УДК 658.531:631.3

АНАЛІТИЧНІ МОДЕЛІ КОЕФІЦІЄНТУ ГОТОВНОСТІ І ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Ю. О. Черник

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Кореспонденція автора: chernik@gmail.com.

Історія статті: отримано – квітень 2019, акцептовано – серпень 2019.

Бібл. 17, рис. 6, табл. 2.

Анотація. При розробці технологічних карт збирання урожаю не враховується термін експлуатації комбайна і його технічний стан. Не врахування попереднього терміну експлуатації комбайнів і ймовірних значень показників технічного стану приводить до суттєвих прорахунків при прогнозуванні термінів жнив. Для машин коротко сезонного використання найбільш значимі із показників надійності як ремонтпридатних систем слугують статистичні або ймовірні значення показників наробітку між черговими відмовами і тривалості простоїв на відмовах. Комплексним показником роботоздатності відновлювальних систем (об'єктів) використовують коефіцієнти технічної готовності K_g який розраховується як відношення середнього наробітку між відмовами до середнього наробітку між відмовами плюс середнього простою по усуненню відмов.

Автором представлено, що при плануванні термінів жнив необхідно враховувати строк експлуатації комбайнів і вносити поправки в показники продуктивності із врахуванням ймовірного зниження показника технічного стану через коефіцієнт готовності.

В статті визначено, що питоме зниження продуктивності на одиницю зменшення коефіцієнта готовності для комбайнів складає тридцять тон на молоту ранніх зернових.

Ключові слова: система, готовність, коефіцієнт, комбайн.

Постановка проблеми

При розробці технологічних карт збирання урожаю не враховується термін експлуатації комбайна і його технічний стан [1]. Не врахування попереднього терміну експлуатації комбайнів і ймовірних значень показників технічного стану приводить до суттєвих прорахунків при прогнозуванні термінів жнив [2, 3]. Для машин коротко сезонного використання найбільш значимі із показників надійності як ремонтпридатних систем слугують статистичні або ймовірні значення показників наробітку між черговими відмовами і

тривалості простоїв на відмовах [4-6]. Згідно [7, 8] комплексним показником робото здатності відновлювальних систем (об'єктів) використовують коефіцієнти технічної готовності K_g який розраховується як відношення середнього наробітку між відмовами до середнього наробітку між відмовами плюс середнього простою по усуненню відмов [9].

Аналіз останніх досліджень

Оскільки число досліджуваних комбайнів було постійним (10 комбайнів), то для відновлюваних об'єктів визначено потрібний обсяг досліджень кількість зафіксованих відмов, або сумарно кількість відпрацьованих мотогодин для розрахунку показників надійності із заданою точністю [10-12]. Нагляд за роботою комбайнів виконувався за планом $NM(\check{C}\Sigma, T\Sigma)$ [13], згідно якого одночасно досліджувалися $N=10$ комбайнів [14, 15]. Після кожної відмови робото здатність комбайна відновлювалася $\check{C}\Sigma=80$ відмов, або при досягненні сумарного наробітку по всіх комбайнах досягла $T\Sigma=257$ мотогодин [16]. Умові проведення досліджень ротангом сезону $\check{C}\Sigma=80 \times 109$; $T\Sigma=257$ мотогод $\ll 1500$ мотогод [17].

Мета досліджень

Визначення напрямків розроблення аналітичних положень і моделі коефіцієнту готовності та терміну експлуатації зернозбиральних комбайнів.

