

УДК 629.144.2.004.5

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ ТА УДОСКОНАЛЕННЯ ІХ ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ

Д. П. Домуші, В.О. Захаренко

Одеський державний аграрний університет,

А. П. Ліпін

Одеська національна академія харчових технологій

Робоча гіпотеза дослідження полягала в тому, що розробка й застосування системи технічного сервісу для підвищення надійності зернозбиральних комбайнів технологічних комплексів забезпечує зменшення непродуктивних простоїв машин по технічним, технологічним і організаційним причинам, підвищення змінної продуктивності збиральної техніки й зниження витрат на експлуатацію технічних засобів. Тому вдосконалювання технічного сервісу комбайнів технологічних комплексів з урахуванням зональних умов і оцінка ефективності їхньої роботи є актуальним науковим і практичним завданням. Метою експериментальних і теоретичних досліджень було визначення кількості відмов комбайнів по агрегатах і вузлах із заміною деталей(запасних частин), що відмовили для обґрунтування необхідної їхньої номенклатури й кількості, що забезпечить роботу зернозбиральних комбайнів на агротехнічне обґрунтований термін збирання. Для визначення показників надійності комбайнів проводилися хронометражні спостереження. У результаті статистичної обробки даних цих спостережень розраховувалися і будувалися розподіли наробітку на відмову і часу відновлення працездатного стану комбайнів з технологічних і технічних причинах із заміною запасної частини. Розроблені рекомендації з резервування запасних частин на різних рівнях зберігання дозволять зменшити витрати на їхнє зберігання і скоротити середній час відновлення працездатності комбайнів.

Ключові слова: зернозбиральний комбайн, технологічний комплекс, зернові культури, дослідження, ймовірний стан, працездатність, запасні частини, відмова, відновлення працездатності, рівень резервування.

Вступ. Чисельність парку зернозбиральних комбайнів(ЗК) (основної машини зерновиробництва) в порівнянні з 90-ми роками ХХ-го століття, зменшився майже вдвічі і становить близько 50 тисяч зернозбиральних комбайнів. Це спричинило збільшення сезонного навантаження на один комбайн до 200га хлібостою або 700-800 тон зерна. Для порівняння слід відмітити, що в США навантаження на один комбайн відповідно складає 147 га і 585 тон. Така ситуація створила дилемну проблему: збільшити чисельність комбайнів з продуктивністю, аналогічною комбайнам і наявного парку, або формувати новий парк машин (комбайнів) на базі комбайнів значно вищою продуктивності. Аналіз якісного та кількісного складу нинішнього парку ЗК свідчить, що в кількісному вимірі, він фактично сформований у кінці 90-х років ХХ-го століття. Його основу складають комбайні серії СК-5 „Нива”(біля 57 %) та „Дон-1500” (14%), які виготовленні і поставлені з Росії. Комбайні вітчизняного виробництва (типу „Славутич”, Дон-Лан „Акрос” („Вектор”)

та інші) становлять до 8%, комбайни сімейства „Єнісей” – до 3 %, імпортні комбайни: фірми „Claas”- біля 6%, „John Deere”- більше 4%, „Massey Ferguson”- більше 2 %, „Nev Holland”, „Sampo”, „Case IH” - кожної фірми трохи більше 1% та інші моделі комбайнів, частка кожної з яких становить менше 1% [1].

Проблема. У цей час на полях області працює велика кількість зернозбиральних комбайнів різного виробництва, серед них більшу частину займають комбайни сімейства „ДОН”- «Дон-1500», «Дон-1500Б», Дон-Лан „Акрос” („Вектор”). Складність конструкції ЗК, сімейства „ДОН” напруженість і короткочасність їхньої роботи вимагає вживання ефективних заходів для забезпечення їхньої максимальної безвідмовності, вишукування основних шляхів підвищення ефективності технічного обслуговування й ремонту. Нинішня ситуація у зерновиробництві обумовлює гостру потребу ефективного використання наявного парку зернозбиральних комбайнів усіх сільськогосподарських товаровиробників [2,3]. Часткове вирішення даної проблеми можливо шляхом: 1) Дослідження забезпечення технічного рівня та ефективності використання зернозбиральних комбайнів. 2) Визначення показників надійності зернозбиральних комбайнів і найбільш імовірних причин простоїв машин по технічним причинам у різних виробничих умовах. 3) Виявлення номенклатури й кількості запасних деталей, необхідних на усунення відмов зернозбиральних комбайнів. 4) Статистична обробка отриманих даних. 5) Розробка та впровадження наукових методів контролю та оцінки економічності експлуатаційного використання зернозбиральних комбайнів при виконанні технологічного процесу (обмолоті хлібів).

