

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ТЕХНІЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ МЕРЕЖЕЮ ПАРАЛЕЛЬНО ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ЛАНЦЮГІВ МАСОВОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ

Ничай І.,

e-mail: nu4aj@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3720-5061>

Національний університет біоресурсів і природокористування України,

Анотація

Мета дослідження – обґрунтувати сучасну організацію технічної експлуатації зернозбиральних комбайнів, яка виконується мережею паралельно функціональних ланцюгів масового обслуговування. Практичним результатом буде формування моделі технічного контролю вимог окремих систем, де спочатку вирішуватиметься з використанням термінології, прийнятої теорії масового обслуговування, та будуть даватися рекомендації щодо конкретного використання отриманих рішень.

Методи дослідження. Методологічною основою роботи є узагальнення та аналіз відомих наукових результатів відносно сучасної організації технічної експлуатації зернозбиральних комбайнів, яка виконується мережею паралельно функціональних ланцюгів масового обслуговування, та використання алгоритму розподілу вимог і теорії масового обслуговування. Для формування наукової проблеми, визначення мети і постановки задач дослідження використовувався аналітичний метод і порівняльний аналіз. Для створення емпіричних моделей використані основні положення теорії масового обслуговування, системи стаціонарних обслуговувальних апаратів, блок-схем алгоритму розподілу відмов.

Результати дослідження. У статті розглядались дані, які прийнято вважати, що сучасна організація технічної експлуатації контролю працездатності зернозбиральних комбайнів виконується мережею, яка складається з кінцевого числа паралельно функціональних ланцюгів масового обслуговування з порядковими номерами $\varepsilon=1,2,3,\dots,V$. У мережу у випадкові моменти часу із зовнішнього джерела надходять вимоги обслуговування.

Розглядалися питання вибору ланцюга для обслуговування вимоги. Оскільки кожен ланцюг призначений для відновлення тієї чи іншої моделі машини виконанням того чи іншого виду технічного контролю працездатності зернозбирального комбайну, вибір ланцюга визначався параметрами ω , i , ξ , заявками, які надійшли. За таких умов урахувалось, що загальна кількість ланцюгів масового обслуговування V , як правило, менша від кількості видів технічного контролю працездатності на кількість моделей зернозбиральних комбайнів у парку ε , оскільки в одному і тому ж ланцюгу може виконуватися технічний контроль декількох видів і моделей зернозбиральних комбайнів. Для кожного конкретного випадку організації мережі технічної експлуатації відповідно до прийнятої спеціалізації окремих ланцюгів може бути складена матриця вибору ланцюга для обслуговування заявки за її параметрами ω і ξ . Аналогічна матриця, в якій кожній парі можливих значень відповідає цілком певний номер ланцюга ε , може бути легко побудована для будь-якого конкретного випадку заданої організації та спеціалізації мережі технічної експлуатації зернозбиральних комбайнів.

Висновок. У результаті проведених досліджень отримано нові науково обґрунтовані технічні та технологічні рішення і математичні моделі, які спрямовані на підвищення ефективності функціонування виробничих процесів відновлення працездатності зернозбиральних комбайнів у сільськогосподарських підприємствах. Моделювання технічного контролю вимог окремих систем зернозбирального комбайну спочатку вирішуватиметься з використанням термінології, прийнятої теорією масового обслуговування, та будуть даватися рекомендації щодо конкретного використання отриманих рішень.

Отримано модель замкнутої системи масового обслуговування, яка може бути використана для опису роботи стаціонарної майстерні, спеціалізованого цеху, заводу, пункту, зони технічного обслуговування тупикового типу або іншої сукупності зосереджених стаціонарних обслуговувальних апаратів за довільного закону розподілу часу обслуговування.

Ключові слова: замкнута система масового обслуговування, вимога, зернозбиральний комбайн, модель, працездатність.

