

## ІНЖЕНЕРНИЙ МЕНЕДЖМЕНТ БЕЗВІДМОВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ЗА ТЕХНОЛОГІЇ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРИ ЗБЕРІГАННІ

**Кузьмич Іван Михайлович**

аспірант

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

ORCID: 0000-0003-1718-6123

beliy1994@meta.ua

**Роговський Іван Леонідович**

доктор технічних наук, старший науковий співробітник

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

ORCID: 0000-0002-6957-1616

rogovskii@nubip.edu.ua

*У статті обговорюються питання доцільності застосування нормативного комплексу інженерного менеджменту за адаптивної технології технічного обслуговування при зберіганні зернозбиральних комбайнів.*

*В основу проведення експериментальних досліджень прийнято робочу наукову гіпотезу, що ефективність машинвикористання зернозбиральних комбайнів в значній мірі залежить від її надійності, зокрема від показників безвідмовності безпосередньо в процесі жнив. При збиранні зернових сільськогосподарських культур необхідно забезпечити працездатний стан комбайнів протягом нормативного агротехнічного періоду. Тому основною характеристичною властивістю зернозбиральних комбайнів і охарактеризовано безвідмовність. Передбачається, що відмови зернозбиральних комбайнів з технічних і технологічних причин призводять до простоїв самих комбайнів і, як наслідок, до втрати частини врожаю зернових. При перевищенні встановленого нормативного агротехнічного терміну збирання збіжжя питомі втрати зернових становлять 0,004...0,006 % за одну годину простою. Аналіз статистичних даних про технічний стан об'єктів на основі експлуатаційних спостережень дозволив виявити ймовірні закономірності і причини відмов.*

*Проведено аналіз результатів експериментальних досліджень зі встановленням чисельних значень показників безвідмовності зернозбиральних комбайнів, а саме, середнє напрацювання на першу відмову, середнє напрацювання на відмову, середня кількість відмов, середній час усунення відмови, коефіцієнт варіації відмов.*

*Представлена графічна інтерпретація залежності показників безвідмовності зернозбиральних комбайнів, а саме, щільність розподілу відмов комбайнів, сумарна кількість відмов в процесі роботи комбайнів, сумарний коефіцієнт готовності зернозбиральних комбайнів. Підтверджено існування впливу зміни середнього напрацювання на відмову в процесі експлуатації комбайнів на показники безвідмовності комбайна.*

*Розглянутий підхід із подібним аналізом дозволяє обґрунтовано висувати вимоги до характеристик технологій технічного обслуговування при зберіганні зернозбиральних комбайнів.*

**Ключові слова:** безвідмовність, комбайн, ймовірність, відмова, працездатність, зберігання.

DOI <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.1.2>

**Постановка проблеми.** Машинно-технологічний комплекс сільського господарства включає в себе агротехнології виробництва продукції, технічні засоби та інфраструктуру, що забезпечує працездатність системи. Сучасна соціально-економічна ситуація в світі зумовлює необхідність прискореного розвитку національного сільськогосподарського виробництва. Тенденція скорочення випуску техніки вітчизняного виробництва і її недолік послужили причиною все більш зростаючого парку імпоротної техніки, яка надходить в продаж в широкому асортименті від різних фірм виробників. Інформація, яка надається про якість та ефективність застосування вітчизняної та імпоротної техніки, носить суперечливий характер, що ускладнює однозначний вибір технічних засобів для їх впровадження у виробництво.

Зернозбиральні комбайни експлуатуються у важких умовах. Пил, бруд, рослинні рештки потрапляють у вузли, що труться, викликають посилений механічний знос їх (Najafi et al., 2015). Нерівності поля призводять до виникнення динамічного навантаження на окремі

з'єднання та їх поломку (Gurcanli et al., 2015). У процесі експлуатації порушується регулювання зернозбиральних комбайнів, тобто змінюється взаємне розташування деталей у результаті механічного зношування та ослаблення кріплень (Khamidullina et al., 2017). Мазильні речовини під дією високих температур і влучення в них сторонніх домішок втрачають свої первісні властивості, а це збільшує знос деталей (Aven, 2016). У системі охолодження силової енергетичної установки зернозбиральних комбайнів утворюється накип, у паливних, масляних та повітряних фільтрах затримуються забруднення, утворюється нагар на головках блоків, камерах згоряння, клапанах, що призводить також до зміни роботи самого двигуна внутрішнього згорання (Tyutrin, 2019). Крім перерахованих факторів, деталі зернозбиральних комбайнів старіють, втрачають свою первісну міцність (Zubko et al., 2017). Значне зношування викликає корозія металів, особливо коли зернозбиральний комбайн довго не використовуються, тобто перебуває на зберіганні (Voinalovych et al., 2017). Внаслідок усіх цих причин зер-

нозбиральні комбайни втрачають свою працездатність, передчасно виходить з ладу, чим завдається великої фінансової шкоди економіці аграрного підприємства.

