

УДК 631.3:629.017

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ НА ТЕХНІЧНИЙ СТАН СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

А. В. Новицький, О. О. Банний, О. М. Бистрий

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція авторів: Novytskyy@nubip.edu.ua.

Історія статті: отримано – квітень 2021, акцептовано – серпень 2021, опубліковано – 30 вересня 2021 року.
Бібл. 29, рис. 0, табл. 3.

Анотація. Одним з основних напрямків підвищення ефективності експлуатації сільськогосподарської техніки є вивчення технічної готовності при плануванні основних етапів, об'єктів та обсягів робіт з технічного обслуговування і ремонту. Існуючі системи технічного обслуговування і ремонту техніки не враховують в повній мірі умови експлуатації, що характеризуються визначеною групою факторів. Залишаються актуальними проблеми індивідуального підходу до оцінки технічного стану та оперативного корегування режимів технічного обслуговування і ремонту машин в умовах їх експлуатації.

Метою представленої статті є дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки в процесі її використання. Для прикладу, в якості об'єкту досліджень взяті засоби для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) що використовуються в тваринництві. У роботі застосовується метод апіорного ранжування і методика оцінки не випадковості згоди експертів. Представлена класифікація умов експлуатації, з огляду їх впливу на зміну технічного стану ЗПРК. Із сукупності представлених умов визначені фактори, що впливають на експлуатацію ЗПРК.

За результатами експертного опитування зібрані дані для попереднього ранжування факторів. За кожним фактором визначена сума рангів усіх експертів. Виявлені чотири фактори, що мають переважний вплив на технічний стан ЗПРК: надійність конструкції засобу; професійно важливі якості персоналу; організаційно-технологічні чинники; інтенсивність експлуатації та навантаження на робоче обладнання. За допомогою коефіцієнта конкордації оцінено ступінь узгодження думок експертів. Результати що отримані апіорним ранжуванням можуть бути признаними задовільними і адекватними. Перевірка гіпотези про не випадковості згоди експертів згідно критерія Пірсона свідчить про значущість коефіцієнта конкордації, істотну подібність і не випадковості. Результати досліджень впливу експлуатаційних факторів на технічний стан ЗПРК отримали практичне підтвердження та використання в умовах виробництва.

Ключові слова: машина, технічний стан, експертне опитування, апіорне ранжування, умови експлуатації, фактори, ранг.

Постановка проблеми

Аналіз сучасного рівня технічного забезпечення аграрного виробництва вказує на відсутність можливостей швидкого оновлення зношеного парку сільськогосподарської техніки [20, 26]. У зв'язку з цим, залишається важливим та актуальним завданням підвищення технічної готовності та ефективності використання сільськогосподарської техніки, включаючи такий важливий сектор машин та обладнання тваринництва, як засоби для приготування і роздавання кормів (ЗПРК) [17, 20, 26]. Одним з основних напрямків вирішення зазначеної задачі є вивчення технічної готовності при плануванні основних етапів, об'єктів та обсягів робіт з технічного обслуговування і ремонту (ТОР) сільськогосподарської техніки. Причому, у більшості випадків введення вартісних засобів діагностики основних вузлів та агрегатів ЗПРК є недоцільним або ж неможливим. При плануванні етапів ТОР актуальним є удосконалення методів оцінки технічного стану, моніторингу умов експлуатації сільськогосподарської техніки, розробка методів їх обліку, аналізу та корегування.

Аналіз останніх досліджень

Підвищення конкурентоспроможності аграрних підприємств нерозривно пов'язане з необхідністю широкого впровадження ресурсоощадних технологій. Одним із основних заходів зазначеного напрямку є підвищення ефективності експлуатації сільськогосподарської техніки та одного з її важливих секторів – ЗПРК. Для приготування кормових сумішей для годівлі тварин використовують машини, що потребують використання значної частки ручних операцій, включаючи завантаження, подрібнення, змішування, дозування та роздавання [3, 11]. Виходячи

з цього, в наукових статтях останніх років визначився комплекс досліджень, що включає вивчення та удосконалення конструкцій ЗПРК [3, 6, 7, 22], підвищення ефективності їх використання [16, 20] та техніко-економічне обґрунтування забезпечення якості продукції [9, 23].

