

ЗМІНА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ І ПРОДУКТИВНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕРМІНУ ЕКСПЛУАТАЦІЇ

Демко О.А., аспірант, Демко А.А., к.т.н., Надточій О.В. к.т.н.
(НУБіП України)

Визначено закономірності зміни технічного стану зернозбиральних комбайнів ДОН-1500Б в залежності від терміну експлуатації.

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 значними із показників надійності, як ремонтпридатних систем, слугують статистичні або ймовірні значення показників наробітку між черговими відмовами і тривалості простоїв на відмовах. Згідно ДСТУ 3004-94 і ГОСТ 27502-83 комплексним показником роботоздатності відновлювальних систем (об'єктів) використовують коефіцієнт технічної готовності K_T .

Для планів [NMЧΣ] [NMTΣ] розраховуємо вибірккову оцінку наробітку на відмову комбайна №1 за термін жнив першого року експлуатації:

$$\hat{T}_0 = \frac{S}{m} = \frac{241}{13} = 18.53, \text{ мотогодин} \quad (1)$$

Вибіркову оцінку середньої тривалості відновлень:

$$\hat{T}_B = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m t_{B_i} = \frac{58}{13} = 4.46, \text{ годин} \quad (2)$$

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

$$K_T^1 = \hat{T}_0 / (\hat{T}_0 + \hat{T}_B) = \frac{18.53}{18.53 + 4.46} = 0.81 \quad (3)$$

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

$$K_T^1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N K_{T_i} = \frac{0.8 + 0.58 + 0.73 + 0.76 + 0.59 + 0.76 + 0.57 + 0.58}{9} = 0.65 \quad (4)$$

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

$$K_{T_i} = -0.0043x^4 + 0.0784x^3 - 0.5072x^2 + 1.3051x - 0.3009; R^2 = 0.9862$$

За п'ять років експлуатації після 1993 року значення коефіцієнта

готовності знизилася від значення $K_{k2}=0,86$ до $K_{\Gamma7}=0,64$, тобто на 29%. 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:

$$K_{\Gamma}(f_3) = \frac{\mu}{\mu + w} + \frac{w}{\mu + w} e^{-(w+\mu)t_3} = \frac{0,25}{0,25 + 0,040} + \frac{0,040}{0,25 + 0,040} e^{-(0,25+0,040)} = 0,87 + 0,16 e^{-3,17} = 0,86 + 0,16 \frac{1}{23,8} = 0,86 + 0,16 * 0,042 = 0,86 + 0,006 = 0,866 \approx 0,87 \quad (6)$$

3. Стаціонарний коефіцієнт оперативної готовності за зміну:

$$K_{0,t}(f_3) = \frac{\mu}{\mu + w} e^{-wt} = 0,86 e^{-0,041 \cdot 14} = 0,86 e^{0,54} = 0,86 \frac{1}{1,77} = 0,86 \cdot 0,86 = 0,48 \quad (7)$$

4. Нестационарний коефіцієнт оперативної готовності за зміну роботи:

$$K_{0,t}(\tau, t) = \left(\frac{\mu}{\mu + w} + \frac{\mu}{\mu + w} e^{-(w+\mu)t_3} \right) e^{-wt} = 0,87 * 0,56 = 0,49 \quad (8)$$

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

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):

$$\bar{T}_{n2} \frac{\Gamma\left(1 + \frac{1}{27}\right)}{0,04} = \frac{\Gamma(1,34)}{0,04} = \frac{0,8892}{0,04} = 22,23 \text{ мотогод.}$$

$$f_2(t_3) = 2,70 * 0,04 (0,04 * 14)^{2,70-1} e^{-(0,04*14)^{2,70}} = 2,7 * 0,04 * 0,373 * 0,82 = 0,033$$

