

УДК 656.1

## ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ ПАРАМЕТРА ПОТОКА ОТКАЗОВ

**Котельников Александр Михайлович**

магистрант

**Ланцев Владимир Юрьевич**

доктор технических наук, доцент

[Lan-vladimir@yandex.ru](mailto:Lan-vladimir@yandex.ru)

**Степин Игорь Юрьевич**

ассистент

**Королев Дмитрий Анатольевич**

магистрант

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация:** представлены результаты исследований динамики отказов соотнесенные к времени работы. Полученные данные указывают на возрастание числа отказов при увеличении срока эксплуатации автобусов. На основе полученных результатов разработана методика расчета количества постов ТР на основе изучения среднемесячного пробега автобусов и изменения параметра потока отказов.

**Ключевые слова:** исследование, поток отказав, динамика, время работы.

Исследования проводились на базе МБУ «Пассажи́рские перевозки» имеющим автобусы моделей МАЗ-103 и ПАЗ 4234, ПАЗ 5256. Для проведения предварительных исследований и выявления закономерностей формирования объемов работ по текущему ремонту были выбраны автобусы МАЗ 103.

Изучение количества отказов по системам и автобусу в целом не позволяет решить поставленные задачи исследования. Для уточнения степени неравномерности поступления автобусов в зону ТР необходимы знания о динамике отказов соотнесенные к времени работы [1-5].

Из-за воздействия большого числа факторов число отказов является случайной величиной с определенными параметрами распределения.

Интенсивность возникновения отказов, зависит от интенсивности эксплуатации. Исследования показали, что число отказов в течение месяца одного автобуса МАЗ 103 может составлять от 1 до 4. Часть автобусов может вообще не иметь ни одного отказа. Число отказов в первую очередь зависит от срока эксплуатации, интенсивности эксплуатации, качества обслуживания. С увеличением срока эксплуатации число отказов увеличивается. Обработка результатов наблюдений позволила получить следующие параметры распределения числа отказов (табл. 1).

*Таблица 1*

Параметры распределения числа отказов

Год	Модель автобуса	Параметры распределения		
		$r(t)$	$\sigma(t)$	$V(t)$
2017	МАЗ 103	1,63	1,641	1,006
	ПАЗ 320412, ПАЗ 4234	2,12	2,014	0,950
2018	МАЗ 103	1,74	1,567	0,900
	ПАЗ 320412, ПАЗ 4234	2,01	1,112	0,550
2019	МАЗ 103	1,79	1,711	0,955
	ПАЗ 320412, ПАЗ 4234	1,97	1,621	0,822

Представленные данные указывают на возрастание числа отказов при увеличении срока эксплуатации автобусов. Характер распределения (по коэффициенту вариации) становится ближе к экспоненциальному распределению. Одновременно увеличивается и рассеивание параметра, что

связано со случайной природой их (отказов) возникновения, зависящей от срока эксплуатации.

Число отказов является достаточно важным показателем. Однако для расчета параметров зоны текущего ремонта более важным и информативным будет являться характеристика отказов, отражающая интенсивность их появления в функции ежемесячного пробега [6, 7]. Такой параметр теории надежности носит название параметра потока отказов.

Параметр потока отказов  $\omega(t)$  – это отношение математического ожидания числа отказов восстанавливаемого объекта за достаточно малую его наработку к значению этой наработки.

Параметр потока отказов  $\omega(t)$  определяют по формуле [3, 8, 9]

$$\omega(t) = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} M \left\{ \frac{[r(t + \Delta t) - r(t)]}{t_2 - t_1} \right\}$$

где  $\Delta t$  - малый отрезок наработки;

$r(t)$  - число отказов, наступивших от начального момента времени до достижения наработки  $t$ , число отказов за конечный отрезок  $(t_2 - t_1)$ , причем  $t_1 \leq t \leq t_2$ .

В соответствии с методикой исследования кроме числа отказов и пробега каждого автобуса определялся и параметр потока отказов. Полученные данные образуют временной ряд, который был подвергнут статистической обработке. Предварительно были определены средние значения, по ежемесячным средним значениям числа отказов и среднему пробегу автобусов одной модели за месяц. Статистические характеристики распределения и гистограмма с теоретической кривой распределения представлены в таблице 2 и на рисунке 1.