Необхідно також відмітити недостатній моніторинг стану матеріально-технічного забезпечення сільськогосподарською технікою та фактичного рівня її надійності [5, 8, 18, 19, 21], особливо в системі розвитку інноваційних процесів [17, 20, 25].

В існуючих літературних джерелах, теоретичних та експериментальних дослідженнях недостатньо уваги приділено вивченню надійності техніки як складних технічних систем (СТС), із врахуванням умов експлуатації, впливу людського фактору, організації роботи інженерно-технічної служби, формування системи технічного обслуговування і ремонту (СТОР) [2, 10, 18, 19, 24, 29].

Актуальною також залишається проблема індивідуалізації та оперативного коригування режимів ТОР машин, з урахуванням умов їх експлуатації. Раніше описані та традиційні методи обґрунтування системи ТОР не дають можливості вирішити зазначені проблеми оцінки надійності і технічного стану ЗПРК в повній мірі [1, 4, 12]. У випадках виникнення складності введення методів контролю основних техніко-експлуатаційних характеристик ЗПРК та складності реалізації безпосередньої системи діагностування, доцільним є використання методів опосередкованого контролю їх технічного стану.

Одним із напрямів реалізації досліджень впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки можуть бути використані методи експертних оцінок [13-15, 27, 28]. Методи експертних оцінок є важливим інструментом визначення загальних тенденцій розвитку, параметрів і технічного рівня складних технічних систем СТС «Людина-Машина» [19].

Процедура проведення методів експертної оцінки досить детально описана в науково-технічній літературі [13, 14], з вивченням питань формування експертних груп, компетентності експертів, форм роботи з експертами, формуванням анкет і таблиць експертних оцінок, а також аналізу і проведення експертної оцінки, в тому числі з урахуванням узгодженості думок окремих експертів.

Мета досліджень

Метою представленої статті є дослідження впливу експлуатаційних факторів на технічний стан сільськогосподарської техніки в процесі її використання.

Результати досліджень

В представленій статті проведено цілий ряд досліджень, які направлені на оцінку впливу експлуатаційних факторів на технічний стан ЗПРК. Вивчення значущості факторів що впливають на умови

експлуатації, виявлення негативного їх впливу на зміну технічного стану ЗПРК на початку введення та в процесі експлуатації, або ж після впливу ТОР може бути проведено з використанням методу експертних оцінок. Експертне опитування – різновидність соціологічного опитування, в ході якого респондентами виступають компетентні особи – експерти, що мають глибокі знання про предмети чи об'єкти дослідження [14]. В основу методу експертних оцінок покладені знання фахівців і накопичений ними досвід при проведенні науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт, інформація з науково-технічної літератури та патентної документації в конкретній галузі в поєднанні з сучасними математичними методами обробки даних.

Основними факторами при проведенні експертних оцінок, що визначають надійність і точність оцінки, є підбір експертів і їх компетентність. В проведенні опитування прийняли участь десять експертів, що займаються експлуатацією і підтриманням працездатності ЗПРК.

В таблиці 1 представлена класифікація умов експлуатації, з огляду їх впливу на зміну технічного стану ЗПРК.

Сукупність представлених в таблиці 1 факторів формують умови, що впливають на експлуатацію ЗПРК. З класифікаційних груп, що відповідають умовам експлуатації ЗПРК, отримано десять основних факторів, за якими експерти виявляють найбільш суттєвий вплив на зміну технічного стану ЗПРК. Зазначені фактори представлені в таблиці 2, яка використана при опитуванні експертів в якості анкети.

Представлений опитувальний лист був погоджений з експертами та з пропозиціями розставити фактори за рівнями значущості. Для обробки отриманих результатів апріорного ранжирування була використана методика [4].

Методика реалізована в наступній послідовності. В таблиці апріорного ранжирування (табл. 3) вказані індивідуальні оцінки всіх експертів (за питаннями листа опитування, які представлені в табл. 2).

