

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЙ РАБОТОСПОСОБНОСТИ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

*Студенты – Юрчик С.В., 29 тс, 4 курс, ФТС;
Кирицня П.В., 29 тс, 4 курс, ФТС*

Научный

*руководитель – Круглый П.Е., к.т.н., доцент
УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

При решении проблемы обеспечения надежности кормоуборочных комбайнов большое значение имеют вопросы исследования потоков восстановлений работоспособности.

Показатели потоков восстановлений работоспособности кормоуборочных комбайнов (среднее время восстановления, параметр потока восстановлений) характеризуют одно из ключевых свойств надежности – ремонтпригодность [1-4].

Ремонтпригодность – это приспособленность технической системы к предупреждению, обнаружению и устранению отказов и неисправностей путем проведения технического обслуживания и ремонтов.

От приспособленности конструкции машины к работам, предусмотренным системой технического обслуживания и ремонта, зависит ущерб, возникающий из-за пребывания машины в неработоспособном состоянии в связи с проведением этих работ. Ремонтпригодность кормоуборочных комбайнов – важнейшее эксплуатационно-техническое свойство.

На основе экспериментальных данных выполнен статистический анализ ремонтпригодности кормоуборочных комбайнов, т.е. установлен характер распределения времени восстановления их работоспособности.

Обработка информации о потоках восстановлений работоспособности проводилась по следующей методике.

На оснований статистической совокупности времени восстановления строятся статистические вариационные ряды.

Установленные значения продолжительности времени восстановления комбайнов находились в пределах 0,07...8,00 ч.

При построении ряда потока времени восстановления работоспособности число интервалов определяется по формуле [5, 6, 7]

$$k_{\max} \approx 1 + 3,3 \ln W, \quad (1)$$

где W – общее число отказов, зарегистрированных при экспериментальных исследованиях.

Количество интервалов, полученных из зависимости (1), может быть уменьшено до 7 или увеличено до 17.

Продолжительность интервала определяется из соотношения

$$\Delta t = \frac{t_{\max} - t_{\min}}{k_{\max}}, \quad (2)$$

где t_{\max} , t_{\min} – максимальное и минимальное значения времени восстановления из полученной статистической совокупности.

Исходя из вида гистограмм и теоретического анализа выдвигается гипотеза о приемлемости для описания времени восстановления работоспособности кормоуборочных комбайнов экспоненциального закона.

Указанный закон является однопараметрическим, зависящим от параметра μ . Параметр μ для эмпирического распределения в нашем случае есть не что иное, как величина обратная среднему времени восстановления t_{cp} .

По статистическим данным значение t_{cp} определяется из зависимости

$$t_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^{k_{\max}} t_i W_i}{\sum_{i=1}^{k_{\max}} W_i}, \quad (3)$$

где t_i – середина i -го интервала вариационного статистического ряда;

W_i – количество отказов зафиксированных в i -ом интервале.

Среднее время восстановления работоспособности кормоуборочных комбайнов рассчитанное по формуле (3) составило: для всех групп сложности 1,35 ч, для первой группы сложности 0,24 ч и для второй и третьей групп сложности 2,26 ч.

$$U = \sum_{k=0}^{k_{\max}} \xi_k (\omega_k - P_k)^2. \quad (5)$$

Если принять

$$\xi_k = \frac{T}{P_k}, \quad (6)$$

то закон распределения случайной величины U не зависит от закона распределения величины X , а зависит от числа интервалов k_{\max} и приближается к распределению хи-квадрат с плотностью

$$f(\chi^2; l) = \frac{1}{2^{l/2} \Gamma(\frac{l}{2})} (\chi^2)^{\frac{l}{2}-1} e^{-\frac{\chi^2}{2}}; \quad 0 \leq \chi^2 \leq \infty, \quad (7)$$

где $\Gamma(\alpha) = \int_0^{\infty} t^{\alpha-1} e^{-t} dt$ – гамма-функция.

Таким образом, при вышеуказанном способе выбора коэффициентов ξ_k , мера расхождения (обычно обозначаемая χ^2) примет вид

$$\chi^2 = T \sum_{k=0}^{k_{\max}} \frac{(\omega_k - P_k)^2}{P_k}. \quad (8)$$

Тогда, вводя T (для уборочно-транспортного комплекса T – период уборки в сутках) под знак суммы и учитывая, что $\omega_k = T_k/T$, имеем

$$\chi^2 = \sum_{k=0}^{k_{\max}} \frac{(T_k - TP_k)^2}{TP_k}, \quad (9)$$

где T_k – статистическая частота поступления требований на обслуживание машин (число суток, в которое поступило k требований);

TP_k – теоретическая частота поступления требований на обслуживание.

Распределение хи-квадрат зависит от параметра l , названного числом степеней свободы и определяемого по формуле

$$l = k_{\max} - q - 1, \quad (10)$$

где $q+1$ – число связей наложенных на частоты ω_k (q – количество параметров проверяемого теоретического закона, определенных с помощью экспериментальных данных).

Таким образом, согласованность статистического распределения с теоретическим проверялась по критерию Пирсона, аналогично, как и при установлении согласованности потоков отказов [4], с той лишь разницей, что теоретическая вероятность i -го интервала определялась по формуле

$$P_j = \frac{\Delta t}{t_{cp}} e^{-t_i/t_{cp}}, \quad (11)$$

Вероятности согласия p изменяются в пределах 0,10...0,80, что выше нижнего доверительного уровня, принятого равным 0,05.

