

3. Габитов И.И., Грехов Л.В., Неговора А.В. Техническое обслуживание и диагностика топливной аппаратуры автотракторных двигателей. – М.: Легион-Автодата, 2008.

4. Мухля, О.О. Расширение функциональных возможностей стенда ДД-10-04 / О.О. Мухля, С.В. Горностай; науч. рук. В.Е. Тарасенко // Техсервис-2022: материалы научно-практической конференции студентов и магистрантов, Минск, 12–13 мая 2022 г. – Минск: БГАТУ, 2022. – С. 19–24.

5. Hartridge. Испытательный стенд AVM2-PC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://impexline.by/ii/file/%20AVM2-PC.pdf>. – Дата доступа: 03.10.2022.

6. Инструкция по эксплуатации. Испытательный стенд для ТНВД EPS 807/815 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.teh-avto.ru/userfiles/proditem/instrukciya-na-stend-dlya-remonta-tnvd-bosch-eps-815.pdf>. – Дата доступа: 03.10.2022.

7. НК1400 – Universal Bench EUI & EUP Cambox [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.hartridge.com/products/all-makes-eui-eup-testing-hk1400>. – Дата доступа: 03.10.2022.

УДК 62-192(07)

Круглый П.Е.¹, кандидат технических наук, доцент;
Кашко В.М.¹, старший преподаватель;
Мисун А.Л.¹, старший преподаватель;
Круглый П.С.², инженер

¹УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»,
г. Минск, Республика Беларусь

²РУП «НПЦ НАН Беларуси по механизации сельского хозяйства»,
г. Минск, Республика Беларусь

ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ ПОТОКОВ ТРЕБОВАНИЙ НА ОБСЛУЖИВАНИЕ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА

Аннотация. Приведена методика исследования потоков требований на обслуживание кормоуборочных комбайнов при их техническом сервисе, выполнен анализ потоков требований на обслуживание комбайнов.

В решении проблемы обеспечения надежности кормоуборочных комбайнов важное место занимают вопросы исследования потоков требований на обслуживание.

Ниже приводится методика исследований потоков требований на обслуживание кормоуборочных комбайнов при их техническом сервисе.

Известно, что если время между двумя последовательными отказами распределено экспоненциально, то они образуют пуассоновский (простейший) поток [1, 2, 3]

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (k = 0, 1, 2, \dots), \quad (1)$$

где λ – параметр потока.

Проведенные исследования дают возможность считать приемлемым для описания распределения требований на обслуживание и ремонт (устранение отказов) кормоуборочных комбайнов закон Пуассона.

В результате анализа способов определения надежности и в силу случайного характера появления отказов (требований на обслуживание) кормоуборочных комбайнов можно сделать вывод, что лучшим методом получения оценок показателей надежности будут статистические исследования процесса работы комбайнов в реальных условиях эксплуатации.

При подготовке подобных экспериментов центральным моментом является обоснование количества объектов наблюдений и длительности испытаний.

Минимальное количество отказов r , необходимых для оценки показателей эксплуатационной надежности технической системы, при экспоненциальном распределении определяется из условия [4].

$$\delta + 1 = \frac{2r}{\chi_{1-\beta; 2r}^2}, \quad (2)$$

где δ – относительная ошибка среднего значения исследуемой случайной величины;

β – доверительная вероятность оценки параметра;

$\chi_{1-\beta; 2r}^2$ – квантиль распределения кси-квадрат с $2r$ степенями свободы и доверительной вероятностью $1-\beta$.

Обычно при исследованиях надежности машин, работающих в агропромышленном комплексе, значения доверительной вероятности

сти и относительной ошибки выбирают в пределах $\beta = 0,80...0,95$, $\delta = 0,10...0,25$. Принимаем $\beta = 0,90$; $\delta = 0,2$. Для принятых нами значений β и δ достаточно зафиксировать 100 требований на обслуживание от взятых под наблюдение объектов.

Минимальное число объектов наблюдений, определенных для экспоненциального закона распределения параметров их эксплуатационной надежности является предельным для любых других законов. Точность оценки при этом повышается.