За кожним фактором визначена сума рангів усіх експертів:

$$\Delta_k = \sum_{m=1}^m a_{km}, \quad (1)$$

Перевіряємо правильність заповнення таблиці в наступній послідовності:

- максимальний рейтинг за конкретним фактором a_{km} не може бути більшим за порівняні фактори k :

$$a_{km} \leq k, \quad (2)$$

- максимальне значення суми рангів по кожному фактору не може бути більше добутку максимально можливого рангу на число експертів:

$$(\Delta_k)_{\max} \leq (a_{km})_{\max} \cdot m, \quad (3)$$

- мінімально можлива сума рангів по кожному фактору не може бути меншою мінімального рангу помноженого на число експертів:

$$(\Delta_k)_{\max} \geq (a_{km})_{\min} \cdot m, \quad (4)$$

- визначаємо загальну суму рангів:

$$\sum_{k=1}^k \Delta_k = \Delta_1 + \Delta_2 + \dots + \Delta_n, \quad (5)$$

- визначаємо середню суму рангів:

$$\bar{\Delta} = \sum_{k=1}^k \frac{\Delta_k}{k}, \quad (6)$$

Таблиця 1. Класифікація умов експлуатації, що впливають на зміну технічного стану ЗПРК.**Table 1.** Classification of operating conditions that affect the change in the technical condition of MPDF.

Умови експлуатації	Найменування факторів
Умови використання	На площадці з тверди покриттям
	В кормоцеху
Кліматичні умови	Температура навколишнього середовища
	Вологість
	Кількість опадів
	Агресивність середовища
	Запиленість повітря
Інтенсивність експлуатації та навантаження на робоче обладнання	Інтенсивність експлуатації
	Рівень навантаження
	Навантаження на робоче обладнання
Характер і прийоми управління	Характер управління засобом
	Прийоми управління засобом
Категорії кормів і їх забрудненість	Категорії кормів
	Забрудненість кормів
Надійність конструкції засобу	Надійність конструкції засобу
	Довговічність робочих органів
Система ТО і ремонту	Своєчасність проведення ТО і ремонту
	Якість проведення ТО і ремонту
	Повнота проведення ТО і ремонту
	Інфраструктура ремонтно-обслуговуючої бази
Стан контролю інженерно-технічної служби	Стан контролю інженерно-технічної служби
Організаційно-технологічні чинники	Різнорочність машин
	Організаційно-технологічна документація
	Відповідність зоотехнічним вимогам
	Короткочасне зберігання
	Міжзмінне зберігання
Професійно-важливі якості працівників	Стаж роботи оператора
	Кваліфікація оператора
	Стаж роботи ремонтного працівника
	Кваліфікація ремонтного працівника

Таблиця 2. Експлуатаційні фактори що впливають на технічний стан ЗПРК.**Table 2.** Operational factors affecting the technical condition of MPDF.

Найменування факторів	Номер фактора
Умови використання	Φ_1
Кліматичні умови	Φ_2
Інтенсивність експлуатації та навантаження на робоче обладнання	Φ_3
Характер і прийоми управління	Φ_4
Категорія кормів і їх забрудненість	Φ_5
Надійність конструкції засобу	Φ_6
Система ТО і ремонту	Φ_7
Стан контролю інженерно-технічної служби	Φ_8
Організаційно-технологічні чинники	Φ_9
Професійно-важливі якості персоналу	Φ_{10}

Результати апіорного ранжирування факторів умов експлуатації, що визначають негативний вплив на зміну технічного стану ЗПРК заносимо в таблицю 3.

Наступним кроком буде операція для проведення перевірки правильності визначення суми рангів:

$$\sum_{k=1}^k \Delta_k = m \times k \times \bar{a}, \quad (7)$$

де $\bar{a}$ - середній ранг оцінки факторів кожним експертом:

$$\bar{a} = \frac{\sum_{k=1}^k \Delta_k}{k}. \quad (8)$$

Далі визначаємо відхилення суми рангів кожного фактора від середньої суми рангів:

$$\Delta'_k = \Delta_k - \bar{\Delta}. \quad (9)$$

Після цього за допомогою коефіцієнта конкордації Кенделла W оцінюємо ступінь узгодженість думок експертів:

$$W = \frac{12 \times S}{m^2 \times (k^3 - k)}, \quad (10)$$

де k - число факторів;

m - число експертів;

S - сума квадратів відхилень.