Для зменшення впливу всіх цих факторів, продовження термінів служби зернозбиральних комбайнів розроблено нормативний комплекс інженерного менеджменту, який називається адаптивною технології технічного обслуговування при зберіганні зернозбиральних комбайнів (Rogovskii et al., 2019). В основу якої покладено робочу гіпотезу, що ефективність машин-використання зернозбиральних комбайнів в значній мірі залежить від її надійності (Shih-Heng et al., 2018). При збиранні зернових культур необхідно забезпечити працездатний стан комбайнів протягом необхідного агротехнічного періоду (Guansah & Ansah, 2020). Тому основною характеристичною властивістю збиральних машин є безвідмовність (Nykuforchun et al., 2019). Відмови з технічних і технологічних причин призводять до простоїв машин і, як наслідок, до втрати частини врожаю (Corinne & José, 2017). При перевищенні встановленого терміну збирання питомі втрати зернових становлять 0,004...0,006 % за одну годину простою (Kурріс et al., 2016). Аналіз статистичних даних про технічний стан об'єктів на основі експлуатаційних спостережень дозволяє виявити ймовірні закономірності і причини відмов.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Зернозбиральні комбайни, як і інші сільськогосподарських машин (плуги, сівалки, самохідні обприскувачі, бурякозбиральні машини, кормозбиральні комбайни) через спеціалізацію та сезонність робіт використовують протягом року нетривалий час, як правило, 10...60 днів (Ерохін et al., 2019). При тривалому зберіганні зернозбиральних комбайнів змінюються параметри та якість матеріалу деталей унаслідок корозії, структурних перетворень та залишкових деформацій під дією власної ваги машин. При неправильному зберіганні природне зношування машин відбувається більш інтенсивно (Хі & Songlin, 2019). Правильне зберігання забезпечує збереження зернозбиральних комбайнів та сприяє скороченню витрат на їх технічне обслуговування та ремонт під час експлуатації (Rejovitzky & Altus 2013).

Під час зберігання виникають корозійні пошкодження деталей зернозбиральних комбайнів (Pisarenko et al., 2019). Не законсервовані поверхні робочих органів зернозбиральних комбайнів у період зберігання окислюються та покриваються іржею (Sánchez-Hermosilla et al., 2011). Забруднення на деталях посилюють корозію, так як у поєднанні з вологою вони можуть створювати активне електрохімічне середовище, що викликає інтенсивні корозії (Kalinichenko & Rogovskii, 2017). Насамперед корозія ушкоджує незахищені поверхні (Zou et al., 2017). В одних випадках вона виникає через руйнування лакофарбових покриттів (при транспортуванні, роботі тощо), в інших – через порушення правил зберігання зернозбиральних комбайнів (Rogovskii, 2020).

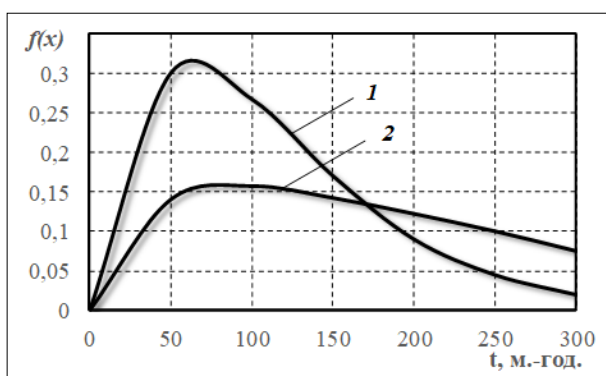
Нижні частини зернозбиральних комбайнів (опорні ковзанки, ходові колеса та ін.), виготовлені з вуглецевих та малолегованих сталей, на відміну від деталей, віддалених від ґрунту та не мають контакту з ним, кородують

