Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. LXV, вып. 1, 1973 г.

НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗУЧЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ В СУРОВЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

А. А. Кулешов, А. И. Талько

Изучение эксплуатационной надежности большегрузных автосамосвалов БелАЗ-540 и БелАЗ-548А проводилось в крайне сложных природно-климатических условиях апатитового рудника «Центральный», расположенного в центре Хибин на высоте 1000 *м* над уровнем моря. Анализ надежности выполнен по данным за 1970—1971 гг. Учтены только относительно серьезные отказы автомобилей, потребовавшие для их устранения не менее двух часов (включая время на обнаружение неисправности, проезд автосамосвала к ремонтному цеху и время всех операций, связанных с ремонтом), так как информация о более мелких отказах практически отсутствует.

Методика оценки показателей надежности автосамосвалов основана на следующих соображениях.

В условиях эксплуатации на автомобиль воздействует большое число самых разнообразных факторов: аварийный износ из-за некачественного обслуживания, перегрузки, дорожные и климатические условия и пр. Определить степень влияния каждого из этих факторов на долговечность узлов и деталей автомобиля в условиях эксплуатации практически невозможно из-за одновременного их воздействия. Однако, используя статистическую информацию по отказам и вероятностные законы, можно определить численные значения показателей надежности, точность которых в настоящее время достаточна для практической работы по доводке конструкции автомобилей, планированию их использования и резервирования, организации ремонта и оптимального профилактического обслуживания, определения объемов ремонтных работ.

При обработке статистической информации по отказам особенно важно установить законы распределения случайных величин. Для оценки надежности деталей, узлов и автомобиля в целом Белорусский автомобильный завод рекомендует использовать законы: нормальный, Вейбулла и экспоненциальный [1].

Полученные в результате обработки исходной информации гистограммы распределения наработок на отказ автомобилей в целом как функции пробега приведены на рис. 1. Поскольку испытания в данном

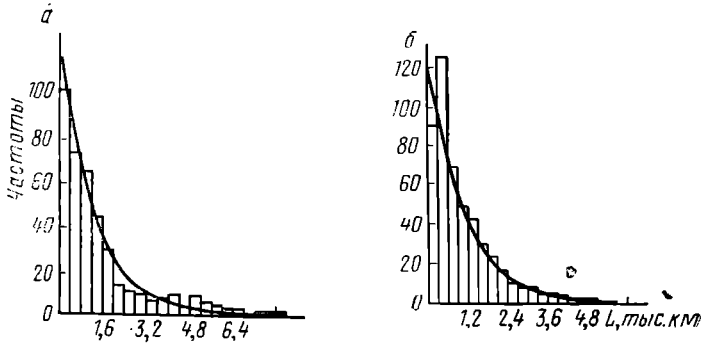


Рис. 1. Гистограмма распределения наработок на отказ автосамосвалов БелАЗ-540 (*а*) и БелАЗ-548А (*б*).

случае можно считать законченными, выявить теоретический закон распределения можно по коэффициенту вариации

$$V = \frac{\sigma}{t_o}, \tag{1}$$

где σ — среднее квадратическое отклонение; t^o средняя наработка на отказ.

В данном случае

$$t_o = \frac{\sum_{i=1}^{k}\left(t_i + \frac{\Delta t}{2}\right)n_i}{\sum_{i=1}^{k} n_i}; \quad \sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{k}\left[\left(t_i + \frac{\Delta t}{2}\right) - t_o\right]^2 n_i}{\sum_{i=1}^{k} n_i}}, \tag{2}$$

где $t_i + \Delta t/2$ — середина принятого для расчета интервала пробега, n_i — число отказов в данном интервале; k — число интервалов.

Статистическая обработка данных по приведенным выше формулам дала следующие результаты:

	t_o, тыс. км	σ	V
БелАЗ-540	1,48	1,550	1,050
БелАЗ-548А	1,04	1,027	0,984

В обоих случаях коэффициент вариации V можно считать практически равным единице, следовательно, закон распределения является экспоненциальным [2]. Проверка соответствия эмпирического закона распределения теоретическому по критерию Колмогорова показала, что наибольшая величина разности между значениями теоретической и эмпирической функций существенно меньше допустимой меры расхождения даже при доверительной вероятности $\alpha = 0{,}8$, следовательно, соответствие законов можно считать доказанным [3].

Для экспоненциального распределения основные характеристики надежности можно получить следующим образом [2]:

функция распределения отказов $$F(t) = e^{-t/t_o} \tag{3}$$

вероятность безотказной работы $$P(t) = e^{-t/t_o}, \tag{4}$$

интенсивность отказов $\frac{1}{t_0}$, (5)

плотность отказов $f(t)$ $\lambda P t.$ (6)

Результаты расчетов, выполненных по формулам (3) и (4), показаны на рис. 2.