Вступ. Розглянемо один з можливих окремих випадків, за якого поточні заявлені технічні контролю зернозбиральних комбайнів усіх моделей виконувалися в одному і тому ж ланцюгу технічної експлуатації [Kuzmich, 2021], з порядковим номером $\varepsilon=1$, поточні планові (ПП) та середні (С) технічні контролю зернозбиральних комбайнів усіх моделей у ланцюгу $\varepsilon=2$, поповнення парку машинами всіх моделей і зокрема зернозбиральними комбайнами замість списаних (С), здійснюється однією і тією ж інстанцією, позначеною індексом $\varepsilon=3$, а для ремонту (К) зернозбирального комбайна організовані спеціалізовані ланцюги з номерами $\varepsilon=4,5,6,\dots,E+3$, де E – кількість моделей машин у змішаному парку [Nazarenko, 2020].

Блок-схема алгоритму моделювання обслуговування однорідних вимог в окремій замкненій системі масового обслуговування зернозбиральних комбайнів [Rogovskii, 2019]. Розглянемо детальніше систему, призначену для масового обслуговування різнорідних вимог [Viaou, 2016], як складову частину складної стохастичної мережі [Zubko, 2022]. Система складається з нерухомих обслуговувальних апаратів, зосереджених в одній точці простору [Voinalovych, 2020].

Блок-схема (R) алгоритму розподілу вимог, яка в загальному випадку визначає номер ланцюга для обслуговування кожної вимоги ε_i – за даними відповідної матриці [Hrynkiv, 2020], яка розглядається, і параметрами заявки ω_i і ξ_i наведено на рисунку 1.

Блок-схеми алгоритму формування вхідного потоку вимог (A_0) та розподільчого блоку (R) для кожної заявки отримує всі необхідні параметри [Najafi, 2017] для того, щоб перейти до складання блок-схем алгоритмів моделювання об-

слуговування вимог в окремих системах [Partko, 2020].

Один і той же алгоритм може бути використаний для моделювання технічного контролю зернозбиральних комбайнів у різних майстернях [Mozharivskiy, 2022], на заводах, пунктах технічного обслуговування або навіть для опису деяких інших виробничих процесів [Rogovskii, 2022]. Тому приймаємо, що надалі у викладі завдання моделювання технічного контролю вимог окремих систем спочатку вирішуватиметься з використанням термінології [Nazarenko, 2020], прийнятої теорії масового обслуговування [Palamarchuk, 2021], та будуть даватися рекомендації щодо конкретного використання отриманих рішень.

Постановка завдань. *Мета дослідження* – обґрунтувати сучасну організацію технічної експлуатації зернозбиральних комбайнів, яка виконується мережею паралельно функціювальних ланцюгів масового обслуговування. Практичним результатом буде формування моделі технічного контролю вимог окремих систем, де спочатку вирішуватиметься з використанням термінології, прийнятої теорії масового обслуговування, та будуть даватися рекомендації щодо конкретного використання отриманих рішень.

Методи і матеріали. Методологічною основою роботи є узагальнення та аналіз відомих наукових результатів відносно сучасної організації технічної експлуатації зернозбиральних комбайнів, яка здійснюється мережею паралельно функціювальних ланцюгів масового обслуговування, та використання алгоритму розподілу вимог і теорії масового обслуговування. Для формування наукової проблеми, визначення мети і постановки задач дослідження використовувався аналітичний метод

		$\xi=T3$	$\xi=TO-1$	$\xi=TO-2$	$\xi=TP$	$\xi=C$	$\xi=K$	$\xi=3$
$\varepsilon =$	$\omega=1$	1	1	1	2	2	4	3
	$\omega=2$	1	1	1	2	2	5	3
	$\omega=3$	1	1	1	2	2	6	3
	$\omega=E-2$	1	1	1	2	2	$E+1$	3
	$\omega=E-1$	1	1	1	2	2	$E+2$	3
	$\omega=E$	1	1	1	2	2	$E+3$	3