Аналіз останніх досліджень та публікацій. З питань, що стосується конструктивних особливостей комбайнів «Дон», прийомів роботи, регулювання й обслуговування, оцінки економічної ефективності роботи й деяким іншим за останні роки з'явилося багато публікацій [3,4,5], але по найважливішій проблемі - методам забезпечення надійної роботи комбайнів «Дон» на збиранні інформації ще недостатньо. Особливо це помітно, по відмовах, пов'язаних із заміною деталі, що відмовила, або вузла, тому що численні простої комбайнів, що відмовили, часто пов'язані із тривалою доставкою до них запасних частин [7,8]. У зв'язку із цим виникає необхідність визначити які деталі й вузли часто виходять із ладу, і в якій кількості необхідно їх резервувати на різних рівнях зберігання, що потрібно робити при експлуатації машини механізаторам, опираючись на результати наукових досліджень і передовий досвід [6,9]. Рішення цих питань дозволить зменшити втрати часу на простої комбайнів при усуненні наслідків відмов, досягати найвищої продуктивності при найменших втратах зерна в різних умовах проведення збиральних робіт. Розмаїтість машин в технологічних комплексах (ТК), а також організаційних форм роботи в сполученні з різними умовами проведення збиральних робіт і обсягом виробництва зерна істотно ускладнює рішення розглянутих завдань традиційними інженерними методами [10]. Науково обґрунтоване рішення завдань можливо при використанні нових сучасних методів економіко-математичного моделювання на базі теоретичних основ дослідження операцій і системного підходу [3,4,11].

Мета досліджень. Метою даного дослідження є підвищення ефективності використання зернозбиральних комбайнів на основі удосконалення їх технічного сервісу й підвищення надійності. Один із шляхів вирішення цього завдання –

визначення кількості відмов комбайнів по агрегатах, вузлам і деталям із заміною деталі, що відмовила (запасних частин) для обґрунтування необхідної їхньої номенклатури й кількості запасних частин, що забезпечують роботу ЗК на агротехнічний і обґрунтований термін збирання. Для цього проводилися експериментальні дослідження з розробленої методики, результати яких приводяться нижче.

Методика і результати досліджень. При порівняльних випробуваннях різної організації ремонту комбайнів і резервування ЗЧ визначалися простої одного працюючого комбайна, простої комбайнів у ланці, простої комбайнів у комплексі, продуктивність зернозбиральних комбайнів. Щоб одержати статистичну інформацію про зміну технічних станів ЗК, проводили хронометражні спостереження в період збирання зернових культур. З огляду на стан парку зернозбиральної техніки, під спостереження були взяті комбайни «Дон-1500», «Дон-1500Б» у кількості 58 одиниць. Дослідження комбайнів у виробничих умовах проводилися за планами [NMT]. За цими планами одночасно досліджувалися-N комбайнів, після кожної відмови комбайни відновлювалися і їх знову включали в роботу-M, випробування велися до часу моменту-T, визначеного терміном проведення збиральних робіт відповідно до агротехнічних вимог. Обробка отриманої інформації проводилася відповідно до вимог ГОСТа 27.503-81 і за методикою статистичної обробки експериментальних даних РТМ 44-62. Показники, що характеризують надійність ЗК досліджувалися у звичайних умовах експлуатації відповідно до програми й методики експериментальних досліджень. Чисельні значення показників, що характеризують надійність ЗК і збирального процесу в цілому, визначалися шляхом хронометражних спостережень - методом суцільним за часом і вибірково по об'єктах. При спостереженнях дотримувалися наступні умови: 1)Тривалість часу спостереження рівнялося тривалості час роботи об'єкта. 2)Число збиральних і обслуговуючих машин у збиральному процесі на протязі зміни не міналося. 3)Номенклатура й число деталей для резерву залишалися однаковими й визначалися залежно від наявних даних по показниках безвідмовності ЗК. 4)Пересувний склад ТК повинен переміщатися разом з комплексом. 5)При доставці деталі, що відмовила, використовувалися однотипні обслуговуючі машини. 6)Зрівнювальні варіанти організації ремонту й резервування запасних частин досліджувалися в рівних умовах (площі полів, довжини гонів, відстаней до рівнів ремонту й зберігання ЗЧ і т. п.).

