягом доби, год/доби.

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

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

Валовий збір зерна з цієї площі:

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

Врожайність зерна  $y_1$ , наведена на рис. 1 ( $\Pi_i$  – втрати зерна від самоосипання після кожного дня збирання, т/га), з урахуванням втрат від самоосипання в день збирання визначається за такою формулою:

$$y_1 = S_1 \cdot \frac{T_1}{24} f_1 \cdot y_0; T_{зб} \cdot y_0. \quad (8)$$

Залишкова збиральна площа після першого дня збирання:

$$S_{\Delta 1} = S_0 - S_1. \quad (9)$$

Залишкова врожайність на цій площі:

$$y_{\Delta 1} = y_1 - y_0 f_2 \quad y_0; T_{зб}. \quad (10)$$

Після другого дня прибирання відповідно:

$$S_2 = N \cdot W_{e.к.} \cdot T_2. \quad (11)$$

$$S_{\Delta 2} = S_0 - S_1 - S_2. \quad (12)$$

$$W_2 = S_2 \cdot y_2 = S_2 \cdot y_1 - y_0 f_2 \quad y_0; T_{зб}. \quad (13)$$

Після третього дня збирання:

$$S_3 = N \cdot W_{e.к.} \cdot T_3. \quad (14)$$

$$S_{\Delta 3} = S_0 - S_1 - S_2 - S_3. \quad (15)$$

$$W_3 = S_3 \cdot y_3 = S_3 \cdot y_2 - y_0 f_3 \quad y_0; T_{зб}. \quad (16)$$

Відповідно в останній день збирання:

$$S_n = N_K \cdot W_{e.к.} \cdot T_n. \quad (17)$$

$$W_n = S_n \cdot y_n = S_n \cdot \frac{T_n}{24} \cdot y_{n-1} - y_0 f_n \quad y_0; T_{зб}. \quad (18)$$

Фактичний сумарний валовий збір зерна із загальної площі  $S_0$  буде:

$$W_{cp} = S_1 \cdot y_1 + S_2 \cdot y_2 + S_3 \cdot y_3 + \dots + S_{n-1} \cdot y_{n-1} + S_n \cdot y_n = \sum_1^n (S_i \cdot y_i). \quad (19)$$

Таким чином, у міру збирання внесок щоденного валового збору в загальний намот зерно 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%) фактичний намот зерно буде ще меншим і складе:

$$W_{\phi}^H = 0,98 \sum_1^n (S_i \cdot y_i), \quad (20)$$

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

Денний темп збирання  $S$  і можна виразити через параметри комбайна:

$$S_i = N_k \cdot 0,1 \cdot B_{жк} \cdot V_k \cdot T_c \quad (21)$$

де  $B_{жк}$  – ширина захвату жнивирки комбайна, м;  
 $V_k$  – швидкість руху комбайна, км/год.

$$S_i = N_k \cdot \frac{3,6 \cdot q_k \cdot K_{екс}}{1 + \alpha_\phi \cdot y_i} \cdot T_c, \quad (22)$$

де  $q_k$  – пропускна спроможність комбайна, кг/с;  
 $\alpha_\phi$  – відношення маси соломи до маси зерна в хлібостой;  
 $y_i$  – поточна врожайність зерна на полі, що забирається, т/га.

$$y_i = f_i; T_{зб}; y_0. \quad (23)$$

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  $B_{жк}$  та швидкості комбайна  $V_k$  мають вигляд:

$$W_\phi^H = 0,98 \sum_1^{n=T_{зб}} (N \cdot 0,1 \cdot B_{жк} \cdot V_k \cdot T_c \cdot f; T_{зб}; y_0), \quad (24)$$

або

$$W_\phi^H = 0,98 \sum_1^{n=T_{зб}} \left( N_k \cdot \frac{3,6 \cdot q_k \cdot K_{екс}}{1 + \alpha_\phi} \cdot T_c \cdot (1 - P_c)^{\alpha(T_{зб}-1)} \right), \quad (25)$$

де  $\alpha$  – розмірний коефіцієнт, 1/доба.

Як зрозуміло, функція  $y_i = f_i; T_{зб}; y_0$  визначається експериментальним шляхом.

