

ТЕХНІКА В СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОМУ ВИРОБНИЦТВІ

УДК 621.867.52

В.І. Дирда, проф., д-р техн. наук, О.А.Черній, ст. викл., О.А. Жидик, магістр
Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет, м. Дніпро, Україна
E-mail: alex11m@ukr.net

Дослідження експлуатаційної надійності тракторів JOHN DEERE серії 8320R в умовах України

Тенденції розвитку сучасного сільського господарства передбачають використання новітньої енергонасиченої техніки. Цим вимогам відповідають зразки техніки, які виготовляються відомими світовими машинобудівними заводами. Велику частину ринку сільськогосподарської техніки України займає фірма John Deere. Але завдяки факторам властивим території України відмічається поява потоку відмов, що суттєво знижує показники експлуатаційної надійності цих машин.

Виходячи з цього, був виконаний збір та аналіз емпіричних даних відмов та наробітку на відмову тракторів John Deere серії 8320R в умовах півдня України. Під час аналізу було виявлено, що в початковий період експлуатації машин, їх несправний стан викликаний відмовами другої групи складності. Серед відмов другої групи складності була виділена несправність, що пов'язана з втратою герметичності сальників бортових редукторів переднього ведучого мосту, яка і лімітує середній наробіток на відмову трактора. Проведений статистичний аналіз виникнення даної відмови. Встановлено, що закон розподілу ймовірності виникнення відказу підпорядкований закону Вейбулла-Гнеденка. В результаті цього розрахований довірчий інтервал в якому міститься дійсне значення наробітку на відмову досліджуваних ущільнень. Ці дані дали змогу створити рекомендації по підвищенню експлуатаційної надійності тракторів John Deere серії 8320R.

експлуатаційна надійність, наробіток на відмову, статистичний аналіз відмов, бортові редуктори, сальники

В. И. Дырда, проф., д-р техн. наук, А. А. Черный, ст. препод., А. А. Жидик, магистр
Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г. Днепр, Украина
Исследование эксплуатационной надёжности тракторов JOHN DEERE серии 8320R в условиях Украины

Тенденции развития современного сельского хозяйства предполагают использование новейшей энергонасыщенной техники. Этим требованиям отвечают образцы техники, которые изготавливаются известными мировыми машиностроительными заводами. Большую часть рынка сельскохозяйственной техники Украины занимает фирма John Deere. Но благодаря факторам присущим территории Украины отмечается появление потока отказов, что существенно снижает показатели эксплуатационной надежности этих машин.

Исходя из этого, был выполнен сбор и анализ эмпирических данных отказов и наработки на отказ тракторов John Deere серии 8320R в условиях юга Украины. Во время анализа было выявлено, что в начальный период эксплуатации машин, их неисправное состояние вызвано отказами второй группы сложности. Среди отказов второй группы сложности была выделена неисправность, связанная с потерей герметичности сальников бортовых редукторов переднего ведущего моста, которая и лимитирует среднюю наработку на отказ трактора. Проведен статистический анализ возникновения данного отказа. Установлено, что закон распределения вероятности возникновения отказа подчиняется закону Вейбулла-Гнеденко. В результате этого расчета рассчитан доверительный интервал в котором содержится истинное значение наработки на отказ исследуемых уплотнений. Эти данные позволили дать рекомендации по повышению эксплуатационной надежности тракторов John Deere серии 8320R.

эксплуатационная надёжность, наработка на отказ, статистический анализ отказов, бортовые редукторы, сальники

Постановка проблеми. Велику частку українського ринку енергонасичених тракторів займають трактори John Deere, особливо серії 8R [1], які застосовуються господарствами України для виконання операцій при різних технологіях вирощування сільськогосподарських культур. Але завдяки факторам, які властиві умовам України, відмічається поява потоку відмов, що суттєво впливають на експлуатаційну надійність тракторів John Deere. Тому, актуальність проведення досліджень на надійність даного типу тракторів являється досить високою.

Аналіз останніх досліджень. У зв'язку зі збільшенням об'єму закордонних тракторів, особливо марки John Deere, в господарствах України є актуальна необхідність оцінки їх надійності, так як виробники не дають споживачам кількісних характеристик надійності пропонуємих машин. Дана проблема має своє відображення в статтях [2,3]. Але дані дослідження не дають жодних показників надійності та рекомендацій по їх підвищенню для техніки марки John Deere в умовах України.

Постановка завдання. Метою даної роботи є оцінка надійності тракторів John Deere в початковий період експлуатації в умовах України та розробка рекомендацій щодо її підвищення.