Для проведення імітаційного моделювання необхідно ряд гістограм, для побудови вхідного потоку вимог на усунення відмов з технічних причин. Для цього за кожною збиральною ланкою закріплювали спостерігача, що заздалегідь інструктував комбайнерів порядку заповнення спостережливих аркушів. Кожному комбайнерові перед зміною видавалися спостережливі аркуші, у випадку виникнення відмови комбайнер проставляв час виникнення відмови, назва необхідної ЗЧ, якщо вона потрібна для усунення відмови, час вибуття за ЗЧ, час доставки ЗЧ, час початку усунення відмови, час усунення відмови. Для визначення показників надійності ЗК «Дон – 1500», «Дон – 1500Б» проводилися хронометражні спостереження за методикою викладеної вище. У результаті статистичної обробки даних цих спостережень розраховувалися і будувалися розподіли: наробітку на відмову – t_0 ,

год. і часу відновлення працездатного стану – t_b , год по технологічних і технічних причинах із заміною запасної частини.

Оцінка показників надійності здійснювалася з довірчою ймовірністю - P і відносною помилкою – E середнього значення. Відносна помилка визначалася зі співвідношення:

$$E = (t_b - t_{cp}) / t_{cp}, \quad (1)$$

де t_b – верхня одnobічна довірча границя, год.; t_{cp} – середнє значення показника, год..

Приймаючи за гіпотезу закон експонентного розподілу досліджуваних випадкових величин (наробітку на відмову й часу відновлення працездатності зернозбиральних комбайнів), визначаємо необхідну кількість комбайнів N , од. при спостереженні по формулі:

$$E + 1 = \frac{2N}{\chi^2_{1-P; 2N}} \quad (2)$$

де N - число спостережуваних комбайнів, од.; χ^2 – квантиль розподілу хі-квадрат (величина табулірована).

При значеннях $E=10\%$, $P=0,90$ кількість агрегатів, який необхідно поставити на дослідження, не менш $N = 200$ одиниць, а при $E = 20\%$ і $P=0,80$ - не менш $N = 27$ комбайнів. Методика визначення середньостатистичних значень і законів розподілу показників надійності комбайнів полягала в наступному. Зі спостережливих аркушів, одержуваних при хронометражі працюючих комбайнів, послідовно визначалися періоди їхніх простоїв по технічним і технологічним неполадкам. Наробіток на відмову визначався часом безвідмовної роботи від її початку (після усунення відмови) до моменту часу настання чергової відмови. Зі спостережливих аркушів визначали час t_1, t_2, \dots, t_n , безвідмовної роботи комбайна й будували варіаційний ряд наробітку комбайна на відмову. Варіаційний ряд часу відновлення працездатності комбайна одержували таким же шляхом. Всі значення часу відновлення працездатності розподілялися по інтервалах. Число інтервалів варіаційного ряду, величину інтервалу й щільність розподілу по ньому емпіричних даних визначалися за загальноприйнятою методикою. Відповідність між передбачуваним теоретичним законом розподілу й отриманим за розглянутою методикою статистичним розподілом експериментальних даних перевірялося за критерієм згоди Пирсона- P (χ^2)[7]. Уважається, що емпірична крива погодиться з теоретичної кривої розподілу, якщо ймовірність згоди P (χ^2) $> 0,05$.