Таблиця 3. Результати апіорного ранжирування факторів умов експлуатації, що визначають негативний вплив на зміну технічного стану ЗПРК.

Table 3. The results of a priori ranking of factors of operating conditions, determining the negative impact on changes in the technical condition of MPDF.

Найменування факторів	Умовні номера експертів, m										Сума рангів	Відхилення суми рангів	Квадрат відхилення	Місце	Вага показника
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10					
	Ранги оцінки a_{km}														
Умови використання	10	6	5	7	6	9	6	10	7	10	76	21	441	8	0,05
Кліматичні умови	9	5	10	8	7	8	8	9	9	7	80	25	625	10	0,02
Інтенсивність експлуатації та навантаження на робоче обладнання	6	10	8	10	9	4	4	5	10	4	70	15	225	6	0,09
Характер і прийоми управління	4	3	4	1	5	2	5	3	3	5	37	-18	324	4	0,13
Категорія кормів і їх забрудненість	5	9	6	4	4	10	10	8	6	9	71	16	256	7	0,07
Надійність конструкції засобу	1	2	3	3	1	3	1	1	4	2	19	-36	1296	1	0,18
Система ТО і ремонту	7	8	7	5	10	6	7	6	5	8	69	14	196	5	0,11
Стан контролю інженерно-технічної служби	8	7	9	9	8	7	9	7	8	6	78	23	529	9	0,04
Організаційно-технологічні чинники	2	1	2	6	3	5	2	2	2	1	26	-29	841	3	0,15
Професійно-важливі якості персоналу	3	4	1	2	2	1	3	4	1	3	24	-31	961	2	0,16
Разом	55	55	55	55	55	55	55	55	55	55	550		6094		1,0

Коефіцієнт конкордації Кенделла може змінюватися від 0 до 1. При цьому, чим ближче значення коефіцієнта буде наближатись до 1, тим тісніше ступінь узгодженості думок експертів. При $W \geq 0,5$ перевіряється гіпотеза про не випадковості згоди експертів, для цього використовується критерій Пірсона, який визначається за наступною формулою.

Згідно розрахунків за формулою (11), отримаємо:
 $\chi_p^2 = 0,69 \times 10 \times (10 - 1) = 64,8$.

Отримане розрахункове значення коефіцієнта порівнюється з табличним, що визначений при числі ступенів свободи $k-1$, при рівні значущості 0,01.

$$\chi_p^2 = \chi_m^2. \quad (12)$$

Перевіряємо гіпотезу про не випадковості згоди експертів згідно критерія Пірсона з табличним значенням: $64,8 \geq 21,7$ при рівні значущості 0,01.

Дане порівняння свідчить про значущість коефіцієнта конкордації, істотну подібність і не випадковості збігу думок експертів.

За результатами проведеного дослідження можна підтвердити, що фактори умов експлуатації виявляють негативний вплив на зміну технічного стану ЗПРК.

За ступенем впливу факторів умов експлуатації на зміну технічного стану ЗПРК отримано наступний розподіл:

1-е місце - надійність конструкції засобу – Φ_6 ($\Delta k = 19$);

2-е місце - професійно-важливі якості персоналу – Φ_{10} ($\Delta k = 24$);

3-е місце - організаційно-технологічні чинники – Φ_9 ($\Delta k = 26$);

4-е місце - характер і прийоми управління – Φ_4 ($\Delta k = 37$);

5-е місце - система ТО і ремонту – Φ_7 ($\Delta k = 69$);

6-е місце - інтенсивність експлуатації та навантаження на робоче обладнання – Φ_3 ($\Delta k = 70$);

7-е місце - категорія кормів і їх забрудненість – Φ_5 ($\Delta k = 71$);

8-е місце - умови використання – Φ_1 ($\Delta k = 78$);

9-е місце - стан контролю інженерно-технічної служби – Φ_8 ($\Delta k = 76$);

10-е місце - кліматичні умови – Φ_2 ($\Delta k = 80$).

Визначено питомі ваги показників за ступенем їх впливу на досліджувану систему за формулою:

$$q_k = \frac{2 \times (k - M + 1)}{k \times (k + 1)}, \quad (13)$$

де M - місце відповідного фактора за результатами ранжування.