Виклад основного матеріалу. За об'єкт дослідження був прийнятий трактор John Deere 8320R.

Приймаємо план випробувань на надійність [NMT]. Для даного плану вихідними даними являються:

- число об'єктів спостережень N , шт;
- тривалість спостережень T , мото-год.

Для визначення мінімального обсягу спостережень задаємося початковими даними, що вказують на точність отриманих результатів:

- довірчу ймовірність приймаємо $\gamma = 0,9$;
- граничну відносну похибку - $\delta = 0,15$.

Розподіл відказів за апріорними даними відповідатиме закону Вейбулла-Гнеденка [4, с.34].

Користуючись довідковими таблицями, визначаємо мінімальну кількість об'єктів, які необхідно поставити на випробування $N_{min} = 32$ [4, с.35]. Приймаємо $N = 40$.

Згідно формули визначимо довготривалість спостереження [4, с.40]

$$T = \frac{X \cdot \bar{T}}{N} = \frac{114 \cdot 588,2}{40} = 1676 \text{ мото-год.}, \quad (1)$$

де T – довготривалість спостереження, мото-год.;

N – кількість об'єктів спостережень, шт.;

\bar{T} – емпіричне середнє напрацювання на відказ тракторів. Становить за спостереженнями 588,2 мото-год.;

X – припускаєма величина, відношення довготривалості спостереження T до оцінюємого показника надійності.

Величину X визначено в припущенні, що розподіл відказів підпорядковується закону Вейбулла-Гнеденка. При $\gamma = 0,9$ та $\delta = 15$ приймаємо значення $X = 114$ [4, с.40].

Дані по виникненню відказів досліджуваних тракторів взято з звітної нормативно-технічної документації офіційного дилера техніки John Deere в південному регіоні України ТОВ «Агротек».

Після групування отриманих статистичних даних за інтервалами напрацювання та складністю відказу отримаємо графік (рис. 2).

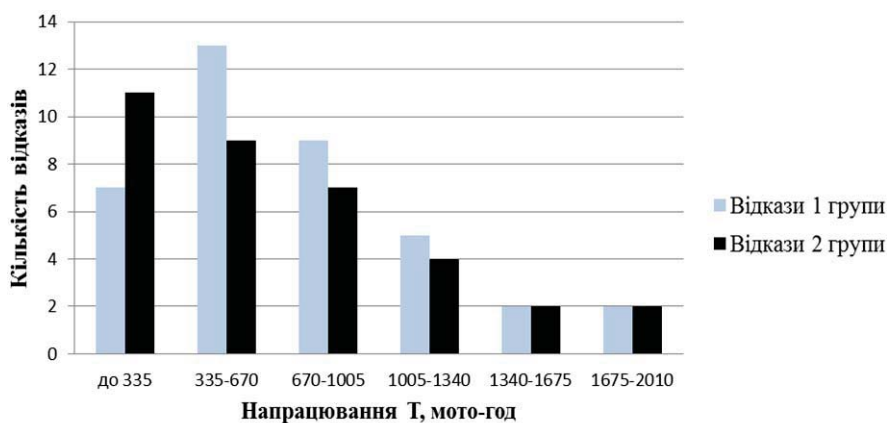


Рисунок 2 – Кількість відказів тракторів John Deere 8320R по групам складності за напрацюванням

З гістограми видно, що в початковий період експлуатації машини (до 1000 мото-год.), основними відмовами, які впливають на стан машини являються відмови другої групи складності. До другої групи складності належать відмови, що усуваються заміною або ремонтом легкодоступних складальних одиниць та агрегатів (або їх деталей), а також відмови для усунення яких необхідне розкриття внутрішніх порожнин основних агрегатів без їх розбирання або позачергового проведення операцій ТО.

Для збільшення надійності машини в початковий період експлуатації необхідно виявити лімітуючу несправність, для знаходження шляхів щодо її усунення.

Згрупувавши відмови другої групи складності, отримаємо діаграму (рис. 3).

