

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ ТРЕБОВАНИЙ НА ОБСЛУЖИВАНИЕ КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

*Магистрант – Дубицкий М.В., маг 16 тс, ФТС*

*Научный руководитель – Круглый П.Е., к.т.н., доцент*

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

В решении проблемы обеспечения надежности уборочно-транспортных комплексов важное значение занимают вопросы исследования потоков требований на обслуживание кормоуборочных комбайнов.

Показатели эксплуатационной надежности кормоуборочных комбайнов носят стохастический характер, т.е. они являются случайными величинами [1, 2, 3]. Чаще всего для описания распределения показателей эксплуатационной надежности сельскохозяйственной техники применяется экспоненциальный закон.

Дифференциальная и интегральная функции закона экспоненциального распределения определяются зависимостями:

$$f(t) = \mu e^{-\mu t}; \quad (1)$$

$$F(t) = 1 - e^{-\mu t}, \quad (2)$$

где  $\mu$  – параметр закона, равный обратной величине математического ожидания.

Экспоненциальный закон, как видно из выражений (1), (2), является однопараметрическим, что обуславливает относительную простоту применения математического аппарата теории массового обслуживания. Он широко применяется в теории надежности. Этот закон является моделью распределения внезапных отказов.

Экспоненциальным законом описывается распределение времени между двумя последовательными отказами автомобилей, тракторов, кормоуборочных комбайнов и других сельскохозяйственных машин.

Известно, что если время между двумя последовательными отказами распределено экспоненциально, то они образуют пуассоновский (простейший) поток

$$P_k(t) = \frac{(\lambda t)^k}{k!} e^{-\lambda t} \quad (k = 0, 1, 2, \dots), \quad (3)$$

где  $\lambda$  – параметр потока.

Простейший поток играет очень важную роль. Во-первых, он часто встречается на практике, так как при взаимном наложении большого количества стационарных, ординарных потоков с любым последствием получается поток близкий к простейшему (необходимо только, чтобы складываемые потоки оказывали на сумму малое и приблизительно равномерное влияние). Во-вторых, даже при потоке отличном от простейшего, получаются неплохие результаты, когда поток любой структуры заменяется потоком Пуассона с тем же параметром [4]. Применение потока Пуассона при анализе надежности значительно упрощает математический аппарат.

Таким образом, проведенный анализ, дает возможность считать приемлемым для описания распределения требований на обслуживание и ремонт (устранение отказов) кормоуборочных комбайнов закон Пуассона.

Оценка показателей надежности кормоуборочных комбайнов определяется при помощи испытаний (экспериментальных исследований). Известны следующие виды испытаний [1, 3]: эксплуатационные; нормальные; ускоренные.

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

При обработке информации о потоках требований на обслуживание кормоуборочных комбайнов проводится классификация отказов по группам сложности [5].

В каждом конкретном случае при экспериментальных исследованиях надежности используют не все показатели, а только отвечающие данным задачам исследований. В нашем случае, таким показателем является параметр потока отказов, характеризующий безотказность.

Исследование и анализ потоков требований на обслуживание комбайнов кормоуборочного комплекса, позволили установить, 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.

Обработка статистической информации производилась для потоков отказов всех групп сложности и отдельно для суммарных потоков второй и третьей группы. Для указанных потоков по экспериментальным данным установлены статистические распределения частоты поступления отказов в сутки.

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

$$\Lambda = \frac{W}{T}, \quad (4)$$

где  $\Lambda$  – параметр потоков отказов (среднее число отказов в единицу времени);

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

Параметр  $\Lambda$ , вычисленный по данному выражению, для пяти комбайнов составил: 3,48 сут.<sup>-1</sup> 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  $\Lambda$  осуществляли в следующем порядке.

В соответствии со значениями вероятностей возникновения отказов

$$P_k = \frac{\Lambda^k}{k!} e^{-\Lambda}, \quad (5)$$

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

$$P(\Lambda_H \leq \Lambda_{И} \leq \Lambda_B) = \beta, \quad (6)$$

где  $\Lambda_H$ ,  $\Lambda_B$  – нижняя и верхняя доверительные границы параметра потока.

Доверительные границы  $\Lambda_H$ ,  $\Lambda_B$  при распределении потока по закону Пуассона определяются зависимостями:

$$\Lambda_H = \Lambda / r_1; \quad (7)$$

$$\Lambda_B = r_2, \quad (8)$$

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  $3,16 \leq \Lambda_H \leq 3,82 \text{ сут.}^{-1}$ .

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

$$\lambda = \frac{\Lambda}{m \varphi k_{\text{см}} \alpha_{\text{см}}}, \quad (9)$$

где  $m$  – парк комбайнов взятых под наблюдение;

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

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

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

Рассчитанный при указанных значениях исходных величин параметр  $\lambda$  приведен в таблице 2.

Таблица 2 – Характеристики потоков отказов комбайна кормоуборочного комплекса

Группа сложности отказов	Параметр потока отказов, ч <sup>-1</sup>
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  $0,109 \text{ ч}^{-1}$ ; для отказов первой группы сложности  $0,056 \text{ ч}^{-1}$ ; для отказов второй и третьей групп сложности  $0,053 \text{ ч}^{-1}$ .

Проведенный анализ дает возможным считать приемлемым для описания распределения требований на обслуживание и ремонт (устранение отказов) кормоуборочных комбайнов закон Пуассона. Установлено, что от кормоуборочных комбайнов, поступает простейший поток отказов с параметром  $0,109 \text{ ч}^{-1}$  на одну машину. Полученные характеристики потока отказов кормоуборочных комбайнов могут быть использованы для обоснования состава ремонтной службы, производственной мощности ремонтно-обслуживающей базы и нормирования потребности в запасных частях.

#### Список использованных источников

1. Тарасенко В.Е., Миклуш В.П., Жешко А.А. Надежность технических систем. – Минск: БГАТУ, 2015. – 204 с.
2. Ивашко В.С., Круглый П.Е., Немов И.А. Повышение надежности технических систем методом резервирования. – Изобретатель №4 (196), 2016. – с. 35-38.
3. Анискович Г.И., Круглый П.Е., Кашко В.М. Надежность и ремонт сельскохозяйственной техники. – Минск: БГАТУ, 2010. – 44 с.
4. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Задачи и упражнения по теории вероятностей. – М.: Высш. шк., 2002. – 448 с.
5. Ивашко В.С., Миленский В.С., Круглый П.Е. и др. Применение передвижных ремонтных мастерских на базе автомобилей для оперативного устранения отказов машин. – Изобретатель № 1(157), 2013. – с. 43-45.

УДК 631.173.4(07)

## **АНАЛИЗ ОРГАНИЗАЦИИ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА**

*Студенты – Побат В.Г., 27мс, 4 курс, ФТС;  
Паршута В.Г., 27мс, 4 курс, ФТС*

*Научные руководители – Круглый П.Е., к.т.н., доцент;  
Драгун С.Н., ассистент*

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

Производственный процесс на предприятиях технического сервиса отличается высоким уровнем сложности, что является следст-