Представлені результати використання методу колективних рішень експертів для визначення впливу експлуатаційних факторів на технічний стан ЗПРК дозволяють:

- розраховувати числові характеристики помилок оцінювання (середнє значення і дисперсію);
- обчислювати відносну помилку оцінювання та визначати її характеристики;
- визначати точність оцінки декількох факторів (параметри вектора оцінок і вектора помилок).

Висновки

1. Використання методу експертних оцінок допомагає формалізувати процедури збору, обробки та аналізу досвіду спеціалістів з метою перетворення їх у форму, найбільш зручну для прийняття обґрунтованого рішення. За результатами експертного опитування отримані дані для апріорного ранжування факторів.

2. За допомогою методики апріорного ранжування виявлено, що найбільший вплив на зміну технічного стану ЗІРК мають наступні експлуатаційні фактори: надійність конструкції засобу; професійно важливі якості персоналу; організаційно-технологічні чинники; інтенсивність експлуатації та навантаження на робоче обладнання.

3. Результати досліджень впливу експлуатаційних факторів на технічний стан ЗІРК отримали практичне підтвердження та використання в умовах аграрного виробництва.

4. Перспективними напрямками застосування групових експертних оцінок є, перш за все, наукові і технічні дослідження, інженерна галузь та менеджмент, забезпечення працездатності та прогнозування надійності машин.

Список літератури

1. Hrynkiv A., Rogovskii I., Aulin V., Lysenko S., Titova L., Zagurskiy O., Kolosok I. 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*. 2020. Vol. 3(105). P. 19-29.
2. Boyko A., Novitskiy A. Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 3. P. 165-174.
3. Khmelovskiy V. Process support preparation and distribution of feed for cattle on family farms. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2018, Vol. 9. No. 3. P. 224-232.
4. Novitskiy A., Karabinshos S. Some aspects of information support for operability of complex agricultural machinery. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 2. P. 106-121.
5. Novitskiy Andrey. Professional Reliability of Personnel in System of Development of Innovative Processes. *ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Lublin-Rzeszow. 2018. Vol. 18. No 2. P. 93-102.
6. Pylypaka S. F., Klendii M. B., Trokhaniak V. I., Pastushenko A. S., Novitskiy A. V. Movement of a material particle on an inclined plane all the points of which describe circles in oscillatory motion in the same plane. *Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series*. №1 (97)/2020. Karaganda, 2020. P. 122-131.
7. Rebenko V., Khmelovskiy V. Study of elements of biotechnical system in production of livestock products. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2018. Vol. 9. No. 4. P. 150-165.
8. 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.
9. Vasyl Khmelovskiy, Volodymyr Otchenashko, Semen Voloshyn, Olena Pinchevska. Providing processes of preparation and distribution of feed for cattle on animal husbandry farms. *Engineering for Rural Development*. 2020. P. 778-783.
10. Voinalovych O., Hnatiuk O., Rogovskii I., Pokutnii O. Probability of traumatic situations in mechanized processes in agriculture using mathematical apparatus of Markov chain method. *Engineering for rural development*. 2019. Vol. 18. P. 563-569.
11. Novitskiy Andriy. Forming reliability of means for preparation and disposal of forage. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 2017. Vol. 19. No 3. P. 123-128.
12. Rogovskii I. L. 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. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137-146. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.
13. Rogovskii I., Titova L., Ohienko M., Snezhko O., Nadtochiy O., Raiss F., Berezova L. Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole. The Academy of Management and Administration in Opole. 2021. ISBN 978-83-66567-37-5. 214 p.
14. Nazarenko I., Dedov O., Bernyk I., Rogovskii I., Bondarenko A., Zapryvoda A., Titova L. Study of stability of modes and parameters of motion of vibrating machines for technological purpose. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2020. Vol. 6 (7-108). P. 71-79. doi: 10.15587/1729-4061.2020.217747.
15. Nazarenko I., Mishchuk Y., Mishchuk D., Ruchynskiy M., Rogovskii I., Mikhailova L., Titova L., Berezovyi M., Shatrov R. Determination of energy characteristics of material destruction in the crushing chamber of the vibration crusher. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2021. Vol. 4. Issue 7(112). P. 41-49. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.
16. Ловейкін В. С., Хмельовський В. С., Гудова А. В. Підвищення ефективності роботи мобільних змішувачів-роздавачів кормів. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія: механізація і автоматизація виробничих процесів*. Суми. 2016. Вип. 10/2 (30). С. 107-111.
17. Новицький А. В. Моніторинг матеріально-технічного забезпечення та надійності техніки АПК в системі розвитку інноваційних процесів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 87-94.
18. Новицький А. В. Моніторинг надійності людини-оператора при дослідженні складних технічних систем в сільському господарстві. *Збірник наукових праць ЖНАУ, з нагоди XV Міжнародної наукової конференції «Сучасні проблеми*