інтенсивніше (Chen et al., 2020). Глибина пошкодження деяких деталей досягає більших розмірів (Kuzmich et al., 2021). Так, якщо захисні кожухи, рами зернозбиральних комбайнів за рік ушкоджуються корозією на глибину 0,02...0,07 мм, то деталі робочих органів та опорних частин, що торкаються ґрунту або контактують з рослинними рештками, зерном, – на глибину 0,42...0,44 мм (Kuzmich & Rogovskii, 2021). Ресурс таких деталей через втомні руйнування на практиці часто скорочується на 40...60 % (Nazarenko et al., 2021). Початком таких руйнувань є корозійні ушкодження.

Під дією сонячного світла (сонячної радіації), кисню та озону повітря, а також атмосферних опадів, різких перепадів температури та механічних впливів деталі зернозбиральних комбайнів, виготовлені з гуми, резинотекстилю та полімерних матеріалів, а також лакофарбові покриття піддаються старінню (Hrynkiv et al., 2020). Старіння – зміна фізико-хімічних властивостей матеріалів у процесі їх використання та зберігання; воно зумовлено процесами деструкції, тобто руйнуванням ланцюгів макромолекул (Nazarenko et al., 2020). При старінні змінюються властивості матеріалів: втрачається маса, знижується еластичність, зменшується опір удару, стиску та вигину, підвищується твердість, змінюється зовнішній вигляд (вицвітання, розтріскування). При спільній дії озону та сонячних променів гума руйнується найбільш інтенсивно. Несприятливий вплив на деталі, виготовлені з гуми та гумотекстилю, надають паливо та мастильні матеріали. Вони викликають розбухання та розм'якшення гуми. Цим пояснюються пошкодження не підготовлених до зберігання гумових шин, прогумованих ременів, шлангів гідросистем та інших деталей зернозбиральних комбайнів. Через порушення правил зберігання зернозбиральних комбайнів термін служби пневматичних шин може знижуватися на 10 років або 15 % на рік (Rogovskii et al., 2021). Деталі з гуми та гумотекстилю, дерева, текстилю та шкіри при підвищеній вологості повітря покриваються цвіллю, уражуються мікроорганізмами, розтріскуються, втрачають міцність. Основна причина руйнування деревини – гниття. Текстильні матеріали дуже гігроскопічні. Поглинаючи воду, вони змінюють багато механічних і фізичних властивостей: щільність, розміри, міцність і т.д. Шкідливу і навіть руйнівну дію роблять на непрацюючі зернозбиральні комбайни та їх складальні одиниці тривалі статичні навантаження. Наприклад, великогабаритні складальні одиниці і агрегати (жниварки, підбирачі, рами), не встановлені в горизонтальне положення на підставки або стоять на нерівних майданчиках, піддаються деформаціям (вигинам, перекосам, які посилюються під дією снігової маси, що накопичилася на них. Саме тому в деяких випадках спостерігається деформація рам і платформ жниварок, пальцевих брусів ріжучого апарату та інше. Статичні навантаження зазнають також різних пружинних і регулювальних механізмів і складальних одиниць зернозбиральних комбайнів. Таким чином, правильне зберігання зернозбиральних комбайнів має винятково важливе інженерне значення. Воно дозволяє знизити руйнівну дію на складну технічну систему, якою є зернозбиральний комбайн.

**Метою досліджень** є експериментальні дослідження безвідмовності зернозбиральних комбайнів у виробничих умовах зі встановлення впливу інженерного менеджменту за технології технічного обслуговування при зберіганні комбайнів.

**Результати досліджень.** Збір інформації по працездатності комбайнів Славутич в кількості 10 одиниць, які не підлягали застосуванню адаптивної технології технічного обслуговування при зберіганні зернозбиральних комбайнів (далі – Славутич КЗС-9Ф) і 10 одиниць комбайнів Славутич до яких застосували адаптивну технології технічного обслуговування при зберіганні зернозбиральних комбайнів (далі – Славутич КЗС-9-А) проводився в умовах рядової експлуатації агропідприємств Черкаської області в період жнив 2021 року. У кожній групі було по 10 об'єктів спостереження, в результаті було встановлено, що відмови мають широкий діапазон розсіювання (рис. 1) і носять в більшості раптовий характер.