При обработке информации о потоках требований на обслуживание комбайнов проводится классификация отказов по группам сложности.

Исследование и анализ потоков требований на обслуживание проведено на примере комбайнов кормоуборочного комплекса.

По данным исследований установлено, что 51,6 % от общего числа отказов комбайнов кормоуборочного комплекса относится к отказам первой группы сложности, а 48,4 % отказов – ко второй и третьей группам сложности.

Распределение отказов кормоуборочных комбайнов по агрегатам и узлам приведено в таблице 1.

Таблица 1– Распределение отказов кормоуборочных комбайнов по агрегатам и узлам

Агрегат, узел	Количество отказов	
	шт.	%
Двигатель	39	8,0
Ходовая часть	8	1,6
Гидростатическая передача,	6	1,2
в том числе:		
гидромотор	4	0,8
гидронасос	1	0,2
бак масляный	1	0,2
Гидравлическая система управления рабочими органами и рулевым механизмом,	7	1,4
в том числе:		
гидрораспределитель	4	0,8
гидроцилиндр механизма управления силосопроводом	1	0,2
рукав высокого давления	2	0,4
Привод рабочих органов	118	24,2
Адаптеры	210	43,1
В том числе режущий аппарат жатки	161	33,0
Питающий аппарат	7	1,4
Измельчающий аппарат	88	18,1
Силосопровод	5	1,0
Итого	488	100,0

Распределение отказов кормоуборочных комбайнов (таблица 1) показывает, что наибольшее их число (210 из 488, или 48 %) приходится на адаптеры, в том числе 33 % – на режущий аппарат жатки. Низкую надежность имеют также привод рабочих органов, включающий цепные, ременные, карданные передачи, различные редукторы, и измельчающий аппарат. Наименьшее число отказов зафиксировано у силосопровода, гидравлической системы управления рабочими органами, питающего аппарата, ходовой части.

На основании вида эмпирических распределений и теоретического анализа принята гипотеза о возможности описания потоков отказов кормоуборочных комбайнов законом Пуассона.

Параметр эмпирического распределения потока отказов определялся из соотношения

$$\Lambda = \frac{W}{T}, \quad (3)$$

где Λ – параметр потоков отказов (среднее число отказов в единицу времени);

W – общее число отказов, поступивших от комбайнов за период уборки T .

Параметр Λ , вычисленный по данному выражению, для пяти комбайнов составил: 3,48 сут.⁻¹ для отказов всех групп сложности; 1,8 – для суммарного потока второй и третьей группы. Выравнивание экспериментальной кривой по принятому теоретическому распределению с использованием статистической оценки Λ осуществляли в следующем порядке.

В соответствии со значениями вероятностей возникновения отказов

$$P_k = \frac{\Lambda^k}{k!} e^{-\Lambda} \quad (4)$$

и величиной периода уборки T устанавливали теоретическое число дней с k требованиями и строили сглаженную кривую.

Согласованность экспериментального распределения потока отказов с теоретическим проверялась по критерию Пирсона.

Вероятность согласия для исследуемых потоков изменяется в пределах 0,2...0,9, что больше нижнего доверительного уровня, принятого равным 0,05.

Таким образом, гипотеза о возможности описания потоков отказов кормоуборочных комбайнов с помощью закона Пуассона не противоречит экспериментальным данным.

Чтобы иметь представление о точности статистической оценки параметра потока отказов, необходимо установить доверительный интервал

$$P(\Lambda_H \leq \Lambda_{\text{И}} \leq \Lambda_B) = \beta,$$

где Λ_H , Λ_B – нижняя и верхняя доверительные границы параметра потока.

Доверительные границы Λ_H , Λ_B при распределении потока по закону Пуассона определяются зависимостями:

$$\Lambda_H = \Lambda/r_1; \quad \Lambda_B = r_2,$$

где r_1 и r_2 – коэффициенты точности оценки, принимаемые в зависимости от количества зафиксированных отказов и уровня доверительной вероятности.