землеробської механіки». Житомир. ЖНАУ. №2 (45). Т. 4. Ч. 2. 2014. С. 110-120.

19. Новицький А. В. Огляд теоретичних досліджень надійного функціонування складних технічних систем у тваринництві. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2016. Вип. 254, ч. 3. С. 334-338.

20. Новицький А. В., Банний О. О. Надійність сільськогосподарської техніки в системі інноваційних процесів з досвіду зарубіжних компаній. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2020, Vol. 11. No 2. P. 115-124.

21. Новицький А. В., Засулько А. А., Хмельовська С. З. Оцінка та підвищення рівня надійності ножів засобів для приготування і роздавання кормів. Збірник тез доповідей VII-ї Міжнародної наукової конференції «Інноваційне забезпечення виробництва органічної продукції в АПК» в рамках роботи XXXI Міжнародної агропромислової виставки «АГРО 2019» (04-07 червня 2019 року). Київ. 2019. С. 82-83.

22. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Класифікація робочих органів типу «ніж» засобів для приготування і роздавання кормів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 287-296.

23. Новицький А. В., Новицький Ю. А. Технічна оцінка споживчих якостей сільськогосподарської техніки. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 264. С. 293-303.

24. Новицький А. В., Ружило З. В. Визначення функції готовності систем «людина – машина» при зростанні інтенсивностей відмов. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No. 2. P. 89-96.

25. Новицький А. В., Ружило З. В., Котречко О. О. Забезпечення надійності сільськогосподарської техніки в системі розвитку інноваційних процесів. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 151-157.

26. Новицький А. В., Ружило З. В. Моніторинг забезпечення молочного скотарства машинами та обладнанням. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Харків. 2014. Вип. 1. С. 56-63.

27. Palamarchuk I., Rogovskii I., Titova L., Omelyanov O. Experimental evaluation of energy parameters of volumetric vibroseparation of bulk feed from grain. *Engineering for Rural Development*. 2021. Vol. 20. P. 1761-1767. doi: 10.22616/ERDev.2021.20. TF386.

28. Озорнин С. П., Бердников И. Е. Ранжирование факторов условий эксплуатации, оказывающих негативное влияние на изменение технического состояния транспортно-технологических машин. Вестник ИргТУ. 2017. Т. 21. №3 (122). С. 145-154.

29. Шацкий В. В. Концепция и методология совершенствования биотехнической системы животноводства. Вісник Харківського національного

технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. Харків. 2016. Вип. 157. С. 111-118.

References

1. Hryniv 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). 19-29.

2. Boyko A., Novitskiy A. (2018). Mathematical model of reliability of human-machine system under reduced efficiency of its generalized work. *Machinery & Energetics*. Kyiv. Ukraine. 9(3). 165-174.

3. Khmelovskiy V. (2018). Process support preparation and distribution of feed for cattle on family farms. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 9(3). 224-232.

4. Novitskiy A., Karabinhosh S. (2018). Some aspects of information support for operability of complex agricultural machinery. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 9(2). 106-121.

5. Novitskiy Andrey. (2018). Professional reliability of personnel in system of development of innovative processes. *TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Lublin-Rzeszow. 18(2). 93-102.

6. Pylypaka S. F., Klendii M. B., Trokhaniak V. I., Pastushenko A. S., Novitskiy A. V. (2020). Movement of a material particle on an inclined plane all the points of which describe circles in oscillatory motion in the same plane. *Bulletin of the Karaganda University. Mathematics Series*. 1(97)/2020. Karaganda. 122-131.