Обчислення критерію проводилася для кожного інтервалу частот по формулі:

$$\chi_i^2 = \frac{(m_i - m_i^o)^2}{m_i^o}, \quad (3)$$

де m_i – емпіричне значення частот в i -тім інтервалі, од.; m_i^o – теоретичне значення частот (випадків), що повинне потрапити в i -й інтервал, од.; n' – число дослідів, од..

Теоретичне значення частот (випадків) m_i^o , од., що повинне потрапити в i – й інтервал:

$$m_i^o = n' \cdot P_i, \quad (4)$$

де P_i - теоретична ймовірність влучення випадкової величини в i – й інтервал.

Підсумовуючи значення χ^2_i по всіх інтервалах, одержували сумарну величину міри розподілу χ^2 . Значення χ^2 при роботі різних груп комбайнів залежить від параметра – J , який має назву - число ступенів волі. Число ступенів волі при цьому рівнялося:

$$J = j - q - 1, \quad (5)$$

де j - число порівнюваних частот (інтервалів), од.; q - число параметрів теоретичної функції розподілу, од..

Знаючи сумарну величину χ^2 і число ступенів волі по таблицях значення функції хі-квадрат визначали найближче значення критерію Пірсона $P(\chi^2)$. Якщо $P(\chi^2) > 0,05$, то можна вважати, що прийнятий теоретичний розподіл не суперечить отриманим експериментальним даним. Обробка результатів експериментальних і статистичних даних виконувалися за викладеною методикою на ЕОМ за допомогою стандартних програм математичного забезпечення обчислювальних машин. Отримані в результаті статистичної обробки дані й залежності використовувалися для реалізації математичної моделі. На основі отриманих даних побудовані гістограми цих розподілів. Основні параметри отриманих експериментальних кривих наведені в таблиці 1. По виду експериментальних кривих і статистичних параметрів розподілів показників надійності видно, що дані випадкові величини розподіляються за експонентним законом, правильність цього припущення перевірялося за критерієм згоди Пірсона $P(\chi^2)$. З аналізу даних таблиці 1 і експериментальних кривих видно, що середнє значення наробітку на відмову з технологічних і технічних причин склало 4,04 год., тобто, приблизно, дві відмови за зміну, а з технічних причин із заміною ЗЧ – 10,44 год. – одна відмова за зміну. Середній час відновлення працездатного стану розподілився так: – 0,23 і 3,2 год. на відмову, відповідно, з яких 2,0 год. доводиться на очікування доставки ЗЧ. Результати досліджень показали, що розподіл відмов із потребою ЗЧ, по групах складності від загальної кількості відмов, становить для відмов: I групи складності –85%, II група складності–13% і III групи складності – 2%. Також був отриманий наробіток на відмову із потребою ЗЧ по відмовах різних груп складності (таблиця 2).

Дані таблиці вказують, що за робочий день відбувається, приблизно, одна відмова першої групи складності, за 6 – 7 робочих змін – одна відмова другої групи складності й за 2 – 3 сезони роботи – одна відмова третьої групи складності. Сумарна тривалість відновлення працездатності всіх відмов – 4032 годин, з яких 2550 годин або 63% доводиться на очікування запасних частин і ремонту, що й визначило низький коефіцієнт готовності ЗК- 0,77.

Таблиця 1. Основні параметри розподілів показників надійності зернозбиральних комбайнів Дон-1500 Б

Рівні резервування	Статистичні параметри розподілів						
	Число подій, од. N	Середня арифметична, \bar{X}	Середнє квадратичне відхилення, σ	Дисперсія, σ^2	Коефіцієнт варіації, V	Асиметрія, a_3	Ексцес, a_4
Наробіток на відмову з технологічних і технічних причин з потребою запасної частини, год.	104	4,04	3,90	15,21	0,97	1,20	4,35
Наробіток на відмову з технічних причин із потребою запасної частини, год.	72	10,44	9,05	81,90	0,87	0,99	3,09
Час відновлення працездатного стану після відмови з технологічних причин, год.	111	0,23	0,146	0,021	0,64	0,97	3,20
Час відновлення працездатного стану після відмови з технічних причин із заміною запасної частини, год.	70	3,2	2,7	7,29	0,84	1,24	3,89