Результати досліджень

Для планів $[NM\check{C}\Sigma]$ $[NMT\Sigma]$ розраховуємо вибірку оцінку наробітку на відмову комбайна №1 за термін жнив першого року експлуатації:

$$\hat{T}_o = \frac{S}{m} = \frac{241}{13} = 18.53 \text{ мотогодин} \quad (1)$$

Вибіркову оцінку середньої тривалості відновлень:

$$\hat{T}_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{B_i} = \frac{58}{13} = 4,46 \text{ мото-годин} \quad (2)$$

Точкову оцінку коефіцієнта готовності для комбайна №1 за термін жнив першого року експлуатації розраховуємо за формулою:

$$K_{\Gamma}^1 = \hat{T}_0 / (\hat{T}_0 + \hat{T}_B) = \frac{18,53}{18,53 + 4,46} = 0,81 \quad (3)$$

Точкова оцінка коефіцієнтів готовності для комбайнів за термін жнив першого року експлуатації відповідно для комбайнів №2 - $K_{\Gamma}=0,58$; №3 $K_{\Gamma}=0,73$; №4 $K_{\Gamma}=0,51$; №5 $K_{\Gamma}=0,76$; №6 $K_{\Gamma}=0,59$; №7 $K_{\Gamma}=0,76$; №8 $K_{\Gamma}=0,57$; №9 $K_{\Gamma}=0,58$; комбайн №10 - був знятий з експлуатації через відмову двигуна через 60 м.-год.

Середнє значення коефіцієнта готовності для дев'яти комбайнів визначаємо із формули:

$$K_{\Gamma}^1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_{\Gamma_i} = \frac{5,85}{9} = 0,65 \quad (4)$$

Закономірність зниження середнього значення коефіцієнта готовності із зростанням строків експлуатації показано на рис. 1 і поліномом четвертої степені:

$$K_{\Gamma} = -0,0043x^4 + 0,0784x^3 - 0,5072x^2 + 1,3051x - 0,3009$$

$$R^2 = 0,9862$$

Рис. 1. Закономірності зміни стаціонарного коефіцієнта готовності і нестационарного коефіцієнта оперативної готовності.

Fig. 1. The patterns of change in the stationary coefficient of readiness and non-stationary coefficient of operational readiness.

За п'ять років експлуатації після 2015 року значення коефіцієнта готовності знизилася від значення $K_{\Gamma 2}=0,86$ до $K_{\Gamma 7}=0,64$, тобто на 26%. Середньосезонне значення зниження коефіцієнта готовності складало $DK_{\Gamma}=0,044$, або 5,2% щорічно.

Згідно оцінки передбачаємо, що статистичних показників коефіцієнта готовності закономірності зміни із зростанням строків експлуатації близькі до розподілу Вейбулла.

Для другого року експлуатації ЗК визначимо:

1. Стаціонарний коефіцієнт готовності для другого року експлуатації:

$$K_{\Gamma} = \frac{\mu}{\mu + w} = \frac{0,25}{0,25 + 0,040} = 0,86; \quad (5)$$

2. Нестационарний коефіцієнт готовності на зміну роботи:

$$K_{\Gamma}(f_3) = \frac{\mu}{\mu + w} + \frac{w}{\mu + w} e^{-(w+\mu)t_3} = \quad (6)$$

$$= \frac{0,25}{0,25 + 0,040} + \frac{0,040}{0,25 + 0,040} e^{-(0,25+0,040)} =$$

$$= 0,87 + 0,16 e^{-3,17} = 0,86 + 0,16 \frac{1}{23,8} =$$

$$= 0,86 + 0,16 * 0,042 = 0,86 + 0,006 =$$

$$= 0,866 \approx 0,87$$

3. Стаціонарний коефіцієнт оперативної готовності за зміну:

$$K_{o,t}(f_3) = \frac{\mu}{\mu + w} e^{-wt} = 0,86 e^{-0,041*14} = \quad (7)$$

$$= 0,86 e^{0,54} = 0,86 \frac{1}{1,77} = 0,86 * 0,56 = 0,48$$

4. Нестационарний коефіцієнт оперативної готовності за зміну роботи:

$$K_{o,t}(\tau, t) = \left(\frac{\mu}{\mu + w} + \frac{\mu}{\mu + w} e^{-(w+\mu)t_3} \right) e^{-wt} = \quad (8)$$

$$= 0,87 * 0,56 = 0,49$$

Стаціонарний і нестационарний коефіцієнт відрізняється на 0,01, а стаціонарний коефіцієнт готовності (K_{Γ}) і стаціонарний коефіцієнт оперативної готовності ($K_{o,t}(t)$) відрізняються $\Delta K_{\Gamma} = K_{\Gamma} - K_{o,t}(t) = 0,86 - 0,48 = 0,39$.