Формула (24) більш практична, тому що враховує безпосередньо клас комбайна за пропускною спроможністю та його добову продуктивність. До кожного класу комбайна можна підібрати відповідну комплектацію жнивиркою і вибрати його робочу швидкість, оскільки ці параметри взаємопов'язані:

З формул (1), (2) та (24) слідує:

$$\eta_I = 0,98 \cdot (S_0 \cdot y_0)^{-1} \cdot \sum_1^{n=T_{зб}} \times \left( N_k \cdot \frac{3,6 \cdot q_k \cdot K_{екс}}{1 + \alpha_\phi} \cdot T_c \cdot (1 - P_c)^{\alpha(T_{зб}-1)} \right), \quad (26)$$

Тоді за  $S_0=500$  га,  $T_c=10$  год.,  $T_{зб}=10$  діб,  $q_k=10$  кг/с,  $\alpha_\phi=1,5$ ,  $K_{екс}=0,7$ ,  $y_0=5$  т/га, тобто 1% від врожаю в день і в частках.

Тоді необхідний темп збирання збіжжя за добу:

$$t_y = S_0 \cdot (T_{зб})^{-1} = 5000 \cdot (10)^{-1} = 500 \text{ га/добу.}$$

Виходячи з формул (5); (6); (21) можна визначити розрахунковий обсяг робіт одного зернозбирального комбайна за збиральний період:

$$W_\phi^H = \frac{3,6 \cdot 10,07 \cdot 10 \cdot 10}{(1 + 1,5) \cdot 5} = 290 \text{ га.}$$

Тоді

$$N_k = \frac{S_0}{W_\phi^H} = \frac{5000}{290} = 17,24 \text{ комбайнів на добу.}$$

Для практичних розрахунків необхідно уточнити реальну динаміку втрат зерна на самоосипання –  $y_i = f_i; T_{зб}; y_0$ . Після чого  $S_0$ ,  $N_k$ ,  $q_k$ , і  $T_c$ , і можливо побудувати номограму для реальних умов аграрного виробничого циклу збирання збіжжя за  $S_0$ ,  $y_0$ ,  $\alpha_\phi$  і визначити структуру парка зернозбиральних комбайнів для збирання зернових в задані агротехнічні терміни.

**Висновки.** 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, метеорологічних умов, наявності та стану техніки, використання організаційно-технічних ресурсів.

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%) фактичний намот зерна буде ще меншим і складе  $W_\phi^H = 290$ , за  $S_0 = 5000$  га,  $T_c = 10$  год.,  $T_{зб} = 10$  діб,  $q_k = 10$  кг/с,  $\alpha_\phi = 1,5$ ,  $K_{екс} = 0,7$ ,  $y_0 = 5$  т/га,  $y_1 = 0,99 y_{i-1}$ , тобто 1% від врожаю в день і  $P_c = 0,01$  в частках. Необхідний темп збирання збіжжя за добу 500 га/добу.

#### Бібліографічні посилання:

1. Chaplygin, M.E. & Zhalnin, E.V. (2022). Determining the performance quality of combine harvesters operating. *Agricultural Machinery and Technologies* 13(4): 71–76. DOI: <https://doi.org/10.22314/2073-7599-2019-13-4-71-76>
2. Ding, Y., Wang, X., Peng, J., & Xia, Z. (2020). Visual navigation system for wheel-type grain combine harvester. *Smart Agriculture* 2: 89–102.
3. Dong, H., Chen, C., Wang, W., Peng, S., Hang, J., Cui, K., & Nie, L. (2017). The growth and yield of a wet-seeded rice-ratoon rice system in central China. *Field Crops Research*. 208: 55–59.
4. Fu, J., Zhang, G., Xie, G., Wang, Y., Gao, Y., & Zhou, Y. (2020). Development of double-channel feeding harvester for ratoon rice. *CSAE* 36: 11–20.
5. Hrynkiv, A., Rogovskii, I., Aulin, V., Lysenko, S., Titova, L., Zagurskiy, O., & Kolosok, I. (2020). Development of a system for determining the informativeness of the diagnosing parameters of the cylinder-piston group of the diesel engines in operation. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 3 (5(105)): 19–29. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206073>.
6. Kuzmich, I.M., Rogovskii, I.L., Titova, L.L., & Nadochiy, O.V. (2021). Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 677: 052002. DOI: <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002>