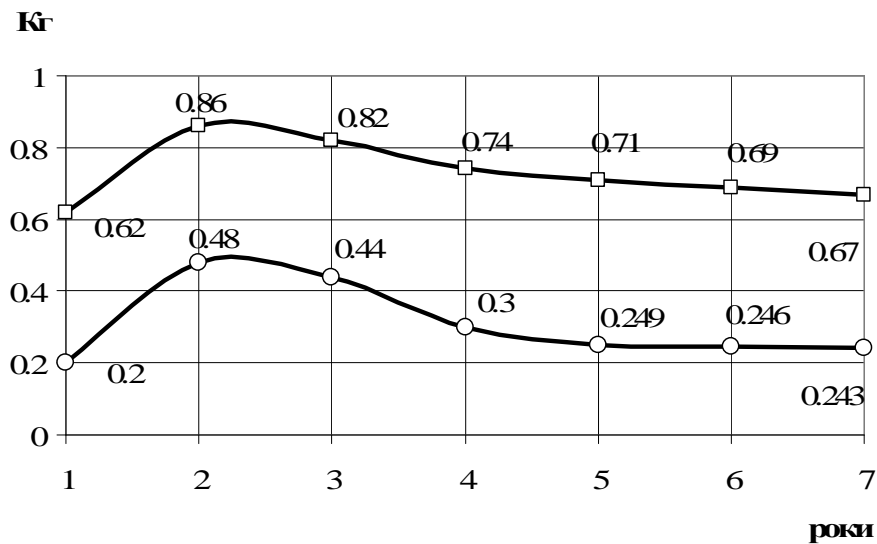


Рис.1. Закономірності зміни стаціонарного коефіцієнта готовності і нестаціонарного коефіцієнта оперативної готовності. (○- Ког(t) —□-КГ)

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

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

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

Закономірності зміни щільності розподілу К, та функції розподілу імовірності відмови показані на рис 1,2.

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

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

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

Значення коефіцієнта готовності за термін жнив першого року експлуатації складає: $K_{Kz}^1 = 0,65 \pm 0,141$

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

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

Показники	Роки експлуатації ЗК						
	1	2	3	4	5	6	7
t_b	10,79	22,93	19,65	14,42	11,65	11,21	10,3
$t(t)$	0,075	0,032	0,038	0,040	0,041	0,044	0,046
$F(t)$	0,80	0,18	0,31	0,54	0,67	0,70	0,86

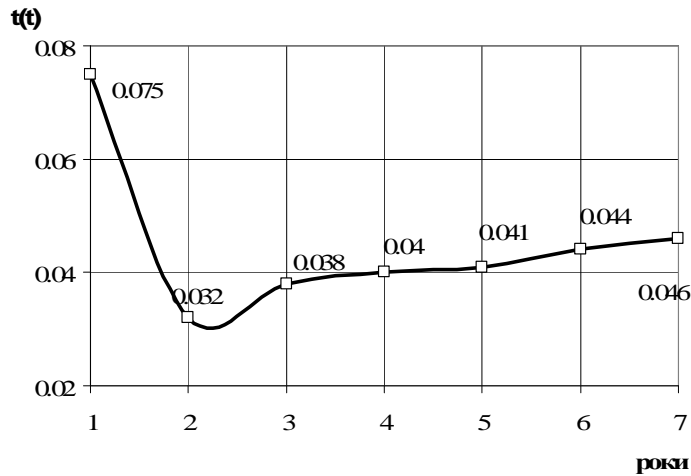


Рис. 2. Щільність розподілу значень наробітку між відмовами із збільшенням строків експлуатації.

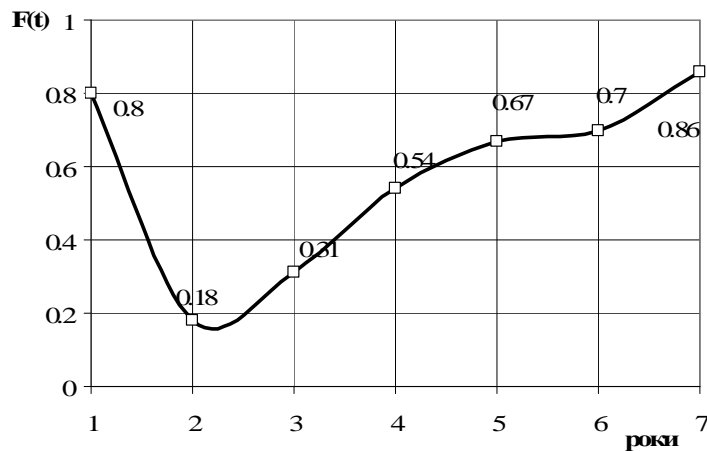


Рис. 3. Функція розподілу імовірності відмови протягом зміни із збільшенням строків експлуатації.