Визначаємо основні характеристики розподілу Вейбулла для коефіцієнта готовності із збільшенням строків експлуатації.

$$\bar{T}_n \frac{\Gamma\left(1 + \frac{1}{m}\right)}{w} - \text{середнє значення наробітку між відмовами} \quad (9)$$

$$f(t_3) = m \omega (\omega \cdot t)^{m-1} e^{-(\omega t)^m} - \text{щільність розподілу} \quad (10)$$

$$F(t_3) = 1 - e^{-wt} - \text{функція розподілу імовірності відмов} \quad (11)$$

$$D\bar{T}_n = \frac{1}{w^2} \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{m}\right) - \Gamma^2\left(1 + \frac{1}{m}\right) \right] - \text{дисперсія.} \quad (12)$$

Розрахунки характеристик розподілу Вейбулла для другого року експлуатації ЗК (як приклад):

$$\bar{T}_{n2} \frac{\Gamma\left(1 + \frac{1}{27}\right)}{0,04} = \frac{\Gamma(1,34)}{0,04} = \frac{0,8892}{0,04} = \text{мото-год.}$$

$$= 22,23$$

$$f_2(t_3) = 2,70 * 0,04 (0,04 * 14)^{2,70-1} e^{-(0,04*14)^{2,70}} =$$

$$= 2,7 * 0,04 * 0,373 * 0,82 = 0,033$$

$$F_2(t_3) = 1 - 2,71^{-(0,04*14)^{2,7}} = 1 - 0,82 = 0,18$$

$$D\bar{T}_{n2} = \frac{1}{0,04^2} \left[\Gamma\left(1 + \frac{2}{2,7}\right) - \Gamma\left(1 + \frac{1}{2,7}\right) \right] = 625 * 0,1289 = 78$$

Закономірності зміни стаціонарного коефіцієнта готовності і нестаціонарного коефіцієнта оперативної готовності в залежності від строків експлуатації показані на рис. 1.

Закономірності зміни щільності розподілу K , та функції розподілу імовірності відмови показані на рис. 2, рис. 3.

Рис. 2. Щільність розподілу значень наробітку між відмовами із збільшенням строків експлуатації.

Fig. 2. The density distribution of values of operation time between failures with increasing time of operation.

Рис. 3. Функція розподілу імовірності відмови протягом зміни із збільшенням строків експлуатації.

Fig. 3. Distribution function of the probability of failure during the shift with increasing time of operation.

Основні характеристики розподілу Вейбулла роботи комбайнів із збільшенням строків експлуатації зведені в таблицю 1.

Із рисунка видно, що розбіжність між експериментальними та розрахунковими значеннями K_t (по розподілу Вейбулла не значні (до 3%).

При кількості інформації $N=25$ і відсутності статистичного ряду середнє квадратичне відхилення визначаємо із формули:

$$\sigma_{K2}^1 = \sqrt{\frac{1}{N-1} (t_i - t_{cp})^2} = \sqrt{0,020} = 0,141 \quad (13)$$

Таблиця 1. Характеристики розподілу Вейбулла роботи комбайнів із збільшенням строків експлуатації.

Table 1. Characteristics of Weibull raspadsk work combines with increasing time of operation.

Роки експлуатації ЗК	T	σ_{K2}	f(t)	N
1	10,79	0,075	0,80	14
2	22,93	0,032	0,18	78
3	19,65	0,038	0,31	94
4	14,42	0,040	0,54	141
5	11,65	0,041	0,67	89
6	11,21	0,044	0,70	82
7	10,3	0,046	0,86	73

Значення коефіцієнта готовності за термін живих першого року експлуатації складає:

$$K_{K2}^1 = 0,65 \pm 0,141$$

Визначимо коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{\sigma_{K2}^1}{K_{K2}^1} = \frac{0,141}{0,61} = 0,34 \quad (14)$$