Статистические характеристики распределения параметра потока отказов  
автобусов МАЗ, ПАЗ с 2017-2019 год

Период времени	Параметры распределения					
	$M(\omega)$	$\omega \min$ - $\omega \max$	$\sigma(\omega)$	$V(\omega)$	$p(\chi^2)$	Вид закона распределения
2017 - 2019г.	0,1815	0,0933 0,2955	0,0537	0,29	0,26	нормальный

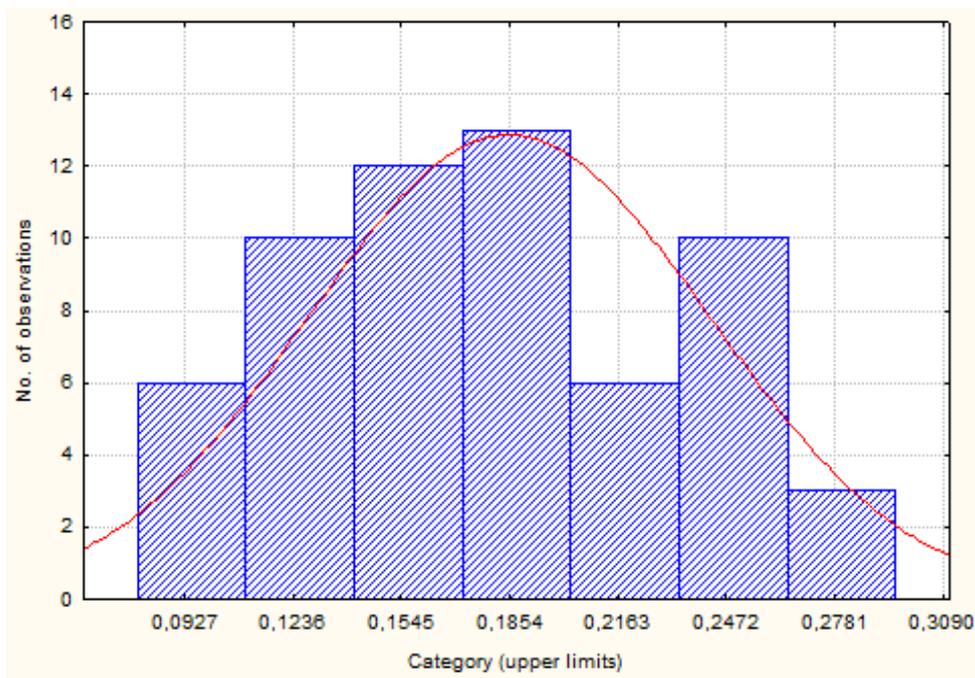


Рисунок 1 – Гистограмма и теоретический закон распределения параметра потока отказа автобусов

На основе полученных результатов нужно установить эмпирические законы распределения и проверить гипотезы о виде законов распределения.

Расчеты показывают, что распределение параметра потока отказов подчиняется нормальному закону распределения с критерием  $\chi^2 = 0,268$ .

Представленные данные указывают на увеличение потока отказов вследствие увеличения срока эксплуатации. Увеличение параметра потока отказов у автобусов МАЗ можно объяснить недостаточной надежностью данной марки автобуса, которая производится на Минском заводе относительно недавно и имеет ряд новых конструктивно агрегатов.

Среди факторов влияющих на параметр потока отказов наибольшее влияние оказывает интенсивность эксплуатации автобусов. Интенсивность

эксплуатации, а так же степень неравномерности отражают влияние большого числа факторов, указанных выше.

Статистические зависимости между указанными параметрами имеют большое практическое значение, так как с её помощью можно прогнозировать значения параметра потока отказов в предположение, что пробег автобуса примет определенное значение. Зависимость между одной случайной величиной (пробегом) и условным средним значением другой называется корреляционной зависимостью [9-11]. Она может характеризоваться формой и теснотой связи. Форма связи характеризуется функцией регрессии, которая может быть линейной, квадратной, показательной и т.д.