7. Lopes, G.T., Magalhães, P.S.G., & Nóbrega, E.G.O. (2002). Ae-automation and engineering technologies: Optimal header height control system for combine harvesters. *Biosystem Engineering* 81: 261–272.
8. Nadochiy, O. & Titova, L. (2018). Simulation of agricultural processes. *TEKA* 18(2): 39–49.
9. Najafi, P., Asoodar, M., Marzban, A., & Hormozi, M. (2015). Reliability analysis of agricultural machinery: A case study of sugarcane chopper harvester. *AgricEngInt: CIGR Journal* March 17(1): 158–165.
10. Nazarenko, I., Dedov, O., Beryk, I., Rogovskii, I., Bondarenko, A., Zapryvoda, A., & Titova, L. (2020). Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies* 6 (7(108)): 71–79. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217747>
11. Nazarenko, I., Mishchuk, Y., Mishchuk, D., Ruchynskiy, M., Rogovskii, I., Mikhailova, L., Titova, L., Berezovyi, M., & Shatrov, R. (2021). Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 4(7(112)): 41–49. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>
12. Pisarenko, G., Voinalovych, O., Rogovskii, I., & Motrich, M. (2019). Probability of boundary exhaustion of resources as factor of operational safety for agricultural aggregates. *Engineering for rural development* 18: 291–298.
13. Rogovskii, I. 2020. Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research* 11(1): 155–162.
14. 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.
15. Rogovskii, I.L., Titova, L.L., Gumenyuk, Yu.O., & Nadochiy, O.V. (2021a). Technological effectiveness of formation of planting furrow by working body of passive type of orchard planting machine. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 839: 052055. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/839/5/052055>
16. Rogovskii, I.L., Titova, L.L., Voinash, S.A., Troyanovskaya, I.P., & Sokolova, V.A. (2021b). Change of technical condition and productivity of grain harvesters depending on term of operation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 720: 012110. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/720/1/012110>
17. Voinalovych, O., Hnatiuk, O., Rogovskii, I., & Pokutnii, O. (2019). Probability of traumatic situations in mechanized processes in agriculture using mathematical apparatus of Markov chain method. *Engineering for rural development* 18: 563–569.
18. Wang, Z., Che, D., Bai, X., & Hu, H. (2018). Improvement and experiment of cleaning loss rate monitoring device for corn combine harvester. *CSAM* 49: 100–108.
19. Yezekyan, T., Marinello, F., Armentano, G., Trestini, S. & Sartori, L. (2020). Modelling of harvesting machines' technical parameters and prices. *Agriculture* 10(6): 194–204.
20. Zubko, V., Sirenko, V., Kuzina, T., Koszel, M., & Shchur, T. (2022). Modelling wheat grain flow during sowing based on the model of grain with shifted center of gravity. *Agricultural Engineering* this link is disabled 26(1): 25–37.

**Shatrov R. R.**, Postgraduate, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Rogovskii I. L.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine

**Engineering management of the algorithmic formation of combine collection of grain**

*the article formulates methodical approaches of engineering management regarding the algorithmic formation of combine harvesting of grain. In order to calculate the structure of the harvester fleet of specific farms, rather than the entire region, we proposed the following methodological provisions: the overall efficiency of the harvester fleet was evaluated in general for the harvesting season, and not because it was previously accepted to evaluate the work of one harvester, and its assessment was generalized for the entire fleet of harvesters. For large-scale grain production with a high rate of harvesting, this is unacceptable, since harvesters of different classes, with different annual loadings, can participate in harvesting, and generalizing the work of one harvester to the entire fleet gives a false result; did not take into account the general dynamics of grain losses from self-shedding, but specifically for each type of grain, taking into account the dynamics of grain yield on the remaining area after each day of harvesting; the gross harvest of grain in the farm was assessed not according to the average yield at the end of harvesting, but as a set of private gross harvests of grain for each calendar day of harvesting during the entire harvesting period, which depends on the pace of harvesting and daily losses of grain; a new concept was introduced – the efficiency factor of the combine park, and of two types. The authors developed a model of the formation of the total gross collection of grain in an analytical form, the following assumptions and limitations were adopted: the productivity of the harvester was determined taking into account the coefficient of utilization of the operating time of the harvester during the day, that is, taking into account downtime for technological, organizational and technical reasons, which corresponds to the real situation; the dynamics of grain yield reduction due to self-shedding is adopted for each culture and variety individually according to the data of experimental studies; the residual yield is determined after each day of harvester operation on the residual harvesting area; the rate of self-shedding of grain on the first and last day of harvesting (rate of losses) is taken based on the ratio of the working time of the harvesters on this day and the duration of work during the day; mechanical losses of grain by combine harvesters are accepted as normative, i.e. no more than 2% of threshed grain or according to control threshing; the hours of operation of harvesters during the day during the entire period of harvesting are assumed to be the same (a possible exception is for the last day of harvesting).*

*The obtained results, as a perspective for further research, can be used by agricultural farms when equipping the combine machine park with both domestic and imported models of grain harvesters.*

**Key words:** algorithmicity, productivity, harvester, crop losses, criteria.