Визначимо коефіцієнт варіації:

$$V = \frac{\sigma_{K_2}^1}{K_T^1} = \frac{0,141}{0,61} = 0,34 \quad (14)$$

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

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

Знаходимо параметр зміщення:

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

Визначаємо верхню довірчу границю для коефіцієнта готовності:

$$K_e = (\bar{K}_T - C)^{\beta} \sqrt[\beta]{Z_1} + C = (0,61 - 0,198)^{3,22} \sqrt[3,22]{1,14} + 0,198 = 0,412 * 1,04 + 0,198 = 0,63 \quad (16)$$

$$K_H = (\bar{K}_T - C)^{\beta} \sqrt[\beta]{Z_3} + C = (0,61 - 0,198) * 0,96 + 0,198 = 0,59$$

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 м.-год. при середньому виробітку за сезон 200-280 м.-год. Після зазначеного строку експлуатації в роках та виробітку в м.-год. показник наробітку між відмовами знижується від 25 м.-год. до 12-13 м.-год., тривалість простоїв по відмовах стабілізується в

межах 6 годин, а показник коефіцієнта готовності знижується до 0,67...0,64 (рис.4).

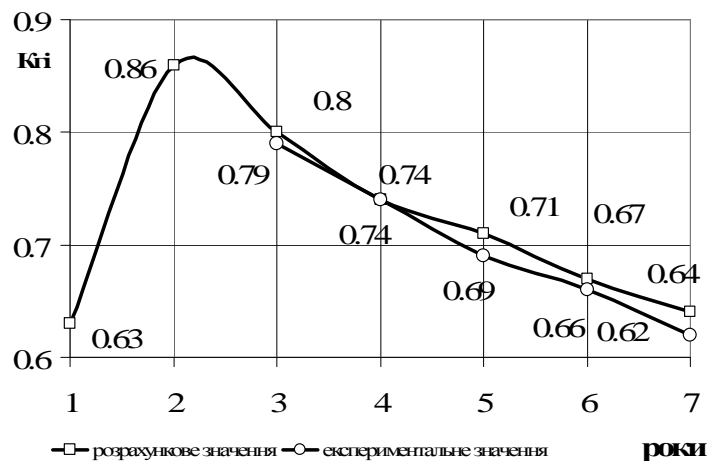


Рис. 4. Зміна коефіцієнтів готовності комбайна в залежності від строків експлуатації

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

$$K_{Гi} = K_{Г2} \cdot e^{-(0,015+0,005 \cdot x_{bi})^3} \quad (17)$$

де x - рік експлуатації ЗК.

Наприклад для третього року експлуатації:

$$K_{Г3} = 0,86 \cdot e^{-(0,015+0,005 \cdot 3)^3} = 0,86 \cdot \frac{1}{1,093} = 0,86 \cdot 0,91 = 0,79$$

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

$$\gamma_{Кс} = \frac{K_{Г \max} - K_{Г \min}}{n - 2} = \frac{0,86 - 0,64}{7 - 2} = 0,044 \frac{1}{\text{сезон}} \quad (18)$$

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 0,044.

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:

$$\gamma_Q = \frac{Q_{Г \max} - Q_{Г \min}}{n - 2} = \frac{1133 - 605}{7 - 2} = 106 \text{ т/сезон} \quad (19)$$

Зниження коефіцієнта готовності на 0,01 стає причиною зменшення продуктивності комбайна на 21.2 т/сезон.

Визначимо питомих зниження продуктивності на одиницю зменшення коефіцієнта готовності:

$$\Delta\gamma = \frac{Q_{2\max} - Q_{7\min}}{K_{12\max} - K_{17\min}} = \frac{\Delta Q}{\Delta K_{\Gamma} * 100} = \frac{563}{0,18 * 100} = 31,3 \approx 30 \text{ т} \quad (20)$$

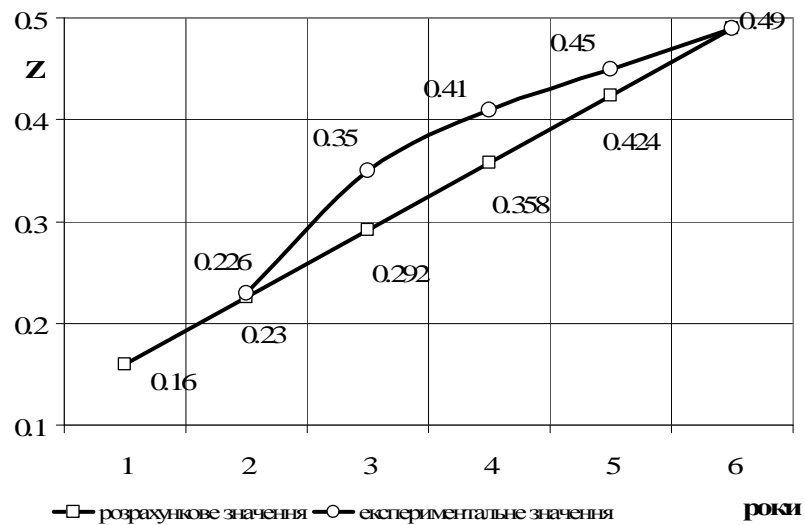


Рис. 5. Зміна відносного показника технічного стану 2 із збільшенням строків експлуатації