7. Rebenko V., Khmelovskiy V. (2018). Study of elements of biotechnical system in production of livestock products. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 9(4). 150-165.

8. 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.

9. Vasyk Khmelovskiy, Volodymyr Otchenashko, Semen Voloshyn, Olena Pinchevska. (2020). Providing processes of preparation and distribution of feed for cattle on animal husbandry farms. *Proceedings of 18th International Scientific Conference "Engineering for rural development"*. Jelgava, Latvia, May 20-22. 778-783.

10. 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.

11. Novitskiy Andriy. (2017). Forming reliability of means for preparation and disposal of forage. *MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture*. 19(3). 123-128.

12. 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. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.01.137>.

13. Rogovskii I., Titova L., Ohiienko M., Snezhko O., Nadtochiy O., Raiss F., Berezova L. (2021). Methodology of engineering management of agrotechnics of grain production by agricultural enterprises. Monograph. Opole. The Academy of Management and Administration in Opole. ISBN 978-83-66567-37-5. 214.

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: 10.15587/1729-4061.2020.217747.

15. 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. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.239292>.

16. Loveikin V. S., Khmelovskiy V. S., Hudova A. V. (2016). Improving the efficiency of mobile feed mixers. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Series: mechanization and automation of production processes. Sumy. 10/2(30). 107-111.

17. Novytskyi A. V. (2019). Monitoring of logistics and reliability of agricultural machinery in the system of innovation processes. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 10(3). 87-94.

18. Novytskyi A. V. (2014). Monitoring the reliability of the human operator in the study of complex technical systems in agriculture. Collection of scientific works of ZhNAU, on the occasion of the XV International Scientific Conference "Modern Problems of Agricultural Mechanics". Zhytomyr. ZhNAU. 2(45). 4(2). 110-120.

19. Novytskyi A. V. (2016). Review of theoretical studies of reliable operation of complex technical systems in animal husbandry. Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energy of agro-industrial complex. Kyiv. 254(3). 334-338.

20. Novytskyi A. V., Bannyi O. O. (2020). Reliability of agricultural machinery in the system of innovation processes from the experience of foreign companies. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 11(2). 115-124.

21. Novytskyi A. V., Zasunko A. A., Khmelovska S. Z. (2019). Evaluation and increase of reliability of knives of means for preparation and distribution of forages. Collection of abstracts of the VII International Scientific Conference "Innovative support of organic production in agriculture" in the framework of the XXXI International Agro-Industrial Exhibition "AGRO 2019" (June 4-07, 2019). Kyiv. 82-83.

22. Novytskyi A. V., Novytskyi Yu. A. (2017). Classification of working bodies such as "knife" means for the preparation and distribution of feed. Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energy of agro-industrial complex. Kyiv. 262. 287-296.

23. Novytskyi A. V., Novytskyi Yu. A. (2017). Technical assessment of consumer qualities of agricultural

machinery. Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: machinery and energy of agro-industrial complex. Kyiv. 264. 293-303.

24. Novytskyi A. V., Ruzhylo Z. V. (2019). Ensuring the reliability of agricultural machinery in the system of innovation processes. Machinery & energetics. Journal of Production Research. Kyiv. Ukraine. 10(2). 89-96.

25. Novytskyi A. V., Ruzhylo Z. V., Kotrechko O. O. (2019). Ensuring the reliability of agricultural machinery in the system of innovation processes. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 10(3). 151-157.

26. Novytskyi A. V., Ruzhylo Z. V. (2014). Monitoring of dairy cattle breeding with machines and equipment. Technical service of agro-industrial, forest and transport complexes. Kharkiv. 1. 56-63.

27. 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. 1761-1767. doi: 10.22616/ERDev.2021.20.TF386.

28. Ozornyn S. P., Berdnykov Y. E. (2017). Ranking of factors of operating conditions that have a negative impact on changes in the technical condition of transport and technological machines. Bulletin of IrSTU. 21(3(122)). 145-154.