Таблиця 2. Показники надійності зернозбиральних комбайнів

№ п/п	Показники	Значення
1	Кількість працюючих комбайнів, од.	58
2	Кількість відмов із затребуванням запасної частини, відмови: всього	1260
3	на один комбайн	22
	У тому числі по групах складності:	
4	першої - I	1070
5	другої - II	165
6	третьої -III	25
7	Напрацювання на відмову із затребуванням запасної частини, годин	10,4
	У тому числі по групах складності:	
8	першої - I	12,3
9	другої - II	79,7
10	третьої -III	526,3
11	Середній час відновлення однієї відмова, години	3,2
12	Сумарна тривалість усунення відмов, години	4032
13	Число найменувань запасних частин, що потребують заміни, од.	155

Висновки. По даним теоретичних і експериментальних досліджень встановлене наступне: 1)Гіпотеза про експонентний розподіл часу безвідмовної роботи й часу відновлення працездатного стану комбайнів не суперечить експериментальним даним. 2)Встановлено, що для зернозбиральних комбайнів «Дон-1500Б» в умовах регіону напрацювання на відмову із затребуванням запасної частини складає – 10,4 год, а середній час відновлення працездатного стану – 3,2 год., з яких 2,0 год. доводиться на очікування доставки запасних частин. Сумарна тривалість усунення відмов 4032 години, а число найменувань запасних частин, що потребують заміни - 155 одиниць. При цьому відмови з технічних причин, усунення яких пов'язане із заміною вузла або деталі, становлять 68% від загального їхнього числа. 3)При реалізації розробленої системи удосконалення технічного сервісу зернозбиральних комбайнів їх продуктивність збільшується на 15-20 %, додатковий збір зерна з 1 га складає 5-10% від врожайності, а приведені витрати на збирання врожаю зменшуються на 10-15%.

ЛІТЕРАТУРА

- 1.Машини для збирання зернових та технічних культур/ За ред.. В.І. Кравчука, Ю.Ф. Мельника. - Дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілова. – 2009. – 296 с.
- 2.Множина основних подій та особливості їх планування у проектах збирання ранніх зернових культур/ Сидорчук О.В., Днесь В.І., Скібчик та ін.. *Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук зб. Глевах, 2011.Вип.95. С.375-374.*
- 3.Аналіз методів дослідження та моделей подій у проектах на різних етапах планування збирання ранніх зернових/Сидорчук О.В., Днесь В.І., Скібчик В.І. та ін.

Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво: наук. журнал. Луцьк: ЛНТУ, 2011. №7.- С. 141-144.

4. Домуші Д.П., Пожар О.Я., Остапенко А.В. Модель оптимізації термінів збирання зернових культур технологічними комплексами // *Аграрний вісник Причорномор'я: Зб. наук. пр. Одеського ДАУ/ Технічні науки. – Одеса: ОДАУ, 2017- №85 . – С.112-116.*

5. Думенко К.Н. Анализ перспектив развития высоконадежной зерноуборочной техники в Украине / К.Н. Думенко // Энергосберегающие технологии и технические средства для их обеспечения в сельскохозяйственном производстве: Междунар. науч. –практ. конф. молодых ученых, 25–26 авг. 2010 г.: материалы. – Минск:2010.-С.69–76.

6. Планування потреби у технічному забезпеченні проектів збирання зернових, олійних та бобових культур/[Сидорчук О.В., Скібчик В.І.]. Східно-європейській журнал передових технологій. 2013. №1/10(61). С.76–79.

РИНЦ:<https://elibralli.ru/item.asp?id=19067373>. WorldCad:

https://www.worldcad.org/oclc/839142491&referer=brief_results.