**Рис. 1. Щільність розподілу відмов комбайнів:**  
1 – Славутич КЗС-9Ф; 2 – Славутич КЗС-9-А

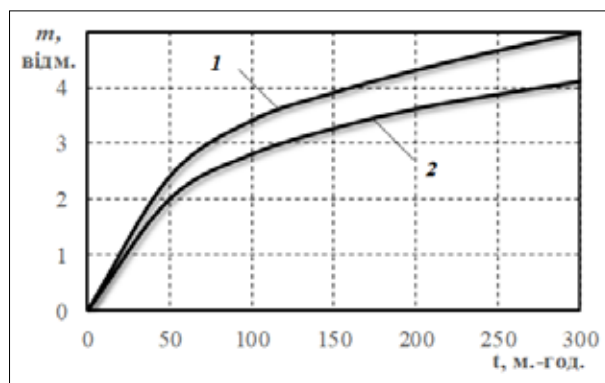
Звідси видно, що відмови комбайнів Славутич КЗС-9Ф в більшій мірі зміщені в початок жнив. Основні характеристики безвідмовності комбайнів наведені в табл. 1.

Таблиця 1

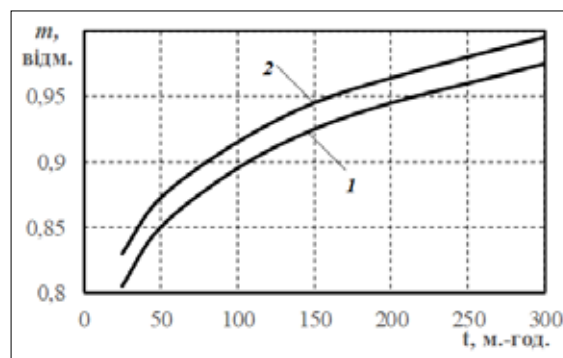
**Показники безвідмовності зернозбиральних комбайнів Славутич**

Найменування показників	Значення показників	
	Славутич КЗС-9Ф	Славутич КЗС-9-А
1. Середнє напрацювання на перший відмова, м.-год.	38	43
2. Середнє напрацювання на відмову, м.-год.	55	65
3. Середня кількість відмов, ВТК/100 год	3,2	2,8
4. Середній час усунення відмови, год	2,6	2,3
5. Коефіцієнт варіації відмов	0,74	0,67

Показники безвідмовності комбайнів Славутич КЗС-9-А в середньому вище на 15 % за Славутич КЗС-9Ф, проте, напрацювання на відмову Славутич КЗС-9Ф становить тільки 46 %, а Славутич КЗС-9-А відповідно 54 % від нормативу. Характер прояву відмов показаний на рис. 2.



**Рис. 2. Зміна сумарної кількості відмов в процесі роботи комбайнів:**  
1 – Славутич КЗС-9Ф; 2 – Славутич КЗС-9-А



**Рис. 3. Зміна сумарного коефіцієнта готовності зернозбиральних комбайнів:**  
1 – Славутич КЗС-9Ф; 2 – Славутич КЗС-9-А

За період використання на комбайн припадає 4...5 відмов і найбільш інтенсивно вони відбуваються на початку збиральної компанії (до 100 мотогодин). Серед показників надійності найбільш інформативним є коефіцієнт готовності, оскільки одночасно характеризує безвідмовність і ремонтпридатність технічних систем. Він відображає ймовірність знаходження об'єкта в працездатному стані і відповідно частку виконання загального обсягу роботи. Оскільки кількість і тривалість усунення відмов знижуються, то коефіцієнт готовності постійно зростає (рис. 3) і досягає нормативного значення після 200 мотогодин роботи.

На основі аналізу отриманих даних була виконана класифікація відмов (табл. 2).

В результаті експлуатаційних спостережень встановлено основні показники безвідмовності (рис. 2) і зміна коефіцієнта готовності зернозбиральних комбайнів Славутич в кількості 10 одиниць, які не підлягали застосуванню адаптивної технології технічного обслуговування при зберіганні зернозбиральних комбайнів. Безвідмовність вітчизняних комбайнів Славутич КЗС-9Ф знижується більш інтенсивно, ніж Славутич КЗС-9-А, тому середнє напрацювання на відмову відповідно 62,8 і 65,3 год. Комбайни мають такі технічні характеристики:  $V = 5,18 \text{ м}$ ,  $v = 7 \text{ км/год}$ . Розрахунки за результатами збору інформації показали, що їх продуктивність за період збирання через відмови зменшується на 10...12 % (рис. 3).