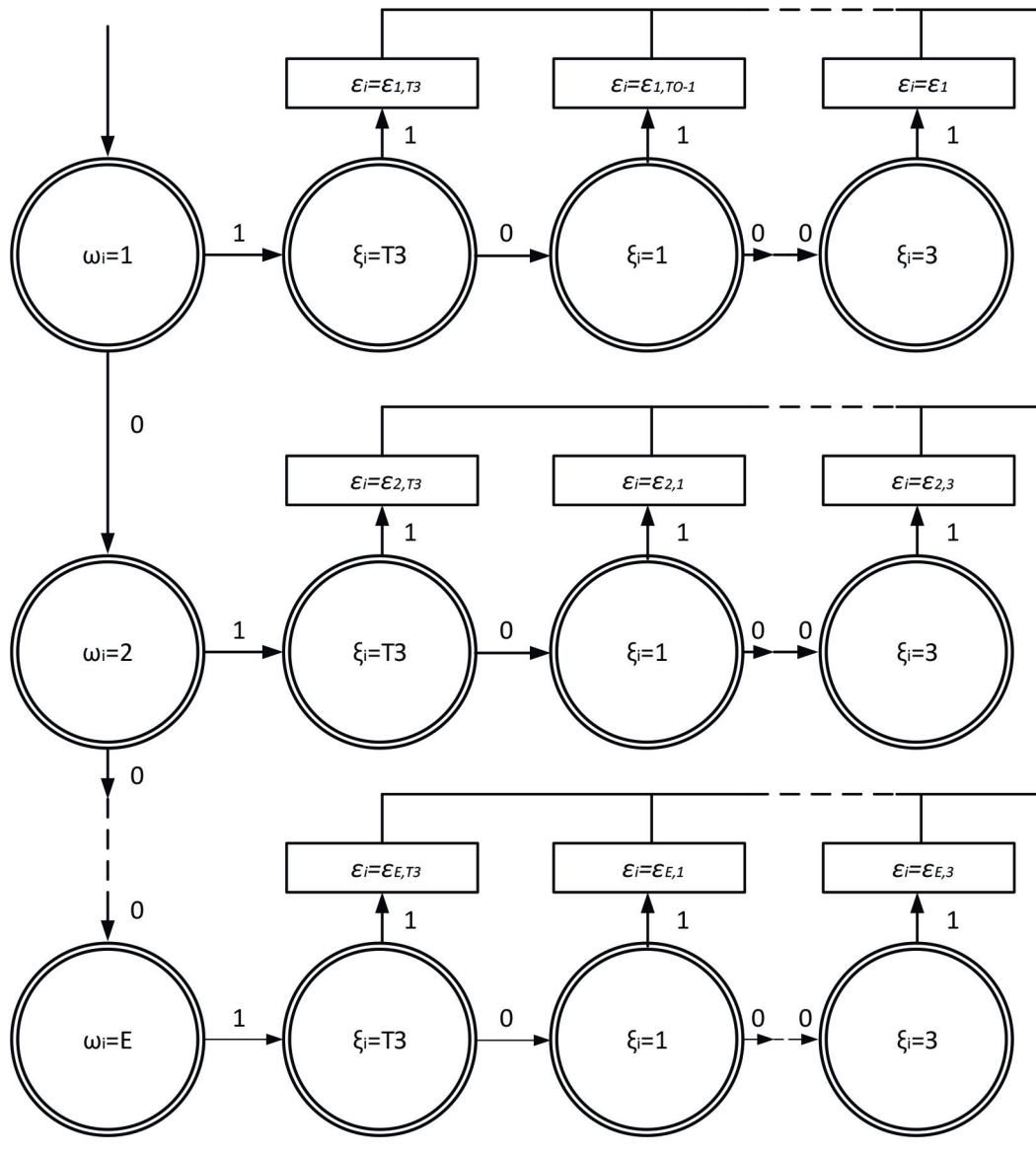


Рисунок 1 – Блок схема (R) алгоритму розподілу відмов

та порівняльний аналіз. Для створення емпіричних моделей використані основні положення теорії масового обслуговування, системи стаціонарних обслуговувальних апаратів, блок-схем алгоритму розподілу відмов (рис. 1).

Результати. Апарати працюють n_c за змінами тривалістю t_c годин щодня, крім вихідних та святкових днів.

У випадкові моменти календарного часу T'_i в систему із зовнішнього джерела вимог ($T'_i = T_i$) або від попередньої послідовно з'єднаних систем ($T'_i > T_i$) надходять вимоги. Якщо є вільні апарати, то вимога негайно приймається до обслуговування і займає один із вільних апаратів з найменшим порядковим номером. Якщо обслуговувальні апарати зайняті, то вимога планується до обслуговування тим апаратом, який першим звільниться і залишиться в системі доти, доки не буде повністю обслужена (система з очікуванням).