29. Shatskyi V. V. (2016). The concept and methodology of improving the biotechnical system of animal husbandry. Bulletin of Kharkiv National Technical University of Agriculture. Petra Vasilenko. Kharkiv. 111-118.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ФАКТОРОВ НА ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ

А. В. Новицкий, А. А. Банный, А. Н. Быстрый

Аннотация. Одним из основных направлений повышения эффективности эксплуатации сельскохозяйственной техники является изучение технической готовности при планировании основных этапов, объектов и объемов работ по техническому обслуживанию и ремонту. Существующие системы технического обслуживания и ремонта техники не учитывают в полной мере условия эксплуатации, характеризующиеся определенной групповой факторов. Остаются актуальными проблемы индивидуального подхода к оценке технического состояния и оперативной корректировки режимов технического обслуживания и ремонта машин в условиях их эксплуатации.

Целью представленной статьи являются исследование влияния эксплуатационных факторов на техническое состояние сельскохозяйственной техники в процессе ее использования. Для примера, в качестве объекта исследований взяты средства для приготовления и раздачи кормов (СПРК), используемые в животноводстве. В работе применяется метод априорного ранжирования и методика оценки не случайности согласия экспертов. Представлена классификация условий эксплуатации,

которая учитывает их влияния на изменение технического состояния СПРК. Из совокупности представленных условий определены факторы, влияющие на эксплуатацию СПРК.

По результатам экспертного опроса собраны данные для предварительного ранжирования факторов. По каждому фактору определена сумма рангов всех экспертов. Обнаружены четыре фактора, имеющие преобладающее влияние на техническое состояние СПРК: надежность конструкции средства; профессионально важные качества персонала; организационно-технологические факторы; интенсивность эксплуатации и нагрузка на рабочее оборудование. С помощью коэффициента конкордации оценена степень согласования мнений экспертов. Результаты, которые получены априорным ранжированием могут быть признанными удовлетворительными и адекватными. Проверка гипотезы о неслучайности согласия экспертов согласно критерия Пирсона свидетельствует о значимости коэффициента конкордации, существенное сходство и неслучайность. Результаты исследований влияния эксплуатационных факторов на техническое состояние СПРК получили практическое подтверждение и использования в условиях производства.

Ключевые слова: машина, техническое состояние, экспертный опрос, априорное ранжирование, условия эксплуатации, факторы, ранг.

design; professionally important qualities of the personnel; organizational and technological factors; intensity of operation and loads on the working equipment. Using the concordance coefficient the degree of agreement of the experts' opinions was estimated. The results obtained by a priori ranking can be considered satisfactory and adequate. Testing the hypothesis of non-randomness of the agreement of experts according to Pearson test indicates the significance of the coefficient of concordance, significant similarity and non-randomness. The results of the study of the influence of operating factors on the technical condition of the MPDF have received practical confirmation and use in production conditions.

Key words: machine, technical condition, expert survey, a priori ranking, operating conditions, factors, rank.

А. В. Новицкий ORCID 0000-0001-7789-8531.

О. О. Банний ORCID 0000-0003-0505-166X.

О. М. Бистрий ORCID 0000-0002-7873-7008.

STUDY OF INFLUENCE OF OPERATING FACTORS ON TECHNICAL CONDITION OF AGRICULTURAL MACHINERY

A. V. Novytskyi, O. O. Bannyi, O. M. Bustruy

Abstract. One of the main directions of increasing the efficiency of agricultural machinery operation is the study of technical readiness when planning the main stages, objects and scope of maintenance and repair works. Existing systems of maintenance and repair of machinery do not fully take into account operating conditions, characterized by a certain group of factors. The problems of individual approach to the estimation of the technical state and prompt correction of the maintenance and repair modes of machines under service conditions remain actual.

The purpose of the presented article is to study the influence of operating factors on the technical condition of agricultural machinery in the process of its use. For example, as an object of research, the means for preparation and distribution of fodders used in cattle breeding are taken. The method of a priori ranking and the method of evaluation of non-accidental agreement of experts are applied in the work. The classification of operating conditions, taking into account their influence on the change in the technical condition of MPDF is presented. From the totality of the presented conditions the factors influencing the operation of MPDF have been determined.

Based on the results of the expert survey, the data for preliminary ranking of the factors were collected. The sum of ranks of all experts was determined for each factor. Four factors were found to have a predominant influence on the technical condition of the MPDF: reliability of the vehicle