Для исследования влияния среднемесячного пробега по каждому автобусу и соответствующего параметра потока отказов. Пробег автобусов располагался в виде временного ряда по принципу суммирования пробега для автобусов МАЗ и семейства ПАЗ. Полученные результаты обрабатывались с использованием программы «STATISTICA 6». В результате обработки экспериментальных данных определены корреляционные уравнения зависимости параметра потока отказов от пробега автобусов. Графики теоретических линий регрессии представлены на рисунках 2 а и б,

Для автобусов МАЗ

$$\Omega = 0,021 + 0,19L \cdot 10^{-4} + 0.25L^2 \cdot 10^{-5}$$

Для автобусов ПАЗ

$$\Omega = 0,044 + 0,0027L - 0.0000033L^2$$

Коэффициент корреляции равен:

- для автобусов МАЗ –  $r = 0.82$

- автобусов ПАЗ –  $r = 0.75$

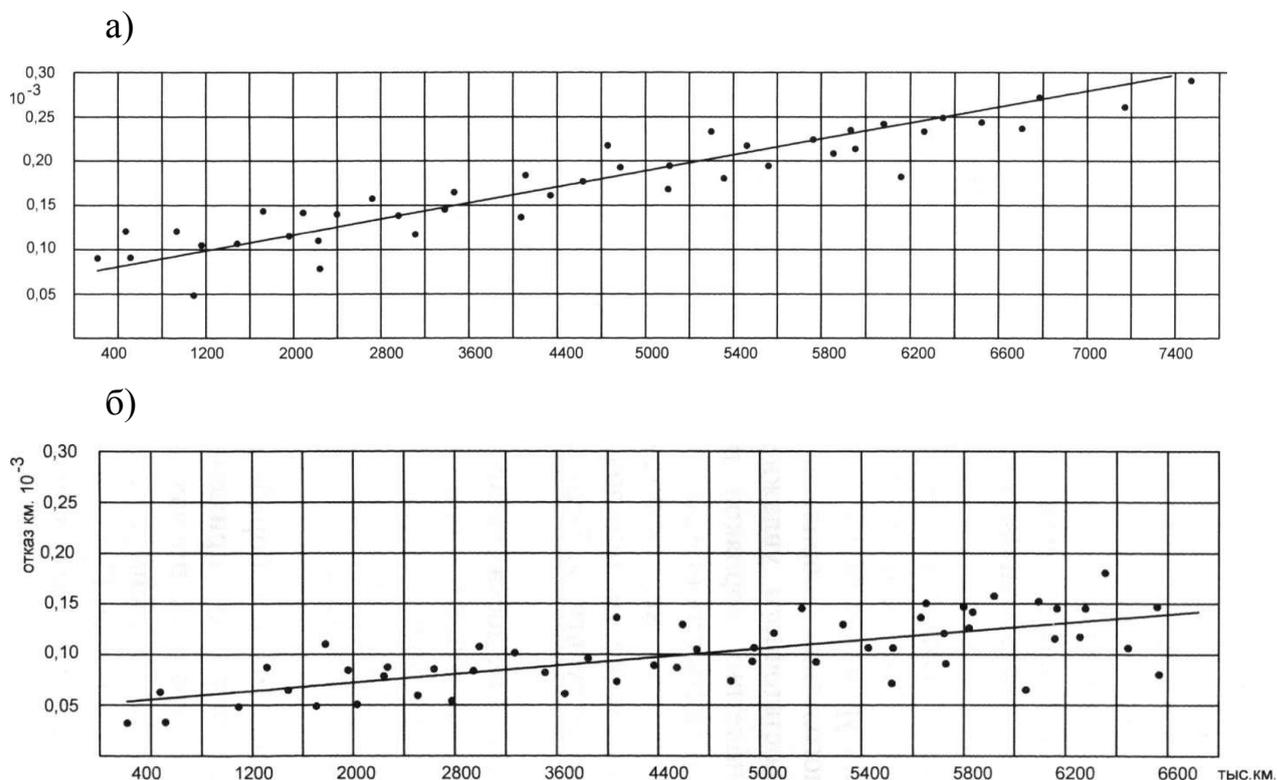


Рисунок 2 - Поле корреляции и теоретическая линия регрессии параметра потока отказов от среднемесячного пробега автобусов МАЗ (а) и ПАЗ (б) за 2017 – 2019г.

Полученные зависимости показали:

- математическое ожидание параметра потока отказов удовлетворительно коррелируется с среднемесячным пробегом, являясь монотонной функцией пробега.