Система призначена для обслуговування елементів e типів, які періодично потребують обслуговування δ видів, з $\omega = 1, 2, 3, \dots, e$ і $\xi = 1, 2, 3, \dots, \delta$, δ – порядкові номери типів, елементів та видів обслуговування. Відомі закони розподілу часу, затраченого виконання обслуговування кожного виду елемента кожного типу $f(t_{0\omega\xi})$. Приймається, що обслуговувальні апарати діють безвідмовно протягом усього функціонування системи. Потрібно визначити ефективність системи обслуговування за заданої кількості обслуговувальних апаратів. Як критерії оцінки ефективності системи обслуговування вибрано середню кількість елементів кожного типу в очікуванні обслуговування l_ω (середня довжина черги) та коефіцієнт використання обслуговувальних апаратів k_o , які визначаються за формулами:

$$l_\omega = \frac{T_{n\omega}}{T_p}, \text{ при } \omega = 1, 2, 3, \dots, e \quad (1)$$

$$k_o = \frac{T_o}{sT_p}, \quad (2)$$

де T_p – робочий час функціонування системи від початку відліку остаточно

аналізованого періоду;

$T_{n\omega}$ – сумарний час простою елементів кожного типу в очікуванні обслуговування за час функціонування системи, елемент-год;

T_o – сумарний час обслуговування елементів усіх типів усіма обслуговувальними апаратами під час функціонування системи, апарат-год.

Завдання вирішується способом Монте-Карло. Вихідними даними для моделювання обслуговування i -ї заявки є величини, одержувані на виході попередньої з числа послідовно з'єднаних у мережі систем масового обслуговування:

$T_{\omega i}, T'_{\omega i}$ – календарні моменти часу виникнення та надходження i -ї заявки на обслуговування елемента типу ω у розглянуту систему масового обслуговування;

ξ_i – вид i -ї заявки;

ε_i – порядковий номер ланцюга масового обслуговування, якому ця заявка адресована.

Прийmemo, що у спільній мережі масового обслуговування аналізована система належить до ланцюга, має порядковий номер ε . Якщо $\varepsilon_i = \varepsilon$ та i -а вимога надходить у розглянуту систему; якщо $\varepsilon_i \neq \varepsilon$, то вимога передається в обслуговування в інший, паралельний ланцюг масового обслуговування. Вихідними даними для моделювання є також такі результати моделювання обслуговування попереднього, з числа обслуговуваних цією системою, η -го вимоги ($\eta < i-1, \varepsilon_\eta = \varepsilon$):

$T'_{p\omega\eta}$ – момент робочого часу надходження η -ї вимоги до системи;

$\tau_{\eta j}$ – час, протягом якого, починаючи з моменту надходження η -ї вимоги, кожен обслуговувальний апарат буде зайнятий обслуговуванням вимог, які раніше надійшли, включаючи η -у вимогу ($j=1, 2, 3, \dots, s$);

$T'_{n\omega\eta}$ при $\omega=1, 2, 3, \dots, e$ – сумарний час простою елементів кожного типу в очікуванні обслуговування надійшли в систему η -х вимог за час з початку відліку до початку обслуговування η -ї вимоги;

$T'_{o\eta}$ – сумарний час, необхідний для того, щоб повністю обслужити вимоги,

які надійшли в систему η -ї вимоги;

$\theta_{\omega r}$ – момент робочого часу, в який закінчується простій в очікуванні обслуговування і починається обслуговування вимог, які раніше надійшли*;

$T'_{\omega r}, T''_{\omega r}$ – моменти робочого часу надходження до системи та виходу із системи попередніх вимог.