За результатами експериментальних досліджень 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

За отриманими експериментальними даними чинники, що входять в рівняння мають значення $Z_2=0.16$, $K_2=0.066$, тобто рівняння буде таким:

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

де n_i - порядковий номер року експлуатації.

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

Таблиця 2. Зміна технічного стану за строк експлуатації

Показники	Строки експлуатації						
	1	2	3	4	5	6	7
Експериментальне значення 2	-	0.16	0.23	0.35	0.41	0.45	0.49
Розрахункове значення 2	-	-	0.226	0.292	0.358	0.424	0.49
Похибка, %	-	-	1.7	19.8	14.52	6.1	0

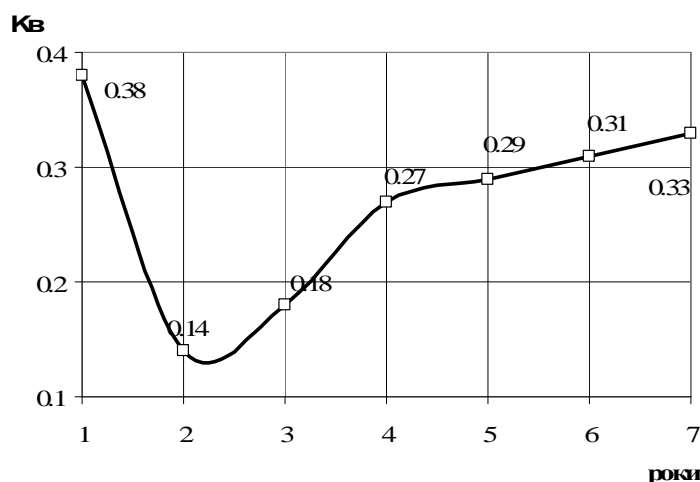


Рис. 6. Залежність коефіцієнта відновлення від строків експлуатації ЗК

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

Висновки

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. Визначено, що питоме зниження продуктивності на одиницю зменшення коефіцієнта готовності для комбайнів ДОН-1500А складає ≈ 30 тонн намолоту ранніх зернових. При плануванні строків збирання необхідно враховувати строк експлуатації використовуваних комбайнів і вносити поправки в показники продуктивності з урахуванням ймовірності зниження показника технічного стану через коефіцієнтні готовності.

Список літератури

1. Сковородин В.Я., Тишкин Л.В. Справочная книга по надёжности сельскохозяйственной техники.- Ленинград: 1985. 201с.
2. Прибытков П.Р., Скобач В.Р. Безотказность уборочных агрегатов и комплексов.- Ленинград. : ВО «Агропромиздат»,1987-205с.
3. Табачников А.Г. Оптимизация уборки зерновых комбайновими агрегатами.- М: Агропромиздат, 1985.-158с.
4. Шор Я.Б., Кузьмин Ф.И. Таблицы для анализа и контроля надёжности.- М: «Советское радио», 1968,-283с.
5. Демко С.А. Визначення впливу терміну використання зернозбиральних комбайнів на їх техніко-експлуатаційні характеристики. Автореферат дисертації на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук. Київ. - 2007-20с.

Аннотация

ИЗМЕНЕНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ И ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СРОКОВ ЭКСПЛУАТАЦИИ

А.А. Демко аспирант, А.А. Демко к.т.н., А.В.Надточий к.т.н.

Определены закономерности изменения технического состояния зерноуборочных комбайнов ДОН-1500Б в зависимости от срока эксплуатации.

Abstract

CHANGE THE TECHNICAL CONDITION AND CAPACITY OF COMBINE HARVESTERSDEPENDING ON PERIODS OF THE USAGES

A. Demko, A. Demko, A.Nadtochiy

The Certain regularities of the change the technical condition of combine harvesters DON-1500B depending on period of the usages.