Таблиця 2

### Розподіл відмов зернозбиральних комбайнів Славутич

Найменування ознак класифікації	Частка відмов, %	
	Славутич КЗС-9Ф	Славутич КЗС-9-А
1. За походженням:		
– конструкційні	20,1	20,0
– технологічні зміна показників роботи зернозбиральних комбайнів	25,5	27,5
– експлуатаційні	54,4	52,5
2. За характером появи:		
– поступові	29,3	28,4
– раптові	70,7	71,6
3. За складністю усунення:		
– прості	73,9	70,3
– складні	26,1	29,7

Технічно справний зернозбиральний комбайн виконає обсяг роботи:

$$F_p = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot t, \quad (1)$$

де  $B$  – ширина захвату жатки, м;  $v$  – швидкість руху, км/год;  $t$  – тривалість роботи, год.

У разі виникнення відмов обсяг роботи складе:

$$F_\phi = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot t \cdot k_r, \quad (2)$$

де  $k_r$  – коефіцієнт готовності комбайна.

Зміна коефіцієнта готовності в процесі експлуатації досить точно апроксимується показовою функцією:

$$k_r = e^{-\alpha \cdot t}, \quad (3)$$

тобто при  $t = 0$   $k_r = 1$ , а при  $t \rightarrow \infty$   $k_r \rightarrow 0$ .

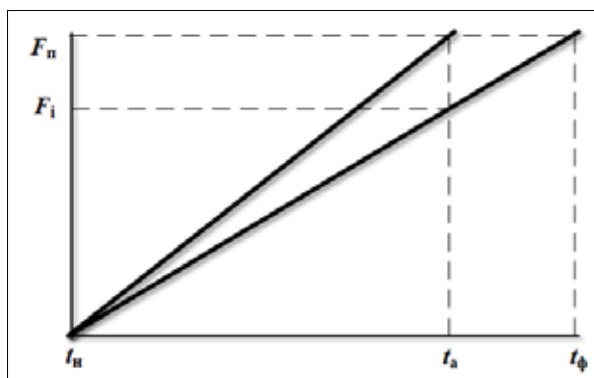


Рис. 4. Схема виконання заданого обсягу роботи

Отже, зміна вироблення комбайнів пропорційно коефіцієнту готовності:

$$\frac{F_\phi}{F_p} = e^{-\alpha \cdot t}. \quad (4)$$

Приймаємо, що до початку збирання  $t_n$  весь заданий обсяг роботи  $F_n$  готовий одночасно і справний комбайн виконає його за агротехнічний термін  $t_a$ , а в разі про-

стою через відмови тривалість збирання збільшиться до  $t_\phi$  (рис. 4).

Для завершення запланованої роботи буде потрібно додатковий час (рис. 5):

$$\Delta t = t_\phi - t_a = t_a \quad (5)$$

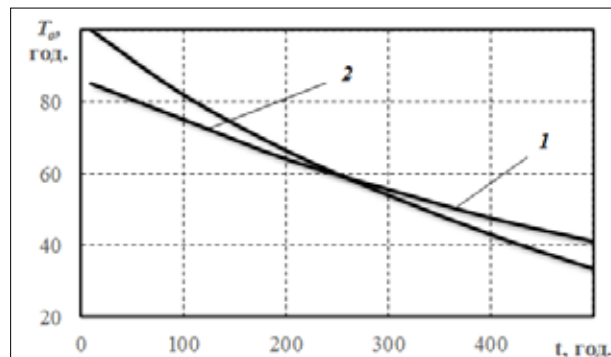


Рис. 5. Зміна середнього напрацювання на відмову в процесі експлуатації комбайнів Славутич КЗС-9-А (1) і Славутич КЗС-9Ф (2)

При цьому втрати врожаю складуть (рис. 6):

$$P = \gamma \cdot t_a \quad (6)$$

де  $\gamma$  – питомі втрати зерна, %/год.