По відомому коефіцієнту варіації $y_p=0,34$ із таблиці 2 знаходимо параметри і коефіцієнти розподілу Вейбулла.

$$v=3,22; \quad K_B=0,896; \quad C_B=0,306$$

Знаходимо параметр змінювання:

$$C = \bar{K}_T - aK_B = 0,61 - 0,418 = 0,198 \quad (15)$$

Визначаємо верхню довірчу границю для коефіцієнта готовності:

$$\begin{aligned} K_{\epsilon} &= (\bar{K}_T - C)^{3,22\sqrt{Z_1}} + C = \\ &= (0,61 - 0,198)^{3,22\sqrt{1,14}} + 0,198 = \\ &= 0,412 * 1,04 + 0,198 = 0,63 \\ K_H &= (\bar{K}_T - C)^{3,22\sqrt{Z_3}} + C = \\ &= (0,61 - 0,198) * 0,96 + 0,198 = 0,59 \end{aligned} \quad (16)$$

Аналіз темпів зміни показника вибіркової оцінки коефіцієнта готовності дозволяє зробити висновок, що термін довговічності основних агрегатів, систем, механізмів комбайнів вичерпуються строком експлуатації протягом п'яти-шести років та сумарним виробітком 1200-1400 мотогод. при середньому виробітку за сезон 200-280 мотогод. Після зазначеного строку експлуатації в роках та виробітку в мотогод. показник наробітку між відмовами знижується від 25 мотогод. до 12-13 мотогод., тривалість простоїв по відмовах стабілізується в межах 6 годин, а показник коефіцієнта готовності знижується до 0,67...0,64 рис. 4.

Імовірну величину коефіцієнта готовності на термін живих після другого можна розрахувати по емпіричній залежності:

$$K_{T1} = K_{T2} \cdot e^{-(0,015+0,005 \cdot x_{\text{в}})^3} \quad (17)$$

де $x_{\text{в}}$ - рік експлуатації ЗК.

Рис. 4. Зміна коефіцієнтів готовності комбайна в залежності від строків експлуатації.

Fig. 4. Change of the coefficients of availability of the harvester, depending on the time of operation.

Наприклад для третього року експлуатації:

$$K_{r3} = 0,86 \cdot e^{-(0,015+0,005 \cdot 3)} =$$

$$= 0,86 \cdot \frac{1}{1,093} = 0,86 \cdot 0,91 = 0,79$$

Середнє значення зниження коефіцієнта готовності за сезон експлуатації (в межах семи сезонів експлуатації) можна визначити а формулою:

$$\gamma_{Kc} = \frac{K_r \max - K_r \min}{n - 2} =$$

$$= \frac{0,86 - 0,64}{7 - 2} = 0,044 \frac{1}{\text{сезон}} \quad (18)$$

В межах нормативних затрат на відновлювальні ремонти комбайнів і підтримування їх роботоздатності під час жнив після другого сезону експлуатації спостерігається щорічне зниження коефіцієнта готовності на 0,036.

Вплив коефіцієнта готовності на продуктивність комбайна визначається через його вплив на коефіцієнт використання часу зміни.

Через коефіцієнт готовності визначається введений нами відносний показник технічного стану Z, який входить безпосередньо у рівняння за яким визначається коефіцієнт використання часу зміни. Нами прийнято, що величина Z із зростанням років використання комбайна збільшується лінійно. Зміна відносного показника технічного стану показана на рис. 5.

Продуктивність (в тонах) комбайнів із збільшенням строків експлуатації через зниження коефіцієнта готовності зменшується:

$$\gamma_Q = \frac{Q_r \max - Q_r \min}{n - 2} =$$

$$= \frac{1133 - 605}{7 - 2} = 106 \text{ тон} / \text{сезон} \quad (19)$$

Зниження коефіцієнта готовності на 0,01 стає причиною зменшення продуктивності комбайна на 21,2 т/сезон.