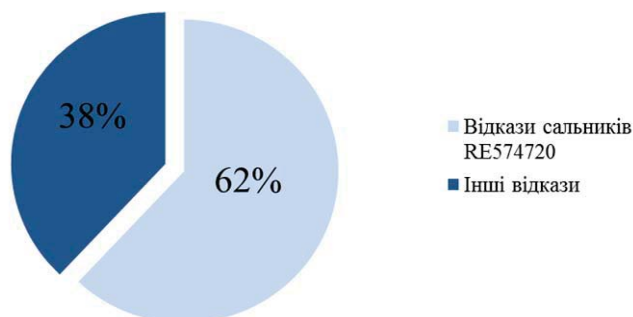
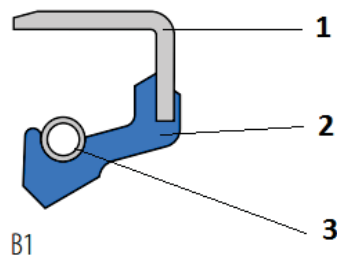


Рисунок 3 – Відсоткове співвідношення між відказами другої групи складності

Діаграма (рис. 3) підтверджує, що відмовою яка обмежує надійність машини є відмова сальників RE574720 передніх бортових передач.

Сальник RE574720 типу В1 має стандартну будову характерну для радіальних ущільнень (рис.4), він складається з металевого каркасу, кільцевої спіральної пружини та гумового ущільнення. Металевий каркас додає жорсткість ущільненню, а пружина забезпечує контакт кромки манжети з валом з питомим тиском $P_k = 0,02-0,04$ МПа [6].

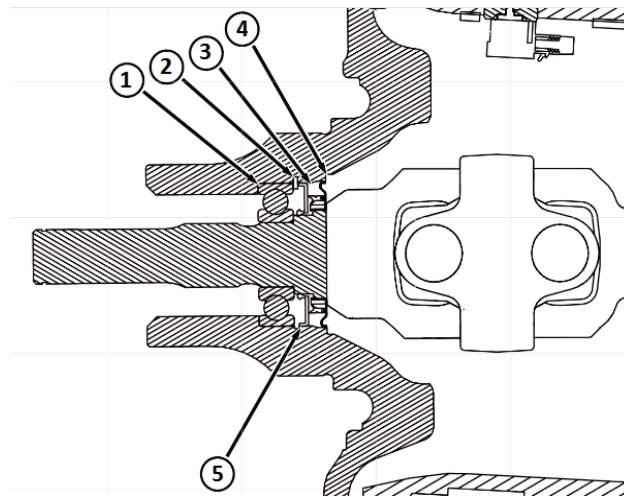


1 – металевий каркас; 2 – ущільнюючий елемент; 3 – силовий елемент (пружина)

Рисунок 4 – Вид досліджуваного сальника RE574720

Сальники типу В1 застосовуються для ущільнення валів, що працюють в мінеральних оливах, мастилах на її основі, воді, дизельному паливі, при коловій швидкості до 20 м/с, при надмірному тиску до 0,05 МПа, який може виникати під час роботи в бортових редукторах, внаслідок нагрівання мастила та при можливому радіальному битті вала [7].

Монтажне місце встановлення сальника RE574720 наведено на рис. 5.



1 - кульковий підшипник; 2 – стопорне кільце; 3 – пильник; 4 – масловідбивач;
5 - сальник RE574720

Рисунок 5– Місце встановлення сальника RE574720 передньої бортової передачі трактора John Deere8320R

Для дослідження надійності сальників приймаємо план [NUN] з вихідними даними:

- довірча ймовірність - 0,8;
- гранична похибка - 0,15;
- закон розподілу Вейбулла-Гнеденка.

Кількість об'єктів за довідковими таблицями становитиме $N_{min} = 15$ шт. [4,с.33].

Отже, дослідження проводимо за планом [NUN] з загальною кількістю об'єктів 19 шт. (при мінімальній кількості 15 шт.). Режими випробувань за місцем проведення будуть являтися експлуатаційними.

Складемо інтервальный статистичний ряд емпіричного розподілу напрацювання сальників RE574720 передніх бортових передач до відказу.

Таблиця 1 – Інтервальний статистичний ряд напрацювання сальників RE574720 передніх бортових передач до відказу

Межі інтервалів	Середини інтервалів T_{ci}	Частоти m_i	Частоти m_i/N	Накопичені частоти $\Sigma m_i/N[Fe(t)]$
до 234	117	5	0,2632	0,2632
234-468	351	8	0,4211	0,6842
468-702	585	2	0,1053	0,7895
702-936	819	2	0,1053	0,8947
936-1170	1053	1	0,0526	0,9474
1170-1404	1287	1	0,0526	1,0000

По інтервальному ряду побудовано полігон та гістограму частот розподілу напрацювання сальників RE574720 передніх бортових передач до відказу.