На основе полученных результатов разработана методика расчета количества постов ТР на основе изучения среднемесячного пробега автобусов и изменения параметра потока отказов. Опытный расчет для условий МБУ «Пассажирские перевозки» показал, что необходимое число постов ТР составляет 8,2 по сравнению с существующими 20. Это позволит экономить на эксплуатационных затратах на содержание постов ТР.

### Список литературы:

1. Кузнецов Е. С. Техническая эксплуатация автомобилей: учебник для вузов / Кузнецов Е. С., В. П. Воронов, А. П. Болдин и др.; Под ред. Е. С. Кузнецова. - М. : Транспорт, 1991.-413 с.

2. Денисов А.С. Основы работоспособности технических систем: учебник / А.С. Денисов. - Саратов: Саратов.гос.техн.ун-т, 2014.- 312с.
3. Панин А.В. Исследование вопросов оптимизации работы системы ТО и ремонта базовых предприятий автотранспортных объединений: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 1981. - 20 с.
4. Захаров Н.С. Проектирование автотранспортных предприятий с использованием ПЭВМ. - Тюмень: ТюмГНГУ, 1998. - 409 с.
5. Лапко А.В. Имитационные модели неопределенных систем/ А.В.Липко. - Новосибирск: Наука, 1993. — 112 с.
6. Актуальность подготовки инженерных кадров для обеспечения экологической безопасности сельскохозяйственного производства / И.П. Криволапов, С.Ю. Щербаков, К.А. Манаенков // Сб.: Экологическая педагогика: проблемы и перспективы в свете развития технологий Индустрии 4.0: материалы Международной научной школы, организованной при финансовой поддержке Администрации Тамбовской области. - 2017. - С. 22-24
7. Хатунцев В.В. Перспективные методы диагностики как инструмент совершенствования технического сервиса мобильной сельскохозяйственной техники / В.В. Хатунцев, М.М. Мишин, С.А. Козлов // В сборнике: СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ, ПОСВЯЩЕННЫЙ 85-ЛЕТИЮ МИЧУРИНСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО АГРАРНОГО УНИВЕРСИТЕТА. в 4 т.. – Мичуринск. – 2016. – С. 88-93.
8. Ресурсосберегающий технологический процесс послеремонтной обкатки двигателей тракторов / В.В. Остриков, А.В. Забродская, В.С. Вязинкин, В.В. Сафонов, А.С. Савенков, К.В. Сафонов, Н.В. Михеев // Научная жизнь. – 2019. – Т. 14. – № 3 (91). – С. 309-315.
9. Analysis of the characteristics of natural gas as fuel for vehicles and agricultural tractors / Al-Maidi A.A.H., Rodionov Y.V., Nikitin D.V., Chernetsov D.A., Vdovina E.S., Mikheev N.V. // Plant Archives. - 2019. - Т. 19. - С. 1213-1218.

10. Каданцев С.Н. Способы определения межремонтного периода для сельскохозяйственной мобильной техники / С.Н. Каданцев, В.В. Хатунцев // В сборнике: Инженерное обеспечение инновационных технологий в АПК. Материалы международной научно-практической конференции. Сборник научных трудов. Под общей редакцией В.А. Солопова. – 2017. – С. 117-123.

11. Исследование состава и свойств обкаточного масла, получаемого на основе отработанного моторного масла / В.В. Остриков, В.И. Вигдорович, С.Н. Сазонов, Д.Н. Афоничев, К.А. Манаенков // Химия и технология топлив и масел. - 2017. - № 5 (603). - С. 11-16.

UDC 656.1

## RESEARCH OF REGULARITIES OF CHANGE OF PARAMETER OF FAILURE FLOW

**Alexander Mikhailovich Kotelnikov**

Master's student,

**Vladimir Yurievich Lantsev**

Doctor of Technical Sciences, Associate Professor

[Lan-vladimir@yandex.ru](mailto:Lan-vladimir@yandex.ru)

**Igor Yurievich Stepin**

Assistant

**Dmitry Anatolyevich Korolev**

Master's student

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The results of studies of the dynamics of failures correlated to the operating time are presented. The data obtained indicate an increase in the number of failures with an increase in the service life of buses. On the basis of the results obtained, a method was developed for calculating the number of TR posts based on the study of the average monthly mileage of buses and changes in the parameter of the flow of failures.

**Key words:** research, flow failing, dynamics, running time.