Визначимо питоме зниження продуктивності на одиницю зменшення коефіцієнта готовності:

$$\Delta \gamma = \frac{Q_2 \max - Q_7 \min}{K_{r2} \max - K_{r7} \min} =$$

$$= \frac{\Delta Q}{\Delta K_r \cdot 100} = \frac{563}{0,18 \cdot 100} = 31,3 \text{ тон} \quad (20)$$

Рис. 5. Зміна відносного показника технічного стану 2 із збільшенням строків експлуатації.

Fig. 5. Change in the relative index of the technical condition of 2 with increasing time of operation.

За результатами експериментальних досліджень (табл. 2) відносний показник технічного стану за строк експлуатації сім років змінюється від значень 0,16 (другий рік експлуатації) до значення 0,49 (сьомий рік експлуатації) рис. 5.

Таблиця 2.
Table 2.

Роки експлуатації ЗК	Експеримент	Модель	Відхилення, %
1	0	0	0
2	0,16	0,16	0
3	0,23	0,226	1,7
4	0,35	0,292	19,8
5	0,41	0,358	14,52
6	0,45	0,424	6,1
7	0,49	0,490	0

Рис. 6. Залежність коефіцієнта відновлення від строків експлуатації.

Fig. 6. The dependence of the recovery factor from life

За отриманими експериментальними даними чинники, що входять в рівняння мають значення Z₂=0.16, K₂=0.066, тобто рівняння буде таким:

$$Z=0.16+0.066(ni-2) \quad (21)$$

де n_i - порядковий номер року експлуатації.

Якщо коефіцієнт готовності ЗК із збільшенням строків експлуатації зменшується, то коефіцієнт відновлення зростає рис. 6. (табл. 2).

Якщо тривалість простоїв по усуненню відмов після третього року експлуатації змінюється в максимальному значенні на 22%, то коефіцієнт відновлення зростає на 135%.

Висновки

1. При плануванні термінів жнив необхідно враховувати строк експлуатації комбайнів і вносити поправки в показники продуктивності із врахуванням імовірного зниження показника технічного стану через коефіцієнт готовності.

2. Визначено, що питоме зниження продуктивності на одиницю зменшення коефіцієнта готовності для комбайнів складає ≈ 30 тон намоту ранніх зернових.

Список літератури

1. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Аналітичні положення визначення коефіцієнта динамічності параметрів технічного стану зернозбиральних комбайнів. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки, технологій для сільського господарства України. Дослідницьке. 2017. Вип. 21 (35). С. 55–61.

2. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Аналіз систем і стратегій технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів та їх складових частин. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 380–390.

3. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Штучні когнітивні системи в процесах технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 353–361.

4. Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л. Математичний апарат опису маршруту технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів з урахуванням виявлення комбінацій відмов. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 275. С. 337–346.

5. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. Lublin. 2017. Vol. 19. No 3. P. 179–184.

6. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. TEKA. 2017. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. P. 103–114.

7. Войтюк В. Д., Рубльов В. І., Роговський І. Л. Системні принципи забезпечення якості технічного сервісу сільськогосподарської техніки: монографія. Київ. НУБІП України. 2016. 360 с.

8. Роговський І. Л. Відновлення працездатності складальних одиниць сільськогосподарської машини. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. Харків. 2015. Вип. 159. С. 224–232.

9. Роговський Іван. Стохастические модели обеспечения работоспособности сельскохозяйственных машин. Motrol: Motorization and power industry in agriculture. 2014. Tom 16. №3. P. 296–302.

10. Rogovskii I. L. Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 403–411.

11. Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan. Method for Determining Time of next Maintenance of Combine Harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2018. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. P. 105–115.

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

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

14. Luo A.C.J., Guo Y. Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag, 2013. 213 p.

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

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

17. Роговський І. Л. Аналітичність механізму відновлення працездатності сільськогосподарських машин на основі залишкового ресурсу. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 2, 175–179.

References

1. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Analytical position determination of the coefficient of dynamic parameters of the technical condition of combine

harvesters. Technical and technological aspects of the development and testing of new equipment and technologies for agriculture of Ukraine. *Doslidnitske*. Vol. 21 (35). 55-61.