Для першого прорахунку спеціальними програмними продуктами усі наведені вихідні дані приймаються рівними нулю. Розглянемо спочатку випадок, коли i -та вимога надходить для обслуговування у цю систему ($\varepsilon_i = \varepsilon$). Тоді моделювання обслуговування цієї вимоги виконується у такій послідовності:

- визначаються моменти робочого часу виникнення i -ї вимоги у джерелі та його надходження до аналізованої системи ($T'_{p\omega i}$ і $T'_{p\omega i}$);

- розраховується час τ'_{ij} , протягом якого кожен апарат, починаючи з моменту $T'_{p\omega i}$, буде зайнятий обслуговуванням попередніх вимог, виключаючи i -у вимогу

$$\tau'_{ij} = (\tau_{\eta j} - T'_{p\omega i} + T'_{p\eta})_+, \quad (142) j = 1, 2, 3, \dots, s.$$

Причому, у цій формулі і далі $(x)_+ = \max(x; 0)$;

визначається порядковий номер апарату $\bar{\alpha}$, обраного для обслуговування i -ї вимоги згідно з умовою

$$\tau'_{i\alpha} = \min \tau'_{ij}, \quad (3) \\ j = 1, 2, 3, \dots, s.$$

за кількох нульових значень τ'_{ij} вибирається апарат із найменшим порядковим номером;

- фіксується час, протягом якого i -а вимога чекатиме обслуговування $\tau'_{i\alpha}$;

- відповідно до закону розподілу часу обслуговування виду ξ_i елементів типу ω_i визначається випадкова реалізація часу обслуговування i -ї вимоги;

- визначається час, протягом якого, починаючи з моменту надходження i -ї вимоги, кожен апарат буде зайнятий обслуговуванням всіх вимог, які надійшли раніше, включаючи i -у

$$\tau_{ij} = \tau'_{ij} + t_{oi},$$

$$j = \alpha; \quad \tau_{ij} = \tau_{ij},$$

$$j \neq \alpha, \text{ при } (144) j = 1, 2, 3, \dots, s.$$

- розраховується сумарний час, необхідний для обслуговування всіх вимог, які надійшли раніше, включаючи i -у

$$T'_{oi} = T'_{o\eta} + t_{oi}; \quad (4)$$

- визначається сумарний час простою елементів кожного типу в очікуванні обслуговування всіх вимог, які надійшли раніше, включаючи i -у

$$T'_{n\omega i} = \begin{cases} T'_{n\omega\eta} + \tau'_{i\alpha}; & \omega = \omega_i \\ T'_{n\omega\eta}; & \omega \neq \omega_i \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{за } \omega = 1, 2, 3, \dots, e$$

За $r=1, 2, 3, \dots, \eta$ в пам'яті машини містяться тільки значення $\theta_{p\omega r}, T'_{\omega r}, T''_{\omega r}$, кожне з яких $> T'_{p,i-1}$.

- знаходиться момент робочого часу початку обслуговування i -ї вимоги

$$\theta_{p\omega i} = T'_{p\omega i} + \tau'_{i\alpha}; \quad (6)$$

- розраховується момент робочого часу, коли обслужена i -а вимога залишить систему

$$T''_{p\omega i} = \theta_{\omega i} + t_{oi}; \quad (7)$$

визначаються суми:

$$F_{\omega i} = \sum_{(\eta)} (\theta_{p\omega r} - T_{pi})_+, \quad (8)$$

$$G_{\omega i} = \sum_{(r)} (T'_{p\omega r} - T_{pi})_+, \quad (9)$$

$$H_{\omega i} = \sum_{(r)} (T''_{p\omega r} - T_{pi})_+, \quad (10)$$

$$\text{при } \omega = 1, 2, 3, \dots, e$$

- розраховується сумарний час простою елементів кожного типу в очікуванні обслуговування з початку відліку до моменту T_i виникнення в джерелі i -ї вимоги

$$T_{n\omega i} = T'_{n\omega\eta} - F_{\omega i} + G_{\omega i}, \quad (11)$$

$$\text{при } \omega = 1, 2, 3, \dots, e$$

- визначається сумарний час роботи

обслуговувальних апаратів з початку відліку до моменту T_i виникнення в джерелі i -ї вимоги

$$T_{oi} = T'_{o\eta} + \sum_{\omega=1}^e (F_{\omega i} - H_{\omega i}), \quad (12)$$

- визначається момент календарного часу, в який обслужена i -а вимога залишить систему $T''_{\omega i}$.