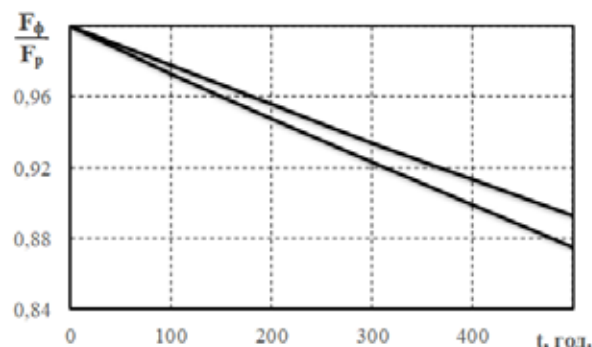


Рис. 6. Зміна відносного обсягу виконання роботи комбайнами Славутич КЗС-9-А (1) і Славутич КЗС-9Ф (2)

Агротехнічний термін збирання зернових 10 діб або 240 год, а при перевищенні його питомі втрати 0,06 %/год. Аналіз за результатами досліджень показує, що втрати врожаю через прості комбайнів Славутич КЗС-9-А і Славутич КЗС-9Ф в середньому складають відповідно 3 і 4 %.

Розподіл за видами відмов практично однаковий. Серед окремих деталей і вузлів з низькою надійністю у комбайнів Славутич КЗС-9Ф можна відзначити подовжувач решета – 13,4 % і механізм шайби – 11,3 % від загального числа відмов, у комбайнів Славутич КЗС-9-А це датчик тиску Паскаля – 15 % і підшипник приводу

решітного стану – 12,5 %. Результати показали, що через недостатній рівень надійності збиральних машин втрати врожаю для Славутич КЗС-9Ф становлять в середньому 12 %, а для Славутич КЗС-9-А – 10 %.

#### **Висновки**

В наведеній статті отримані результати експлуатаційних спостережень і встановлено основні показники безвідмовності і зміна коефіцієнта готовності зернозбиральних комбайнів Славутич в кількості 10 одиниць, які не підлягали та підлягали застосуванню адаптивної технології технічного обслуговування при зберіганні зернозбиральних комбайнів. Безвідмовність вітчизняних комбайнів Славутич КЗС-9Ф знижується більш інтенсивно, ніж Славутич КЗС-9-А, тому середнє напрацювання на відмову відповідно 62,8 і 65,3 год. Продуктивність за період збирання через відмови зменшується на 10...12 %.

Агротехнічний термін збирання зернових 10 діб або 240 год, а при перевищенні його питомі втрати 0,06 %/год. Аналіз за результатами досліджень показує, що втрати врожаю через простої комбайнів Славутич КЗС-9-А і Славутич КЗС-9Ф в середньому складають відповідно 3 і 4 %. Розподіл за видами відмов практично однаковий. Серед окремих деталей і вузлів з низькою надійністю у комбайнів Славутич КЗС-9Ф можна відзначити подовжувач решета – 13,4 % і механізм шайби – 11,3 % від загального числа відмов, у комбайнів Славутич КЗС-9-А це датчик тиску Паскаля – 15 % і підшипник приводу решітного стану – 12,5 %. Результати показали, що через недостатній рівень надійності збиральних машин втрати врожаю для Славутич КЗС-9Ф становлять в середньому 12 %, а для Славутич КЗС-9-А – 10 %.