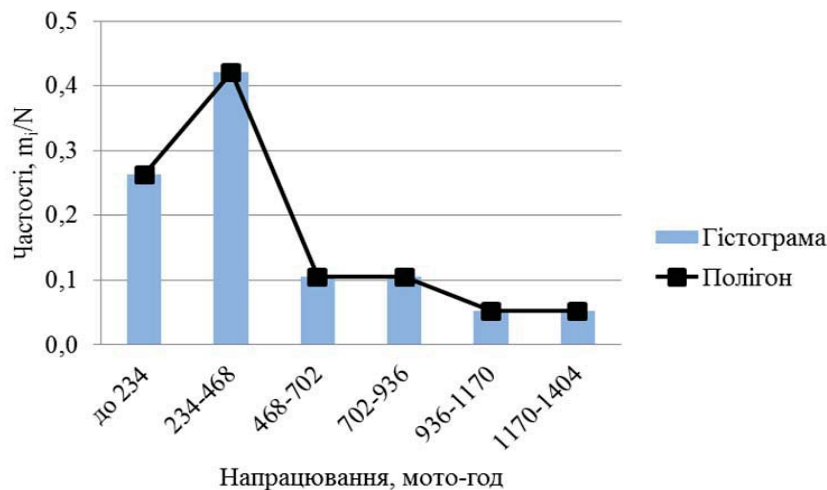


Рисунок 6 – Гістограма та полігон частот розподілу напрацювання сальників RE574720 передніх бортових передач до відказу

Масив дослідних даних характеризується наступними показниками:

- середнє напрацювання на відказ $t = 449,5$ мото-год.;
- середнє квадратичне відхилення $\sigma = 287,6$ мото-год.;
- коефіцієнт варіації $v=0,64$.

Приймаємо гіпотезу, що виникнення відказів сальників підпорядковано закону Вейбулла-Гнеденка, так як $v=0,64 > 0,33$ [4, с.32].

Параметри закону наступні: параметр форми $b=1,6$, параметр розмірності $a=501$ мото-год.

Теоретична функція розподілу $F(t)$ по закону Вейбулла-Гнеденко має вид:

$$F(t) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{T_{Bi}}{a} \right)^b \right], \quad (2)$$

де a – параметр розмірності теоретичного розподілу, мото-год.;

b – параметр форми теоретичного розподілу;

T_{ei} – поточне значення напрацювання, мото-год.

Інтегральні функції напрацювання сальників RE574720 передніх бортових передач до відказу за емпіричними та теоретичними даними представлено на рис. 6.

Перевірка відповідності між теоретичним законом та емпіричним розподілом напрацювання сальників RE574720 передніх бортових передач до відказу виконувалася за критерієм згоди λ О.М. Колмогорова. Так як $P(\lambda)$ більше прийнятого рівня значущості $\beta = 0,1$, то прийнята гіпотеза про можливість узгодження закону Вейбулла-Гнеденко з емпіричним розподілом напрацювання не відкидається [5, с.70].

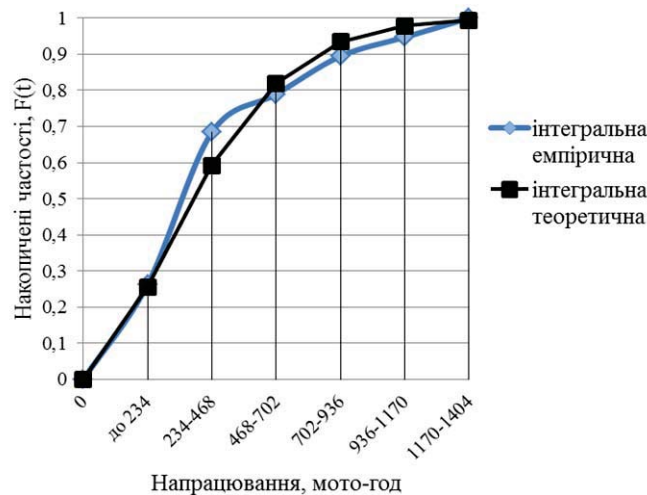


Рисунок 7 - Інтегральні функції напрацювання сальників RE574720 передніх бортових передач до відказу

Визначено границі довірчого інтервалу розсіювання середнього значення напрацювання до відказу (\bar{T}) для розподілу Вейбулла-Гнеденка за залежностями:

$$\begin{aligned} T_H &= \hat{T} \sqrt[b]{r_2}; \\ T_B &= \hat{T} \sqrt[b]{r_1}, \end{aligned} \quad (3)$$

де r_1 та r_2 – коефіцієнти Вейбулла, які визначаються в залежності від α та N [5, с.71].

$$T_H = 449,5 \sqrt[1,6]{0,77} = 381,75 \text{ мото - год.};$$

$$T_B = 449,5 \sqrt[1,6]{1,37} = 547,2 \text{ мото - год.}$$

Таким чином, з ймовірністю 0,8 можна стверджувати, що значення середнього напрацювання сальників RE574720 передніх бортових передач трактора John Deere 8320R до відказу буде знаходитись в інтервалі від 381,75 мото-год. до 547,2 мото-год.