На цьому закінчується моделювання обслуговування i -ї вимоги. Значення T_{oi} , T_{pi} , записуються, а значення $\theta_{\rho\omega i}$; $T'_{\rho\omega i}$; $T''_{\rho\omega i}$ кожне з яких більше T_{pi} виключаються з пам'яті персонального комп'ютера. Потім переходять до моделювання обслуговування $(i+1)$ -ї вимоги, вихідними для якого є результати, отримані під час моделювання обслуговування i -ї вимоги: $T'_{\rho\omega i} = T'_{\rho\omega, \eta+i}$; $\tau_{ij} = \tau_{\eta+1, j}$; $T'_{n\omega i} = T'_{n\omega, \eta+1}$; $T'_{oi} = T'_{o, \eta+1}$; $\theta_{\rho\omega i} = \theta_{\rho\omega, \eta+1}$; $T''_{\rho\omega i} = T''_{\rho\omega, \eta+1}$. Момент календарного часу $T''_{\omega i}$, у який обслужена i -а вимога залишить розглянуту систему, одночасно є моментом надходження тієї самої вимоги в наступну з числа послідовно з'єднаних у ланцюг систем масового обслуговування.

Якщо виявиться, що i -а вимога надходить для обслуговування не в розглянуту, а в іншу, паралельно ввімкнуту систему ($\varepsilon_i \neq \varepsilon$), то в системі все одно необхідно «програти» через програмний продукт на ПК подальший процес обслуговування, які раніше надійшли вимоги аж до моменту календарного часу виникнення в джерелі i -ї вимоги. Це необхідно для того, щоб визначити сумарний час знаходження всіх вимог, які надійшли раніше, у всіх, паралельно ввімкнутих системах масового обслуговування з початку відліку до одного і того ж, однакового для всіх систем моменту часу T_i . Моделювання починається з формули (8) і потім продовжується так само, як і для випадку $\varepsilon_i = \varepsilon$. Блок-схему моделювального алгоритму наведено на рисунку 2.

Якщо $\varepsilon_i \neq \varepsilon$, то після закінчення моделювання обслуговування вимог в інтервалі $(T_{i-1}; T_i)$ нових вихідних даних усередині системи для моделювання обслуговування чергової $(i+1)$ -ї вимоги не утворюється. Як такі дані автоматично приймають-

ся дані, вже використані у моделюванні обслуговування i -ї вимоги ($\theta_{\omega i}$; $T'_{\rho\omega i}$; $T''_{\rho\omega i}$; $T'_{n\omega i}$; T'_{oi}).

Обговорення. Порядок призначення вихідних даних для моделювання докладно описаний, щоб далі під час розгляду блок-схем моделювальних алгоритмів детально на цьому питанні не зупинятися [Rogovskii, 2019].

Після закінчення моделювання обслуговування передбачених програмою вимог k , отримані результати $T_{nok} = T_{no}$; $\omega=1, 2, 3, \dots, e$; $T_{ok} = T_o$ і $T_{pk} = T_p$ вирішують поставлене завдання за формулами (1) та (2).

Отримано модель замкнутої системи масового обслуговування, яка може бути використана для опису роботи стаціонарної майстерні, спеціалізованого цеху, заводу, пункту, зони технічного обслуговування тупикового типу або іншої сукупності зосереджених стаціонарних обслуговувальних апаратів з довільним законом розподілу часу обслуговування [Nazarenko, 2020].

Висновки. У результаті проведених досліджень отримано нові науково обґрунтовані технічні та технологічні рішення і математичні моделі, які спрямовані на підвищення ефективності функціонування виробничих процесів відновлення працездатності зернозбиральних комбайнів у сільськогосподарських підприємствах. Моделювання технічного контролю вимог окремих систем зернозбирального комбайну спочатку вирішуватиметься з використанням термінології, прийнятої теорією масового обслуговування, та будуть даватися рекомендації щодо конкретного використання отриманих рішень.

Після закінчення моделювання обслуговування передбачених програмою вимог k , отримані результати $T_{nok} = T_{no}$; $\omega=1, 2, 3, \dots, e$; $T_{ok} = T_o$ і $T_{pk} = T_p$ вирішують поставлене завдання.