7. Домуші Д.П., Пожар О.Я., Остапенко А.В. Дослідження роботоздатності техніки збирально-транспортних комплексів та обґрунтування їх складу // *Аграрний вісник Причорномор'я: Зб. наук. пр. Одеського ДАУ/ Технічні науки. – Одеса: ОДАУ, 2017- №85 . – С.47–51.*

8. Домуші Д. А., Енакиев Ю.И., Михов М.М. Эксплуатационное обеспечение надежности комбайнов при уборке зерновых . // *IV Scientific Congress Agricultural Machinery, Varna, Bulgaria, 22–25.06.2016, ISSN: 1310-3946/ Научни известия: Scientific technical union of mechanical engineering, year XXIV, issue 17(203), June 2016. – P.87–91.*

9. Думенко К.М. Дослідження надійності зернозбиральних комбайнів/ К.М. Думенко// *Сільськогосподарські машини.- Луцьк: ЛНТУ, 2010. – Вип.20. – С. 68–78.*

10. Скібчик В.І., Днесь В.І. Визначення обсягів втрат вирощеного вражаю зернових культур за різних параметрів технічного оснащення їх збирання та післязбиральної обробки зерна. Технології АПК ХХІ століття: проблеми і перспективи розвитку: Зб. матер. междунар. науч. –практ. конф. (13-14 квітня м. Ніжин).- Ніжин, 2017.- С.157–159.

11. Думенко К.М. Вплив ефективності сфери технічного обслуговування на встановлення функцій готовності та відновлення зернозбиральної техніки/ К.М. Думенко, А.І. Бойко // *Техніка і технології АПК. – Вип.1(16). – 2011. – С. 11–14.*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Домуші Д.А., Липин А.П., Захаренко В.О.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, технологический комплекс, зерновые культуры, исследования, вероятностное состояние, работоспособность, запасные части, отказ, восстановление работоспособности, уровень резервирования.

Резюме

Рабочая гипотеза исследования состояла в том, что разработка и применение системы технического сервиса для повышения надежности зерноуборочных комбайнов технологических комплексов обеспечивает уменьшение

непроизводительных простоев машин по техническим, технологическим и организационным причинам, повышение сменной производительности уборочной техники и снижение затрат на эксплуатацию технических средств. Поэтому совершенствования технического сервиса комбайнов технологических комплексов с учетом зональных условий и оценка эффективности их работы является актуальной научной и практической задачей. Целью экспериментальных и теоретических исследований было определение количества отказов комбайнов по агрегатам и узлам с заменой деталей (запасных частей), которые отказали для обоснования необходимой их номенклатуры и количества, что обеспечит работу зерноуборочных комбайнов на агротехнический обоснованный срок уборки. Для определения показателей надежности комбайнов проводились хронометражные наблюдения. В результате статистической обработки данных этих наблюдений рассчитывались и строились распределения наработки на отказ и времени восстановления работоспособного состояния комбайнов по технологическим и техническим причинам с заменой запасной части. Разработанные рекомендации по резервированию запасных частей на разных уровнях хранения позволят уменьшить затраты на их хранение и сократить среднее время восстановления работоспособности комбайнов.

RESEARCH OF OPERATION CAPACITY OF GRAIN-TRAIN COMBINES AND IMPROVEMENT OF THEIR TECHNICAL SERVICE

Domushchi D.A., Lipin A.P., Zakharenko V.O.

Keywords: combine harvester, technological complex, grain crops, research, probabilistic state, working capacity, spare parts, failure, restoration of working capacity, level of redundancy.

Summary

The working hypothesis of the study was that the development and application of a technical service system to increase the reliability of combine harvesters of technological complexes ensures a reduction in unproductive machine downtime for technical, technological and organizational reasons, an increase in the replacement performance of cleaning equipment and a reduction in the cost of operating technical equipment. Therefore, the improvement of the technical service of combine technological complexes, taking into account the zonal conditions and the assessment of the effectiveness of their work, is an urgent scientific and practical task. The purpose of experimental and theoretical studies was to determine the number of failures of combines for units and assemblies with the replacement of parts (spare parts) that failed to substantiate their required range and number, which will ensure the work of combine harvesters for agro technically justified harvest time. To determine the reliability indicators of the harvesters, time-keeping observations were made. As a result of statistical processing of these observations, we calculated and built up the distribution of time between failures and the time to restore the operational status of the harvesters for technological and technical reasons with the replacement of the spare part. The developed recommendations for spare parts redundancy at different storage levels will reduce the cost of storing them and shorten the average recovery time for combines.