Висновки. При порівнянні отриманих результатів з рекомендованою компанією John Deere періодичністю проведення планових ТО, можна зробити висновок, що висока ймовірність відказу сальників знаходиться в проміжку між ТО 350 мото-год та

ТО 600 мото-год. [8]. Виходячи з цього, для запобігання появи відказу та втраті роботоздатності машини в період експлуатації, необхідно включити операцію заміни сальників RE574720 передніх бортових передач в операцію проведення ТО 350 мото-год. Включення даної операції до ТО 350 мото-год дозволить збільшити коефіцієнт готовності машини, знизити час простою техніки та витрати на виконання ремонту при відмові сальника.

Список літератури

1. Метьолкін, В. Ринок енергонасичених тракторів потужністю 260-410 л.с. [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.apk-inform.com/ru/exclusive/topic/1063723#.WQxbtH_rIU – Загол. з екрана. – Перевірено : 10.05.2017.
2. Сагиндик, Т.Ж. Аналіз відказів тракторів Джон Дір в умовах експлуатації [Текст] / Т.Ж. Сагиндик, А.М.Тулебаєв // Вісник науки КазАТУ ім. С. Сейфуліна. – Астана, 2011. – №3(70). – С.75-79.
3. Лебедев, С. А. Оцінка надійності вітчизняних і закордонних тракторів в початковий період експлуатації [Текст] / С. А. Лебедев, Т. А. Балабай // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2015. – Вип. 163. – С. 45-50.
4. Армашов, Ю.В. Випробування сільськогосподарської техніки на надійність: навчальний посібник [Текст] / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат. – Дніпропетровськ: Дніпропетровський державний аграрний університет, 2002. – 219 с.
5. Армашов, Ю.В. Надійність сільськогосподарської техніки: навчальний посібник [Текст] / Ю.В. Армашов, П.К. Охмат. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2008. – 208 с.
6. Каталог ущільнень [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://sale.hydraulic.com.ua/uplotneniya-sortesco.html> – Загол. з екрана. – Перевірено : 10.05.2017.
7. Дирда, В.І. Деталі машин: підручник [Текст] / В.І. Дирда, Ю.М. Овчаренко, Ю.Г. Козуб, І.С. Рижков. – Луганськ-Дніпропетровськ: ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. – 308 с.
8. Періодичність проведення технічних обслуговувань трактора JohnDeere 8320R [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://serviceadvisor.deere.com/WebSA/manuals/-omtre573879/09001faa802a2b91> – Загол. з екрана. – Перевірено : 10.05.2017.

Vitaliy Dyrda, Prof., DSc., Olexandr Chernii, Senior lecturer, Olexandr Zhydyk, master

Dnipropetrovsk state agrarian and economic university, c. Dnipro, Ukraine

Research of operational reliability of john deere tractors series 8320r in the conditions of ukraine

John Deere brand takes a large part of Ukrainian agricultural machinery market. But due of factors inherent to Ukraine it has been observed a stream of refusals that decreases operation reliability indicators of machines.

Collection and analysis of empirical evidence of failures and usage of John Deere tractors in the conditions of south of Ukraine was carried out. Analysis allowed us to draw the following conclusion: the malfunctioned state of machines at the initial stage of their operational life is caused by the second level difficulties failures. Failure of seal of final drive was highlighted from the second level failures cause it takes 62 % of second level failures. Statistical analysis of this failure was carried out. The indicators of reliability of the tractors at the beginning period of usage change by Weibull - Gnedenko's law distribution. As the result confidence interval was calculated with upper endpoint – 547.2 hours and low endpoint – 381.7 hours. It includes actual value of time to failure of researched seals.

In order to prevent loss of operability due to the refusal final drive seals of front axle, it has been proposed to include replacement operation into 350 hours maintenance operating.

operating reliability, time to failure, statistical analysis of failures, final drives, seals

Одержано 18.05.17