

Список использованных источников

1. Инновационные технологии переработки плодоовощной продукции / ред.: С. Родригес, Ф.А.Н. Фернадес; пер. Ю.Г. Базарнова. – СПб.: Профессия, 2014. – 456 с.

2. Толочко, Н.К. Ультразвуковая очистка поверхности яблок от микробиальных загрязнений / Н.К. Толочко, В.С. Корко, А.Н. Челединов, З.Е. Егорова // Агропанорама. – 2015. – №5. – С. 27–29.

3. Толочко, Н.К. Особенности развития кавитации и эффективность очистных процессов в ультразвуковой ванне / Н.К. Толочко, В.С. Корко, А.Н. Челединов // Агропанорама. – 2016. – №6. – С. 30–34.

4. Ультразвуковая ванна для очистки поверхности яблок от загрязнений и способ ее использования. Заявка а20180111 Респ. Беларусь. МПК А 23 N 12/02 (2019/03) / Толочко Н.К., Челединов А.Н. Положит. решение от 06.03.2019.

**Abstract.** The device for cavitation cleaning the surface of apples from contamination is proposed. The device is an ultrasonic bath with a rotating mesh drum for loading apples immersed in it. Due to the rotation of drum the apples are in compound motion resulting in a uniform cleaning of their entire surface.

УДК 62-192(07)

**Круглый П.Е.**, кандидат технических наук, доцент;

**Кашко В.М.**, старший преподаватель;

**Мисун А.Л.**, ассистент; **Драгун С.Н.**, ассистент

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

**ИССЛЕДОВАНИЕ И АНАЛИЗ БЕЗОТКАЗНОСТИ  
КОРМОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ  
ИХ ТЕХНИЧЕСКОГО СЕРВИСА**

**Аннотация.** Приведена методика исследования безотказности кормоуборочных комбайнов, выполнен анализ потоков требований на обслуживание кормоуборочных комбайнов при организации их технического сервиса.

**Введение.** В решении проблемы обеспечения безотказности кормоуборочных комбайнов при организации их технического сервиса важное значение занимают вопросы исследования потоков требований на обслуживание (ремонт).

Ниже приводится методика исследований потоков требований на обслуживание (ремонт) кормоуборочных комбайнов.

**Основная часть.** Так как, показатели эксплуатационной надежности сельскохозяйственной техники носят стохастический характер, т.е. они являются случайными величинами [1,2,3], то рассмотрим некоторые, чаще всего встречающиеся в теории надежности, распределения случайных величин.

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.

Экспоненциальное распределение может характеризовать величину времени между двумя последовательными отказами кормоуборочных комбайнов при работе в установившемся режиме. Для областей же высокой вероятности безотказной работы ( $P(t) \rightarrow 1$ ) применять этот закон можно как для внезапных, так и для постепенных отказов.

Экспоненциальным законом описывается распределение времени между двумя последовательными отказами 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 [4,5]. 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 машин 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 (требования на обслуживание) кормоуборочных комбайнов можно сделать вывод, что лучшим методом получения оценок показателей надежности будут статистические исследования процесса работы кормоуборочных комбайнов в реальных условиях эксплуатации.

Исследование и анализ безотказности кормоуборочных комбайнов позволили установить следующее.

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.

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.

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

Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась в следующей последовательности: строилось эмпирическое распределение по опытным данным; вычислялись параметры эмпирического распределения; формировалась статистическая гипотеза о виде закона распределения исследуемой случайной величины; выравнивалась эмпирическая кривая по принятому теоретическому закону; сравнивались эмпирический и теоретический законы распределения по критериям согласия и выносилось решение о принятии или отклонении выдвинутой гипотезы.

Реализация потоков как всех отказов, так и по группам сложности подтверждает их случайный характер.

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.

Определено что, 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

$$P(\Lambda_H \leq \Lambda_{\text{и}} \leq \Lambda_B) = \beta, \quad (4)$$

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:

$$\Lambda_H = \Lambda/r_1; \quad (5)$$

$$\Lambda_B = r_2, \quad (6)$$

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

Определим ошибку, полученную в результате использования при расчетах вместо параметра потока его статистической оценки. Коэффициент  $r_2$  связан с относительной ошибкой  $\delta$  следующим образом:  $r_2 = \frac{1}{1+\delta}$  или  $\delta = \frac{1-r_2}{r_2} = 0,099$ .

Тогда абсолютная ошибка  $\varepsilon \leq \delta\Lambda = 0,34 \text{ сут.}^{-1}$ , что приемлемо при расчетах.

Поскольку статистическая оценка параметра потока находится в некотором доверительном интервале, вероятности появления  $k$  требований, полученные из теоретического распределения, будут также в определенном диапазоне

$$P(\alpha_n \leq TP_k \leq \alpha_b) = \beta, \quad (7)$$

где  $\alpha_n$  и  $\alpha_b$  – нижняя и верхняя доверительные границы интервала колебаний  $TP_k$ , определяемые через коэффициенты  $r_1$  и  $r_2$ .

Построение доверительных границ (при уровне доверительной вероятности 0,9) показывает, что экспериментальные распределения как потока всех отказов, так и суммарного потока отказов второй и третьей группы в основном лежат внутри доверительного ин-

тервала (отклонение эмпирических данных за доверительные границы по краям распределений объясняются незначительным числом суток с большим и малым количеством поступивших требований на обслуживание). Это подтверждает правильность использования закона Пуассона для описания потока требований на обслуживание комбайнов кормоуборочного комплекса.

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

$$\lambda = \frac{\Lambda}{m \varphi k_{\text{см}} \alpha_{\text{см}}}, \quad (8)$$

где  $m$  – парк комбайнов взятых под наблюдение;

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

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

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

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

Таблица 2 – Характеристики потоков отказов кормоуборочного комбайна

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 ч<sup>-1</sup>; для отказов первой группы сложности 0,056 ч<sup>-1</sup>; для отказов второй и третьей групп сложности 0,053 ч<sup>-1</sup>.

**Заключение.** 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 ч<sup>-1</sup> 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 при организации технического сервиса кормоуборочных комбайнов.

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.

**Abstract.** The technique of a research of non-failure operation of forage harvesters is given, the analysis of flows of requirements of service of forage harvesters at the organization of their technical service is made.

УДК621.43.047

**Капцевич В.М.**<sup>1</sup>, доктор технических наук, профессор;

**Чугаев П.С.**<sup>1</sup>, ст. преподаватель;

**Корнеева В.К.**<sup>1</sup>, кандидат технических наук;

**Лисай Н.К.**<sup>2</sup>, кандидат технических наук, доцент

<sup>1</sup>УО «Белорусский государственный аграрный технический университет»  
г. Минск, Республика Беларусь,

<sup>2</sup>ТСП «Амкадор-Гродно» филиал ООО «Техпромимпекс»  
г. Гродно, Республика Беларусь

## **ОБРАЗОВАНИЕ НАГАРА – ПРИЧИНА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ПОЖАРОВ ПРИ УБОРКЕ УРОЖАЯ**

**Аннотация.** Показано, что одной из причин возникновения пожаров при уборке урожая является нагар. Описаны причины образования нагара, вызывающего образование искр в выхлопных газах, приводящих к возникновению пожара на сельскохозяйственных объектах.