Отримано модель замкнутої системи масового обслуговування, яка може бути використана для опису роботи стаціонарної майстерні, спеціалізованого цеху, заводу, пункту, зони технічного обслуговування тупикового типу або іншої сукуп-

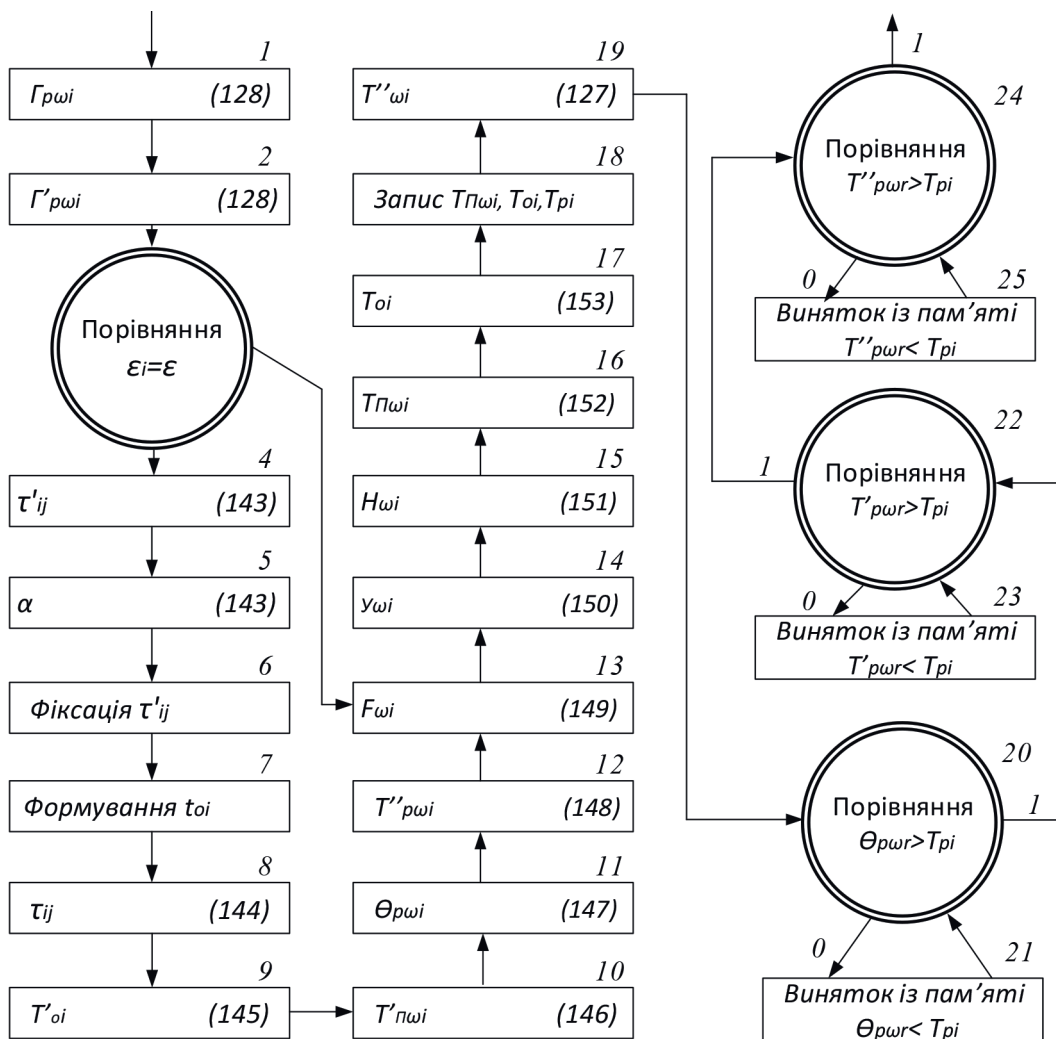


Рисунок 2 – Блок-схема алгоритму моделювання обслуговування вимог системою стаціонарних обслуговувальних апаратів (блок A_1)

ності зосереджених стаціонарних обслуговувальних апаратів з довільним законом розподілу часу обслуговування.

Перелік літератури

Biaou O., Moreira J., Hounhouigan J., Amponsah S. (2016) Effect of threshing drum speed and crop weight on paddy grain quality in axial-flow thresher (ASI). *Journal of Multidisciplinary Engineering Science and Technology*. 3(1). pp. 3716-3721.

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(105). pp. 19-29. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.206073>.

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. pp. 052002. <http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002>.