Аналогичным способом была обработана статистическая информация по отказам тех узлов, которые занимают первые три места по частоте отказов среди других узлов автомобилей. Для БелАЗ-540 это подвески, тормозная система и двигатель, а для БелАЗ-548А подвески, рулевое управление и двигатель. В результате получено, что наработки на отказ названных узлов также имеют экспоненциальное распределение, которое свидетельствует о сложности условий работы данных узлов, случайном характере их отказов и о практическом отсутствии отказов износовых.

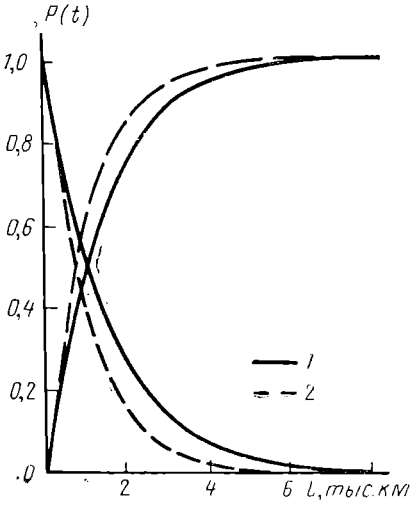


Рис. 2. Интегральные функции распределения отказов $F(t)$ и вероятности безотказной работы $P(t)$ автосамосвалов БелАЗ-540 (*1*) и БелАЗ-548А (*2*).

При анализе надежности отдельных узлов автосамосвалов принципиальное значение, как показали исследования, имеет правильный выбор тех или иных узлов автомобиля. Единая и обоснованная группировка деталей по учитываемым узлам и агрегатам позволяет достовернее решать вопросы о надежности отдельных узлов, а также сравнивать количественные результаты, полученные в разных условиях. После ряда пробных группировок была принята в качестве основной система завода БелАЗ. Результаты статистической обработки данных по отказам в соответствии с принятой выборкой узлов автомобиля представлены в таблице, из которой, в частности, следует, что автосамосвалы БелАЗ-540 в условиях Севера в целом значительно надежнее машин БелАЗ-548А. Их наработка на отказ выше почти на 40%.

Наибольший удельный вес отказов в обоих типах машин относится к узлам подвесок (около 20% всех отказов), что прежде всего характеризует исключительно неблагоприятные дорожные условия рудника «Центральный» и недостаточную конструктивную надежность этих узлов.

Сопоставление данных по отказам автосамосвалов БелАЗ-540 и БелАЗ-548А показывает, что удельный вес отказов других узлов в потоке отказов различен для каждого типа машин. Так, например, на втором месте по отказам среди агрегатов БелАЗ-548А находится двигатель, на третьем — рулевое управление и передняя ось с колесами, а среди агрегатов БелАЗ-540 соответственно тормозная система и внешние системы двигателя.

Проведенные исследования позволили установить закон распределения наработок на отказ большегрузных автосамосвалов и получить

Отказы узлов автосамосвалов

Узлы и агрегаты автомобиля	БелАЗ-540		БелАЗ-548А	
	Удельный вес в потоке отказов, %	Наработка на отказ, тыс. км	Удельный вес в потоке отказов, %	Наработка на отказ, тыс. км
Внешние системы двигателя, гидросистема подъема платформы	16,1	7,68	10,2	9,27
Двигатель	12,7	9,72	17,5	5,37
Карданная передача, согласующий редуктор, задний мост	5,1	24,30	7,9	11,86
Гидромеханическая передача	8,1	15,30	7,5	12,94
Рулевое управление, передняя ось, колеса	5,9	20,80	16,2	5,79
Тормозная система	18,3	6,78	8,1	11,60
Подвески	20,2	6,14	19,0	4,95
Электрооборудование	3,6	34,30	4,4	21,23
Рама, платформа, кабина, оперение	10,0	10,23	9,2	10,20
Автомобиль в целом	100	1,44	100	1,04

количественные характеристики надежности автомобилей и их узлов при эксплуатации в сложных климатических и горнотехнических условиях. Однако, чтобы активно воздействовать на показатели надежности большегрузных автосамосвалов, необходимо изучить причины отказов в работе узлов и отдельных деталей машины в различных дорожных и климатических условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Инструкция по определению количественных показателей надежности автомобилей БелАЗ. Изд. БелАЗ, 1970.

2. Шор Я. Б., Кузьмин Ф. И. Таблицы для анализа и контроля надежности. М., «Советское радио», 1968.

3. Митропольский А. К. Техника статистических вычислений. Наука, 1971.