Отсюда следует, что выдвинутая гипотеза о распределении времени восстановления работоспособности кормоуборочных комбайнов по экспоненциальному закону не противоречит полученному экспериментальному материалу.

Построение 90% доверительных границ для функции распределения времени восстановления также подтвердило сделанный выше вывод. При построении доверительных границ доверительный интервал для t_{cp} определялся зависимостями:

$$t_{cp}^{\alpha} = t_{cp} \times r_1; \quad t_{cp}^{\beta} = t_{cp} \times r_3, \quad (12)$$

где r_1 и r_3 – коэффициенты, определяемые по таблицам [7].

Показатели потоков восстановлений комбайнов кормоуборочного комплекса приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Показатели потоков восстановлений работоспособности комбайнов кормоуборочного комплекса

Группа сложности отказов	Среднее время восстановления, ч	Параметр потока восстановлений, 1/ч
Первая-третья	1,35	0,741
Первая	0,24	4,219
Вторая, третья	2,26	0,443

Как видно из таблицы 1, параметр потока восстановлений комбайнов кормоуборочного комплекса составил: для отказов всех групп сложности 0,741 1/ч; для отказов первой группы сложности 4,219 1/ч; для отказов второй и третьей групп сложности 0,443 1/ч.

Результаты обработки статистической информации и проведенный анализ дает возможным считать приемлемым для описания распределения времени восстановления работоспособности кормоуборочных комбайнов экспоненциальный закон. Определены пока-

Выравнивание экспериментальных кривых проводилось по экспоненциальному закону

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t}, \quad (4)$$

где μ – параметр закона (в данном случае $\mu = 1/tcp$).

Статистическую проверку адекватности эмпирического распределения теоретическому чаще проводят с помощью критериев К. Пирсона (кси-квадрат) и А.Н. Колмогорова.

Принцип использования критериев согласия состоит в следующем. На основании экспериментальных данных необходимо проверить статистическую гипотезу H_0 , заключающуюся в том, что случайная величина X подчиняется выбранному теоретическому закону распределения.

С целью принятия или опровержения гипотезы H_0 рассматривают величину U , которая характеризует степень расхождения статистического и эмпирического распределений. Эта величина может быть определена различными способами. Выбранная тем или иным способом величина U есть величина случайная, закон распределения которой зависит от распределения величины X .

В случае если гипотеза H_0 верна, то закон распределения величины X определяется законом распределения величины U и числом опытов. Допустим, что выбранная мера расхождения U приняла некоторое значение u . В предположении, что гипотеза H_0 верна, определим вероятность события $U \geq u$, то есть вероятность того, что за счет случайных причин, обусловленных ограниченным объемом экспериментального материала мера расхождения U будет не меньше опытного значения u .

Если эта вероятность мала, то статистическая гипотеза H_0 отвергается. В противном случае нужно признать, что опытные данные не противоречат принятой гипотезе H_0 .

Таким образом, возникает вопрос о способе выбора меры расхождения U . При некоторых способах выбора закон ее распределения не зависит от закона распределения случайной величины X . Например, при определении степени согласованности теоретического и экспериментального распределений по критерию Пирсона за меру расхождения принимается сумма квадратов отклонений взятых с некоторыми коэффициентами ζ_k теоретических вероятностей P_k от соответствующих частостей ok

затели потоков восстановлений работоспособности кормоуборочных комбайнов. Установлен параметр потоков восстановлений, который составил: для кормоуборочных комбайнов 0,741 1/ч. Полученные показатели потоков восстановлений работоспособности кормоуборочных комбайнов могут быть использованы для обоснования производительности ремонтной службы и обеспеченности ремонтным персоналом.

1. Тарасенко В.Е., Миклуш В.П., Жешко А.А. Надежность технических систем. – Минск: БГАТУ, 2015. – 204 с.
2. Анискович Г.И., Круглый П.Е., Кашко В.М. Надежность и ремонт сельскохозяйственной техники. – Минск: БГАТУ, 2010. – 44 с.
3. Ивашко В.С., Кураш В.В., Круглый П.Е. Надежность технических систем. – Минск: БГАТУ, 2003. – 154 с.
4. Ивашко В.С., Круглый П.Е., Кашко В.М. и др. Исследование и анализ потоков требований на обслуживание технических систем. – Изобретатель № 9 (213), 2017. – с. 33–37.
5. Юдин М.И. Техника применения математического аппарата теории вероятностей в надежности машин / М.И. Юдин, И.В. Карасев, Р.А. Титов и др. – Краснодар : Кубанский ГАУ, 2006. – 255 с.
6. Венгцель Е.С., Овчаров Л.А. Задачи и упражнения по теории вероятностей. – М.: Высш. шк., 2002. – 448 с.
7. Кобзарь А.И. Прикладная математика. Для инженеров и научных работников. – М.: Физматлит, 2006. – 816 с.

УДК 631.173:658.5(075.8)

РЕСУРСОБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

*Студент – Комарницкий И.В., 15 рпт, 4 курс, ФТС
Научные*

*руководители – Мирутко В.В., к.т.н., доцент;
Семин Е.В., ассистент*

*УО «Белорусский государственный аграрный технический
университет», г. Минск, Республика Беларусь*

При технической эксплуатации машинно-тракторного парка (МТП) в современных условиях повышенное внимание уделяется вопросам ресурсосбережения, особенно в связи с принятой в последние два десятилетия широкой нормативно правовой базой,