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

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

4. *Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L.* (2017). Mathematical apparatus of the description of the route maintenance of combine harvesters in accordance with the detection of combinations of failures. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*. Kiev. Vol. 275. 337-346.

5. *Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan.* (2017). Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. *MOTROL*. Lublin. Vol. 19. No 3. 179-184.

6. *Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan.* (2017). Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. *TEKA*. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. 103-114.

7. *Voytyuk, V. D., Rublyov, V. I., Rogovskii, I. L.* (2016). System guidelines for quality assurance of technical service of agricultural machinery. *Kiev. NULESU*. 360.

8. *Rogovskii, I. L.* (2015). Recovery Assembly units of agricultural machines. *Bulletin of Kharkov National Technical University of Agriculture named Peter Vasilenko*. Kharkov. Vol. 159. 224-232.

9. *Rogovskii Ivan.* (2014). Stochastic models ensure efficiency of agricultural machinery. *Motrol: Motorization and power industry in agriculture*. Tom 16. № 3. 296-302.

10. *Rogovskii, I. L.* (2017). Conceptual framework of management system of failures of agricultural machinery. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*. Kiev. Vol. 262. 403-411.

11. *Kalinichenko Dmytro, Rogovskii Ivan.* (2018). Method for Determining Time of next Maintenance of Combine Harvesters. *TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. 105-115.

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

13. *Viba J., Lavendelis E.* (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In

Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia, 95-98.

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

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

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

17. *Rogovskii I. L.* (2019). Analytic mechanism of recovery of agricultural machinery based on residual resource. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 2019, Vol. 10, No 2, 175-179.

АНАЛИТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ И СРОКА ЭКСПЛУАТАЦИИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Ю. А. Черник

Аннотация. При разработке технологических карт уборки урожая не учитывается срок эксплуатации комбайна и его техническое состояние. Не считая предыдущего срока эксплуатации комбайнов и вероятных значений показателей технического состояния приводит к существенных просчетов при прогнозировании сроков жатвы. Для машин кратко сезонного использования наиболее значимые из показателей надежности как ремонтпридатных систем служат статистические и вероятные значения показателей наработки между очередными отказами и продолжительности простоев на отказах. Комплексным показателем работоспособности восстановительных систем (объектов) используют коэффициенты технической готовности K_g , который рассчитывается как отношение средней наработки между отказами к средней наработки между отказами плюс среднего простоя по устранению отказов.

Автором представлено, что при планировании сроков уборки необходимо учитывать срок эксплуатации комбайнов и вносить поправки в показатели производительности с учетом вероятного снижения показателя технического состояния через коэффициент готовности.

В статье определено, что удельное снижение производительности на единицу уменьшение коэффициента готовности для комбайнов составляет тридцать тонн намолота ранних зерновых.

Ключевые слова: система, готовность, коэффициент, комбайн.

ANALYTICAL MODEL OF AVAILABILITY AND
OPERATING LIFE OF COMBINE HARVESTERS*Yu. O. Chernik*

Abstract. In the development of technological maps of harvest is not considered the life of the processor and its technical condition. Not counting the previous period of operation of combines and probable values of indicators of technical condition leads to significant errors in the prediction of the timing of the harvest. For machines brief seasonal the most important indicator of reliability as remontoprigoden systems are statistical and the probable values of the developments between regular failures and downtime on the bounce. A comprehensive indicator of health recovery systems (objects) using the coefficients of technical readiness K_g , which is calculated as the ratio of mean time between failures for mean time between failures plus the average idle time for elimination of failures.

The author presents in the planning of harvesting time necessary to consider the life of the harvesters and to amend the performance indicators taking into account the likely decrease in this indicator of technical condition through the availability.

The article identifies that the specific decrease in productivity per unit reduction of the coefficient of readiness for combines is thirty tons of early grain threshing.

Key words: system availability, efficiency, food processor.

Ю. О. Черник ORCID 0000-0002-9654-9051.