#### **Бібліографічні посилання:**

1. Aven, T. (2016). Risk assessment and risk management: review of recent advances on their foundation. *European Journal of Operational Research* 253(1): 1–13.
2. Chen, Y., Mao, E., Li, W., & Chen, J. (2020). Design and experiment of a high-clearance self-propelled sprayer chassis. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering* 13(2): 71–80.
3. Corinne, B., & José, R. (2017). Estimating the Hurst parameter. *Statistical Inference for Stochastic Processes*. Springer Verlag, 10(1): 49–73.
4. Erokhin, M., Pastukhov, A., & Kazantsev, S. (2019). Operability assessment of drive shafts of John Deere tractors in operational parameters. *Engineering for rural development* 18: 28–33.
5. Gurcanli, E., Bilir, S., & Sevim, M. (2015). Activity based risk assessment and safety cost estimation for residential building construction projects. *Safety Science* 80: 1–12.
6. Gyansah, L., & Ansah, A. (2020). Fatigue crack initiation analysis in 1060 steel. *Research journal of applied sciences engineering and technology* 4(2): 319–325.
7. 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: 10.15587/1729-4061.2020.206073.
8. Kalinichenko, D., & Rogovskii, I. (2017). Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. *TEKA* 17(3): 93–102.
9. Khamidullina, E.A., Timofeeva, S.S., & Smirnov, G.I. (2017). Accidents in coal mining from perspective of risk theory. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 262: 012210.
10. Kuzmich, I.M., Rogovskii, I.L., Titova, L.L., & Nadtochiy, 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>.
11. Kuzmich, I.M., & Rogovskii, I.L. (2021). Engineering management of maintenance during storage of combine harvesters. *TEKA. Journal of Agri-Food Industry* 21(1): 53–60.
12. Kypris, O., Nlebedim, I., & Jiles, D. (2016). Measuring stress variation with depth using Barkhausen signal. *Journal of Magnetism and Magnetic Materials – Science Direct* 407: 377–395.
13. 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)1: 158–165.
14. Nazarenko, I., Dedov, O., Bernyk, 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>.
15. Nazarenko, I., Mishchuk, Y., Mishchuk, D., Ruchynskyi, 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>.
16. Nykyforchyn, H., Lunarska, E., & Tsyurulnyk, O. (2019). Environmentally assisted “in-bulk” steel degradation of long term service gas trunkline. *Engineering Failure Analysis* 17: 624–632.
17. 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.
18. Rejovitzky, E., & Altus, E. (2013). On single damage variable models for fatigue. *International Journal of Damage Mechanics* 22(2) 2: 268–284.
19. 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.
20. 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.

21. Rogovskii, I.L., Titova, L.L., Voinash, S.A., Troyanovskaya, I.P., & Sokolova, V.A. (2021). 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>.
22. Sánchez-Hermosilla, J., Rincón, V., & Páez, F. (2011). Field evaluation of a self-propelled sprayer and effects of the application rate on spray deposition and losses to the ground. Pest Management Science 67(8): 942–947.
23. Shih-Heng, T., Ming-Hsiang, S., & Wen-Pei, S. (2018). Development of digital image correlation method to analyse crack variations of masonry wall. Sadhana 6: 767–779.
24. Tyutrin, S. (2019). Improving reliability of parts of mounted mower according to monitoring results by fatigue gauges from tin foil. Engineering for rural development 18: 22–27.
25. 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.
26. Xi, L., & Songlin, Z. (2019). Changes in mechanical properties of vehicle components after strengthening under low-amplitude loads below the fatigue limit. Fatigue and Fracture of Engineering Materials and Structures 32(10): 847–855.
27. Zou, F., Kang, J., Xiao, M., & Ji, G. (2017). Hydrostatic driving system for self-propelled sprayer. Engineering Journal 26(3): 12–18.
28. 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.

*Kuzmich I. M., postgraduate, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

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

**Engineering management of grain harvester failure management under technology of maintenance technology**

*The article discusses the feasibility of applying the normative complex of engineering management for adaptive maintenance technology in the storage of combine harvesters.*

*The basis of experimental research is the working scientific hypothesis that the efficiency of machine use of combine harvesters largely depends on its reliability, in particular on the indicators of failure directly in the harvest process. When harvesting grain crops, it is necessary to ensure the working condition of combines during the normative agro-technical period. Therefore, the main characteristic feature of combine harvesters is characterized by reliability. It is assumed that the failure of combine harvesters for technical and technological reasons leads to downtime of the combines and, as a consequence, to the loss of part of the grain harvest. If the established normative agro-technical term of grain harvesting is exceeded, the specific losses of grain are 0.004...0.006 % for one hour of downtime. Analysis of statistical data on the technical condition of facilities on the basis of operational observations revealed possible patterns and causes of failures. The analysis of results of experimental researches with establishment of numerical values of indicators of failure of grain harvesters is carried out, namely, average time on the first failure, average time on failure, average number of failures, average time of elimination of failure, coefficient of variation of failures.*

*Graphic interpretation of the dependence of failure indicators of combine harvesters is presented, namely, the density of failure of combines, the total number of failures in the process of combines, the total readiness factor of combine harvesters. The existence of the influence of the change in the average operating time on the failure in the process of operation of combines on the indicators of failure of the combine has been confirmed.*

*The considered approach with a similar analysis allows to reasonably put forward requirements to the characteristics of maintenance technologies during storage of combine harvesters.*

**Key words:** *faultlessness, combine, probability, failure, efficiency, storage.*