Значение этих коэффициентов для оценки параметра потока отказов при уровне доверительной вероятности $\beta = 0,9$ и 212 отказах соответственно равны 1,10 и 0,91. Значит, доверительный интервал для статистической оценки параметра $\Lambda = 3,48 \text{ сут.}^{-1}$ составил $3,16 \leq \Lambda_{\text{И}} \leq 3,82 \text{ сут.}^{-1}$.

При определении резерва составных частей и для решения других задач, связанных с техническим сервисом кормоуборочных комбайнов, необходимо перейти от параметра потока, идущего от парка уборочного комплекса, к параметру потока отказов одного комбайна за час работы

$$\lambda = \frac{\Lambda}{m\varphi k_{\text{см}} \alpha_{\text{см}}},$$

где m – парк комбайнов взятых под наблюдение;

$\varphi = 0,70$ – коэффициент использования времени смены;

$k_{\text{см}} = 1,3$ – коэффициент сменности;

$\alpha_{см} = 7$ ч – продолжительности смены.

Расчитанный при указанных значениях исходных величин параметр λ приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики потоков отказов комбайна кормоуборочного комплекса

Группа сложности отказов	Параметр потока отказов, ч ⁻¹
Первая-третья	0,109
Первая	0,056
Вторая, третья	0,053

Как видно из таблицы 2, параметр потока отказов комбайнов кормоуборочного комплекса составил: для отказов всех групп сложности 0,109 ч⁻¹; для отказов первой группы сложности 0,056 ч⁻¹; для отказов второй и третьей групп сложности 0,053 ч⁻¹.

Таким образом, проведенный анализ дает возможным считать приемлемым для описания распределения требований на обслуживание и ремонт (устранение отказов) кормоуборочных комбайнов закон Пуассона. Установлено, что от технической системы, состоящей из кормоуборочных комбайнов, поступает простейший поток отказов с параметром 0,109 ч⁻¹ на одну машину. Полученные характеристики потока отказов кормоуборочных комбайнов могут быть использованы для обоснования состава службы технического сервиса, производственной мощности ремонтно-обслуживающей базы и нормирования потребности в запасных частях.

Список использованной литературы

1. Тарасенко, В.Е. Надежность технических систем / В.Е. Тарасенко, В.П. Миклуш, А.А. Жешко. – Минск : БГАТУ, 2015. – 204 с.
2. Ивашко, В.С. Повышение надежности технических систем методом резервирования / В.С. Ивашко, П.Е. Круглый, И.А. Немов. – Изобретатель. – №4 (196), 2016. – С. 35–38.
3. Анискович, Г.И. Надежность и ремонт сельскохозяйственной техники / Г.И. Анискович, П.Е. Круглый, В.М. Кашко. – Минск : БГАТУ, 2010. – 44 с.
4. Вентцель, Е.С. Задачи и упражнения по теории вероятностей / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М. : Высш. шк., 2002. – 448 с.

Abstract. The methodology of studying the flows of requirements for the maintenance of technical systems is given, the analysis of the flows of requirements for the maintenance of some technical systems is performed. The obtained characteristics of the failure flow of forage harvesters can be used to justify the composition of the repair service, the production capacity of the repair and maintenance base and the rationing of the need for spare hours.

УДК 629.017:621.03

Щурин К.В., доктор технических наук, профессор;

Шаромето Д.Б., магистрант

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

ПЛАНИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МОБИЛЬНЫХ МАШИН С УЧЕТОМ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЖЕСТКОСТИ КЛИМАТА

***Аннотация.** Рассмотрены результаты сравнительного анализа потенциала работоспособности мобильных машин при эксплуатации в различных климатических условиях. Предложен метод коррекции периодичности технических обслуживаний.*

Промышленность Республики Беларусь является экспортно-ориентированной, и для поддержания и повышения конкурентоспособности высокотехнологичной машиностроительной продукции, в первую очередь мобильных транспортно-технологических машин, требуется обеспечение их показателей надежности на всех стадиях жизненного цикла с учетом высокой вариабельности условий эксплуатации. Это требует анализа и учета основных эксплуатационных факторов, среди которых для конкретных зон поставок одним из основных является климатический фактор, и на этапе проектирования осуществлять необходимую корректировку периодичности технических обслуживаний с целью обеспечения высокого коэффициента технической готовности машин.