Mozhariivskiy D. M., Titova L. L., Nadochiy O. V., Dasic P. (2022) Aspects of expert system of engineering management of technical condition of grain harvesters. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. 13(1). pp. 60-66. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2022.01.060>.

Najafi P., Asoodar M., Marzban A., Hormozi M. (2017) Reliability analysis of agricultural machinery: a case study of sugarcane chopper harvester. *AgricEngInt: CIGR Journal*. March 17(1)1. pp. 158-165.

Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Ro-

govskii 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). pp. 71–79. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.217747>.

Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhalova L., Titova L., Berezoviy 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)). pp. 41–49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

Palamarchuk I., Rogovskii I., Titova L., Omelyanov O. (2021) Experimental evaluation of energy parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. *Engineering for Rural Development*. 20. pp. 1761–1767. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2021.20.TF386>.

Partko S. A., Sirotenko A. N. (2020) Self-oscillation in agricultural mobile machine

units. *Journal Physics*. 1515. pp. 042084.

Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezo-va L., Vyhovskyi A. (2022) Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. *Engineering for Rural Development*. 21. pp. 884–890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.

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. pp. 291–298. <https://doi.org/10.22616/ERDev2019.18.N451>.

Voinalovych O., Aniskevych L., Motrich M., Titova L. (2020) Rationale of acceptable risk of using tractors with operational damages of responsible parts. *Engineering for Rural Development*. 19. pp. 784–792.

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*. 26(1). pp. 25–37. <https://doi.org/10.2478/agriceng-2022-0003>.

UDC 631.4.001

MODELING OF PROCESSES OF TECHNICAL CONTROL OF GRAIN HARVESTERS BY NETWORK OF PARALLEL-FUNCTIONING CHAINS OF MASS SERVICE

Nychay I. M.,

e-mail: nu4aj@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0003-3720-5061>

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Summary

Purpose of the study. *The aim of the work is to substantiate the modern organization of technical operation of combine harvesters, which is carried out by a network of parallel-functioning queuing chains. The practical result will be the formation of a model of technical control of the requirements of individual systems, which will initially be addressed using the terminology adopted by the theory of queuing, and recommendations will be given on the specific use of the solutions.*

Research methods. *The methodological basis of the work is the generalization and analysis of known scientific results regarding the modern organization of technical operation of combine harvesters, carried out by a network of parallel queuing chains, and the use of requirements division algorithm*

and queuing theory. Analytical method and comparative analysis were used to form a scientific problem, determine the purpose and set research objectives. When creating empirical models, the main provisions of the theory of queuing, systems of stationary service devices, block diagrams of the failure distribution algorithm are used.

The results of the study. The article considers the data, which is considered to be the modern organization of technical operation control of combine harvesters by network, which consists of a finite number of parallel operating queuing chains with serial numbers $\varepsilon=1,2,3,\dots,B$. In the network at random moments of time from an external source receives service requirements.

The issues of choosing a chain for service requirements were considered. Since each chain is designed to restore a particular model of machine by performing one or another type of technical control of the combine harvester, the choice of chain was determined by the parameters ω_i and ξ_i received applications. It was taken into account that the total number of queuing chains B , as a rule, is less than the number of types of technical control of the number of models of combine harvesters in the park ε , because in the same chain can perform technical control of several types and models of combine harvesters. For each specific case of organization of the network of technical operation in accordance with the accepted specialization of individual chains, a matrix of chain selection for servicing the application according to its parameters ω and ξ can be compiled. A similar matrix, in which each pair of possible values corresponds to a specific chain number ε , can be easily constructed for any specific case of a given organization and specialization of the network of technical operation of combine harvesters.

Conclusions. As a result of the research, new scientifically sound technical and technological solutions and mathematical models were obtained, which are aimed at improving the efficiency of production processes of restoring the efficiency of combine harvesters in agricultural enterprises. Modeling of technical control of requirements of separate systems of the combine harvester will be initially solved in a form with use of the terminology accepted by the theory of queuing, and recommendations concerning concrete use of the received decisions will be given.

A model of a closed queuing system is obtained, which can be used to describe the operation of a stationary workshop, specialized shop, plant, point, dead-end maintenance area or other set of concentrated stationary service devices with an arbitrary law of distribution of service time.

Key words: closed queuing system, requirement, combine harvester, model, efficiency.