

При проведении капитального ремонта (реконструкции, модернизации) грузоподъемных кранов, спроектированных и изготовленных до введения в действие ТР ТС 010/2011, их при боры и устройства безопасности должны быть приведены в соответствие с требованиями Правил [1].

Если при проведении капитального ремонта (реконструкции, модернизации) грузоподъемный кран не может быть приведен в соответствие с требованиями промышленной безопасности, то он в соответствии с требованиями Правил [1] должен быть выведен из эксплуатации и утилизирован.

При выборе стали для ремонта, модернизации и реконструкции сварных металлоконструкций грузоподъемных кранов следует руководствоваться ГОСТ 32578-2013 [4].

Правила выполнения капитального, полнокомплектного и капитально-восстановительного ремонта грузоподъемных кранов устанавливает ТКП 45-1.03-103-2009 (02250) [5]. Технический кодекс предназначен для предприятий и организаций, производящих ремонт кранов, и организаций, разрабатывающих документы по их ремонту.

#### Литература

1. Правила по обеспечению промышленной безопасности грузоподъемных кранов (утверждены постановлением Министерства по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь 22 декабря 2018 г. № 66.
2. Закон Республики Беларусь от 5 января 2016 г. №354-З «О промышленной безопасности».
3. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования».
4. ГОСТ 32578 – 2013 Краны грузоподъемные. Металлические конструкции. Требования к материалам.
- 6 ТКП 45-1.03-103-2009 (02250) Краны грузоподъемные. Капитальный, полнокомплектный и капитально-восстановительный ремонты. Правила выполнения.

УДК 62-192(07)

### **ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА**

**Круглый П.Е., к.т.н., доцент, Кашко В.М., Мисун А.Л., Драгун С.Н.**

**БГАТУ, г. Минск, Республика Беларусь**

В решении проблемы обеспечения надежности кормоуборочных комбайнов при организации их технического сервиса большое значение имеют вопросы исследования их ремонтпригодности и в частности изучения и анализ потоков восстановлений работоспособности [1-4].

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.

На оснований статистической совокупности времени восстановления построены статистические вариационные ряды. Установленные значения продолжительности времени восстановления комбайнов находились в пределах 0,07...8,00 ч [5,6,7].

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  $\mu$ . Параметр  $\mu$  для эмпирического распределения в нашем случае есть не что иное, как величина обратная среднему времени восстановления  $t_{\text{cp}}$ .

По статистическим данным значение  $t_{\text{cp}}$  определяется из зависимости

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

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.

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.

В нашем случае 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

$$P_j = \frac{\Delta t}{t_{\text{cp}}} e^{-t_i/t_{\text{cp}}}, \quad (4)$$

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  $t_{\text{cp}}$  определялся зависимостями:

$$t_{\text{cp}}^B = t_{\text{cp}} \times r_1; \quad t_{\text{cp}}^H = t_{\text{cp}} \times r_3, \quad (5)$$

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 показатели 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.

#### Литература

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. Вентцель 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 631.173.4

### **МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОТРЕБНОСТИ В ЗАПАСНЫХ ЧАСТЯХ, АГРЕГАТАХ И УЗЛАХ ОБМЕННОГО ФОНДА ПО УРОВНЯМ СИСТЕМЫ РЕЗЕРВИРОВАНИЯ**

**Основин В.Н.<sup>1</sup>, к.т.н., доцент, Мальцевич Н.В.<sup>2</sup>, к.т.н., доцент,**

**Клавсуть П.В.<sup>1</sup>, Драгун С.Н.<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>БГАТУ, <sup>2</sup>БГУ, г. Минск, Республика Беларусь

**Основная часть.** В настоящее время дилерская система технического сервиса является наиболее перспективной формой постоянного поддержания техники в работоспособном состоянии. Основой своевременного и качественного фирменного сервиса техники является бесперебойное обеспечение сервисных предприятий запасными частями [1-4]. Поэтому формирование дилерской системы технического сервиса определяет новые требования к методикам определения потребности в запасных частях.